

Pteridophyte Diversity along a Gradient of Disturbance within Mines in Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province

Apirada Sathapattayanon and Thaweesakdi Boonkerd

Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand

The diversity of pteridophyte in Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province was conducted along a gradient of disturbance within mines, from July 2002 to March 2003. Twelve plots of 5 x 20 meters have been established in each three study sites, i.e. abandoned mines, remnants of the forest in mine area and natural forests. Species richness, species diversity and species evenness indices were estimated using Menhinick's, Shannon-Weiner's and evenness indices, respectively. Species similarity was investigated using Jaccard's coefficient. Other physical environments related to pteridophyte diversity were examined, including light intensity and leaf temperature. It was found that species richness and species diversity of abandoned mines were lower than those of remnants of the forest in mine area and natural forests, while species evenness was the highest of all. Low Jaccard's coefficient was observed, indicating the difference of species composition between each sites. Light intensity and leaf temperature showed negative significant correlation with Menhinick's index, but was positively significantly correlated with evenness index. However, significant correlation between those physical factors and Shannon-Weiner's index was not found. One hundred and eighty-four specimens of pteridophytes were collected from the 36 sampling plots and were identified to 65 species, 1 subspecies, 5 varieties, in 40 genera, within 20 families. Among these 8 species, 2 genera, 2 families are fern allies. It was found that *Cheilanthes tenuifolia* (Burm. f.) Sw., *Sphenomeris chinensis* (L.) Maxon var. *divaricata* (H. Christ) K.U. Kramer and *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm. were found only in abandoned mines and tend to be indicator species for disturbed areas. Two terrestrial ferns, namely *Lindsaea ensifolia* Sw. and *Pteris biaurita* L. were commonly found in all study sites. They can be found on rather dry slopes or sandy ground, usually in open areas, but rarely on rocks.

Key words: Kanchanaburi Province, pteridophyte, diversity, gradient, disturbance, mines

Introduction

Thong Pha Phum District in Kanchanaburi Province is located in south-western Thailand which is a part of the Thai western forest. Over the last six decades, this district was famous for its richness in mineral resources, such as tin and wolfram as well as a large stretch of fertile forest. There are many forest types in this area, i.e. tropical rain forest, dry evergreen forest, dry mixed deciduous forest and hill evergreen forest (Royal Forest Department, n.d.). By that time, there were some human activities, for example active logging and mining in the area, resulting in massive deforestation throughout. After the Second World War, there was a low demand for tin and wolfram, followed by a series of reductions in prices of these metals in the world market. Nowadays, Thong Pha Phum District has more than 20 abandoned mines left. From the aforementioned information, it is very interesting to investigate the impact of deforestation on plant diversity along a gradient of forest disturbance. This study aimed to investigate pteridophyte diversity along a gradient of forest disturbance, using pteridophytes as the representative plant group.

Study site

Thong Pha Phum District covers an area of 3,655.71 km.² It is located on the north-west of Kanchanaburi Province and lies between latitudes 14° 15' - 15° 00' North and longitudes 98° 15' - 99° 00' East (Fig. 1). It is one of the important mineral resources of Thailand, especially of tin and wolfram. Nowadays, Thong Pha Phum District has more than 20 abandoned mines left, covering an area of more than 60 km.²

The abandoned mines were originally formed by excavating to remove the land surface above the mineral layer. The physical structure of the soil became mixed, up slopes fell down, and humus and soil sludge were washed out by rainfall. The areas have only medium to large sized rocks, and almost no soil (N.S. Consultant, 1989). However, there were steep slopes or valleys or streams. These were not suitable for mining. At present some parts of the district have been declared as Thong Pha Phum National Park to encourage forest conservation and development. The national park covers an area of 1,120 km.² (Royal Forest Department, n.d.), and includes all of the abandoned tin and wolfram mines of Thong Pha Phum District.

In general, the western part of Thong Pha Phum District comprises the mountainous areas of Ta Nao Sri Range. The park ranges in elevation from 100-1,249 m at the summit of Chang Puak Mountain. Several mountains of Ta Nao Sri Range are important water sources for the park. Streams originating from this mountain flow into waterfalls and downward streams which flow together into Vajiralongkorn Dam and Kwa Noi River (Royal Forest Department, n.d.).

The climate of Thong Pha Phum District is a tropical climate, with average high annual rainfall. Three distinct seasons are observed in this area, i.e., the summer season during February-April, the rainy season during May-October, and the winter season during November-January. The south-western Monsoon blows on to Ta Nao Sri Range and brings continuous heavy rain for 6 months. Temperature data of 2003, from Pilok mine Station (Fig. 2) show the average temperature of about 22.7°C. The highest temperature is 33°C in April and the lowest temperature is 14°C in December. Mean monthly rainfall from 1998-2003 at Pilok mine Station (Fig. 3) shows the average annual rainfall of 417 mm. The highest average monthly rainfall of approximately 1,251 mm is observed in August. The lowest monthly rainfall of about 12.68 mm is observed in December. The total annual rainfall is 5005 mm (Meteorological Department, 2003).

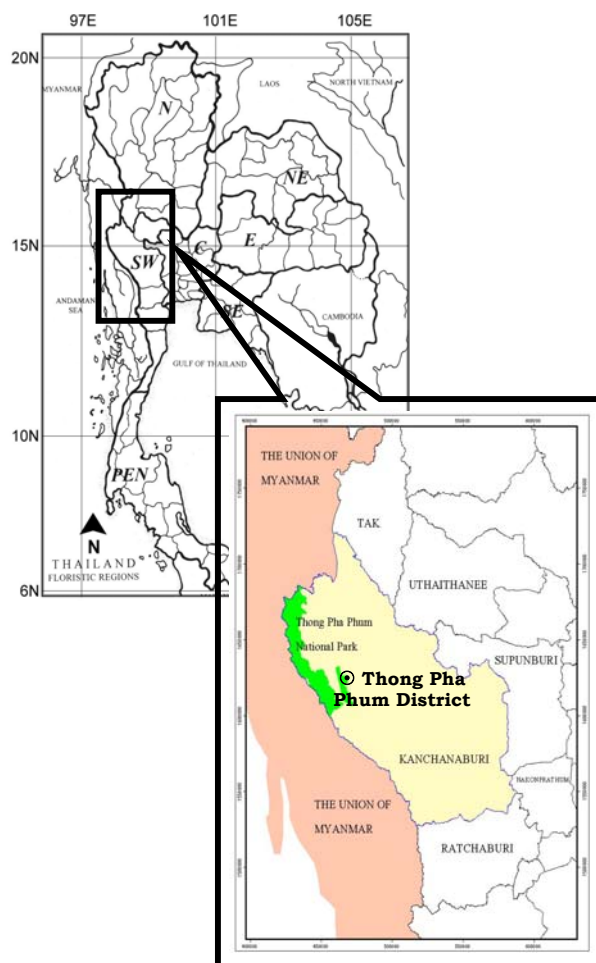


Figure 1. Locations of Thong Pha Phum District and Thong Pha Phum National Park.

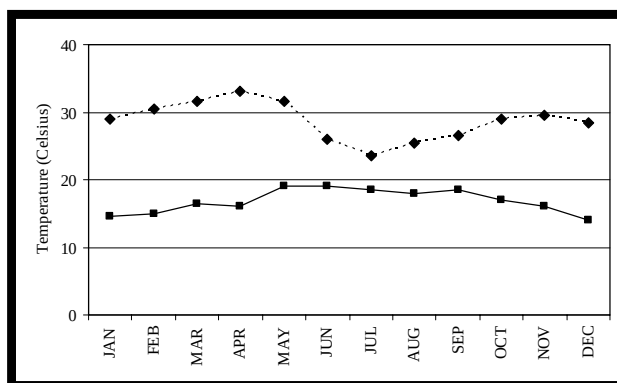


Figure 2. Temperature of 2003, from Pilok mine Station (Data from the Meteorological Department, Bangkok, Thailand).
◆..... Highest temperature, —■— Lowest temperature

Methodology

Field collection of pteridophytes was conducted every two months from July 2002 to July 2003 at Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province. A simple random sampling method (Krebs, 1998) was employed; twelve plots of 5 x 20 meters were established at each of three main study sites, i.e., abandoned mines, remnants of the forest in mine area and natural forests.

The number of species and individuals in each plot was counted and the physical environment factors related to pteridophyte diversity were measured including light intensity and leaf temperature. Measurements were made during 10.00-14.00 hours. Four measurements of Photosynthetically active radiation (PAR) and air temperature in full sun 1 m above the plots were measured using a quantum photometer and thermocouple, respectively. Likewise, four measurements of PAR and leaf temperature at canopy of a dominant species within each plot were also measured. The mean values of these four data points were calculated, then an estimate of the percentage of full sunlight penetrating to the pteridophyte's canopy and the ratios of leaf temperature and air temperature at 1 m above each plot were obtained.

Species richness, species diversity and species evenness indices were estimated using Menhinick's, Shannon-Weiner's and evenness indices, respectively. Species similarity was investigated using Jaccard's coefficient (Ludwig and Reynolds, 1988).

One-way analysis of variance (ANOVA) was used to test for differences between study sites for species richness index, species diversity index, species evenness index, percentage of full sunlight penetrating to pteridophyte's canopy and the ratio of leaf temperature and air temperature. The Duncan Multiple Range Test (DMRT) was used to compare means where the F-test was significant.

Relationships between physical environmental factors and pteridophyte diversity were analysed using Pearson's Correlation available in SPSS for Windows Program, version 9.0.

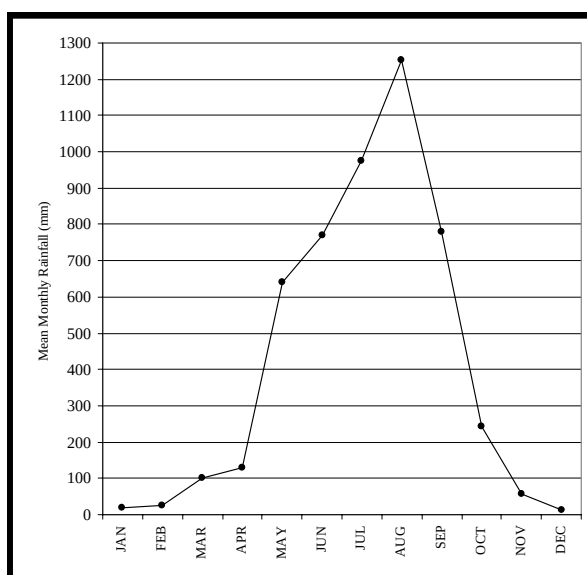


Figure 3. Mean monthly rainfall during the period, 1998-2003, from Pilok mine Station (Data from the Meteorological Department, Bangkok, Thailand).

Results

1. Physical factors

1.1 Light intensity

Light intensity at the canopy of pteridophytes among study sites was statistically significant different. The highest mean light intensity was observed in abandoned mines, while the lowest mean light intensity was found in the remnants of the forest in the mine area (Fig. 4A).

1.2 Leaf temperature

The mean values of the ratios of leaf temperature and air temperature among study sites were statistically significant different. The highest mean ratio of leaf temperature and air temperature was observed in abandoned mines, while the lowest mean ratio of leaf temperature and air temperature was found in the remnants of the forest in the mine area (Fig. 4B).

2. Pteridophyte diversity

2.1 Species richness

There was a statistically significant difference of species richness among study sites. The lowest mean value of species richness was observed in abandoned mines while the highest mean value

of species richness was observed in remnants of the forest in the mine area. However, no statistically significant difference of species richness was found between remnants of the forest in the mine area and the natural forest (Fig. 4C).

2.2 Species diversity

There was no statistically significant difference of species diversity among study sites. The highest value was observed in remnants of the forest in the mine area (Fig. 4D).

2.3 Species evenness

There was no statistically significant difference of species evenness between abandoned mines and remnants of the forest in the mine area. However, species evenness of these two sites were not statistically different from the natural forest (Fig. 4E).

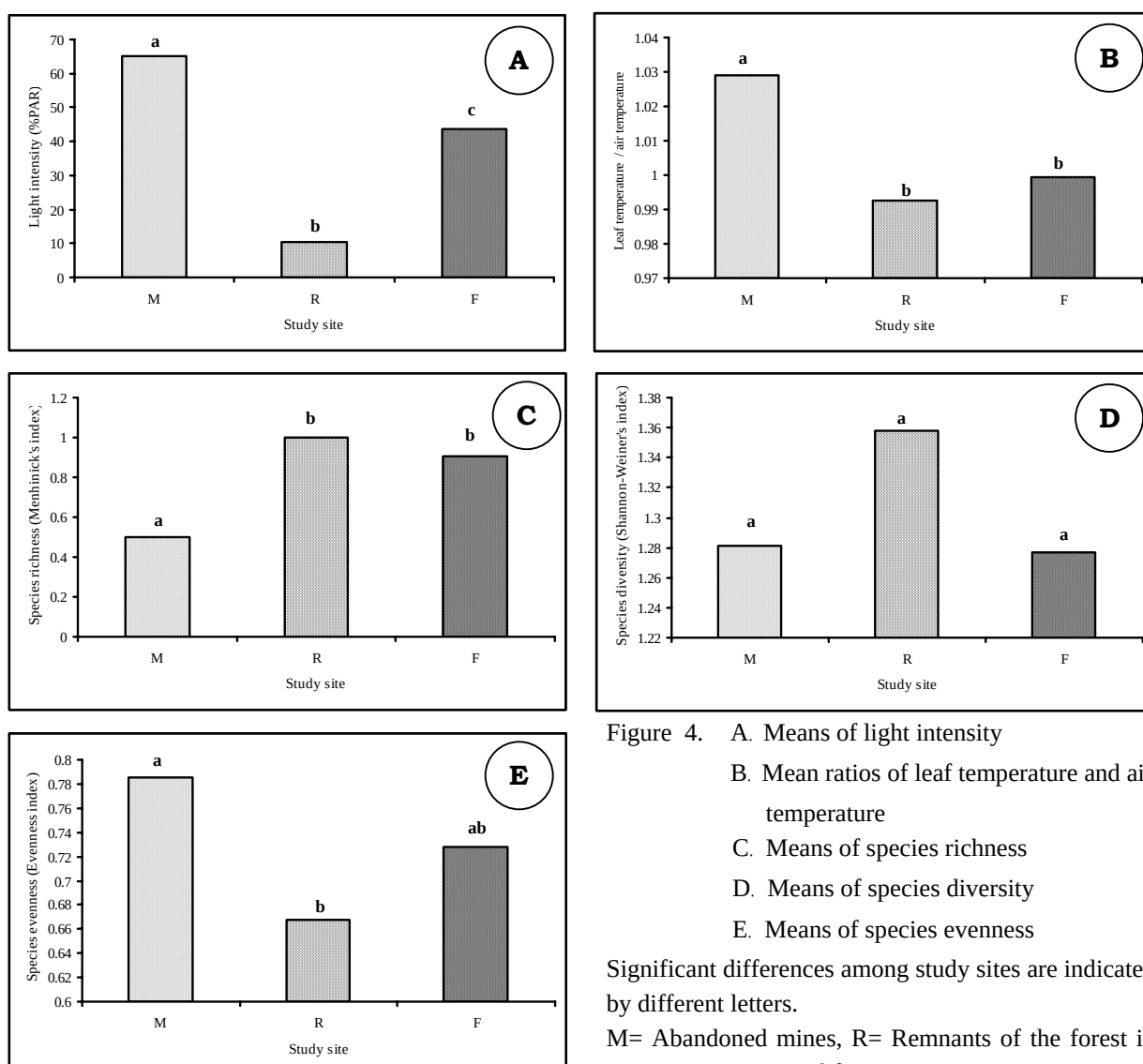


Figure 4. A. Means of light intensity
B. Mean ratios of leaf temperature and air temperature
C. Means of species richness
D. Means of species diversity
E. Means of species evenness
Significant differences among study sites are indicated by different letters.
M= Abandoned mines, R= Remnants of the forest in mine area, F= Natural forests.

3. Similarity coefficient

A list of ferns and fern allies that occurred at each study site is shown in Table 1. It was found that the similarity coefficient between abandoned mines and remnants of the forest in the mine area was 0.21. The similarity coefficient between abandoned mines and natural forest was 0.05, while the similarity coefficient between remnants of the forest in the mine area and natural forest was 0.13.

Table 1. Check list of pteridophytes at each study site.

Taxa	Habitat	M	R	F
Fern Allies				
Lycopodiaceae				
- <i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm	T	+	-	-
Selaginellaceae				
- <i>Selaginella biformis</i> A. Br. ex Kuhn	T	-	+	-
- <i>Selaginella helferi</i> Warb.	T	-	+	-
- <i>Selaginella inaequalifolia</i> (Hook. et Grev.) Spring	T	-	+	-
- <i>Selaginella lindhardii</i> Hieron.	T	+	-	-
- <i>Selaginella minutifolia</i> Spring	T	+	-	-
- <i>Selaginella siamensis</i> Hieron.	T	-	-	+
- <i>Selaginella tenuifolia</i> Spring	T	+	+	-
Ferns				
Adiantaceae				
- <i>Cheilanthes tenuifolia</i> (Burm. f.) Sw.	T	+	-	-
- <i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link.	T	+	+	-
Aspleniaceae				
- <i>Asplenium apogamus</i> Murakami et Hatanaka	T	-	+	+
- <i>Asplenium perakense</i> B. Mathew et H. Christ	E	-	-	+
- <i>Asplenium yoshinagae</i> Makino	E	-	+	+
Blechnaceae				
- <i>Blechnum orientale</i> L.	T	+	+	-
- <i>Brainea insignis</i> (Hook.) J. Sm.	T	-	-	+
Cyatheaceae				
- <i>Cyathea borneensis</i> Copel.	T	-	+	-
- <i>Cyathea gigantea</i> (Wall. ex Hook.) Holttum	T	+	+	-
Davalliaceae				
- <i>Araiostegia imbricata</i> Ching	E	-	-	+
- <i>Humata repens</i> (L. f.) J. Small ex Diels	E	-	-	+
Dennstaedtiaceae				
- <i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J. Sm.	T	-	+	-
- <i>Hypolepis punctata</i> (Thunb.) Mett. ex Kuhn	T	-	+	-
- <i>Microlepia hookeriana</i> (Wall. ex Hook.) C. Presl	T	-	+	-
- <i>Microlepia speluncae</i> (L.) T. Moore	T	-	+	+
Dicksoniaceae				
- <i>Cibotium barometz</i> J. Sm.	T	-	+	-
Dryopteridaceae				
- <i>Dryopteris polita</i> Rosenst.	T	-	+	-
- <i>Heterogonium sagenioides</i> (Mett.) Holttum	T	-	+	-
- <i>Pteridrys australis</i> Ching	T	-	+	-
- <i>Pteridrys syrmatica</i> (Willd.) C. Chr. et Ching	T	-	+	-
- <i>Tectaria fuscipes</i> (Wall. ex Bedd.) C. Chr.	T	-	+	-
- <i>Tectaria impressa</i> (Fée) Holttum	T	-	-	+
- <i>Tectaria polymorpha</i> (Wall. ex Hook.) Copel.	T	-	+	+
- <i>Tectaria</i> sp.	T	-	+	-
Gleicheniaceae				
- <i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw. var. <i>linearis</i>	T	+	+	-
Hymenophyllaceae				
- <i>Crepidomanes latealatum</i> (Bosch) Copel.	E	-	-	+
- <i>Hymenophyllum exsertum</i> Wall. ex Hook.	E	-	-	+

Table 1. (continued)

Taxa	Habitat	M	R	F
Hymenophyllaceae (cont.)				
- <i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	E	-	-	+
Lindsaeaceae				
- <i>Lindsaea ensifolia</i> Sw.	T	+	+	+
- <i>Sphenomeris chinensis</i> (L.) Maxon var. <i>divaricata</i> (H. Christ) K.U. Kramer	T	+	-	-
- <i>Sphenomeris chinensis</i> (L.) Maxon var. <i>rheophila</i> K.U. Kramer	T	+	+	-
Lomariopsidaceae				
- <i>Bolbitis appendiculata</i> (Willd.) K. Iwats. subsp. <i>vivipara</i> (Hamilt. ex Hook.) Hennipman	L	-	+	+
- <i>Bolbitis heteroclita</i> (C. Presl) Ching	T	-	+	-
- <i>Bolbitis virens</i> (Wall. ex Hook. et Grev.) Schott var. <i>virens</i>	T	-	-	+
- <i>Elaphoglossum marginatum</i> (Wall. ex Fée) T. Moore	E	-	-	+
Marattiaceae				
- <i>Angiopteris evecta</i> (G. Forst.) Hoffm.	T	-	+	-
Polypodiaceae				
- <i>Aglaomorpha coronans</i> (Wall. ex Mett.) Copel.	E	-	+	+
- <i>Crypsinus oxylobus</i> (Wall. ex Kunze) Sledge	E	-	-	+
- <i>Crypsinus rhynchophyllus</i> (Hook.) Copel.	E	-	-	+
- <i>Goniophlebium subauriculatum</i> (Blume) C. Presl	E	-	-	+
- <i>Lepisorus scolopendrium</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) Mehra & Bir	E	-	-	+
- <i>Leptochilus minor</i> Fée	L	-	+	-
- <i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel.	E	-	+	-
- <i>Pyrrosia albicans</i> (Blume) Ching	E	-	-	+
- <i>Pyrrosia lingua</i> (Thunb.) Farw. var. <i>heteractis</i> (Matt. ex Kuhn) Hovenkamp	E	-	-	+
Pteridaceae				
- <i>Pteris biaurita</i> L.	T	+	+	+
Schizaeaceae				
- <i>Lygodium microphyllum</i> (Cav.) R. Br.	T	+	+	-
- <i>Lygodium salicifolium</i> C. Presl	T	-	+	+
Thelypteridaceae				
- <i>Christella dentata</i> (Forssk.) Holttum	T	-	+	-
- <i>Christella parasitica</i> (L.) H. Lévl.	T	+	+	-
- <i>Cyclosorus hirtisorus</i> (C. Chr.) Ching	T	-	-	+
- <i>Metathelypteris dayi</i> (Bedd.) Holttum	T	-	+	-
- <i>Metathelypteris singalanensis</i> (Baker) Ching var. <i>singalanensis</i>	T	-	+	-
- <i>Pronephrium nudatum</i> (Roxb.) Holttum	T	-	+	-
Woodsiaceae				
- <i>Diplazium donianum</i> (Mett.) Tardieu	T	-	+	-
- <i>Diplazium esculentum</i> (Retz.) Sw.	T	-	+	-
- <i>Diplazium simplicivenium</i> Holttum	T	-	+	-

Habitat: T= Terrestrial, E= Epiphyte, L= Lithophyte

Study sites: M= Abandoned mines, R= Remnants of the forest in mine area, F= Natural forests

4. Relationship between pteridophyte diversity and physical factors

Pearson's correlation was used to explore the relationship between pteridophyte diversity and physical factors. It was found that species richness (Menhinick's index) was negatively and significantly correlated with light intensity (%PAR) and ratio of leaf temperature and air temperature (Table 2, Fig. 5A and 5C). No statistically significant correlation was observed between species

diversity (SI
(Evenness in
temperature :

sical fact
correlated v
B and 5D)

evenness
atio of leaf

Table 2. Corre

P
Species richn
Species dive
Species even

*, ** indicate

and physic

Light in (%P
-0.43
-0.01
0.35

9% confide

/ air

5. Tax

On
sites, i.e., ab
pteridophyte
Among these
families, 2 g
which was tl
forest in min

ens of pte
est in the
40 gener
cies, 1 su
ly fifteen
es of pteri
teridophyt

three study
rby. These
5 varieties.
s, while 2
ned mines,
ants of the
s.

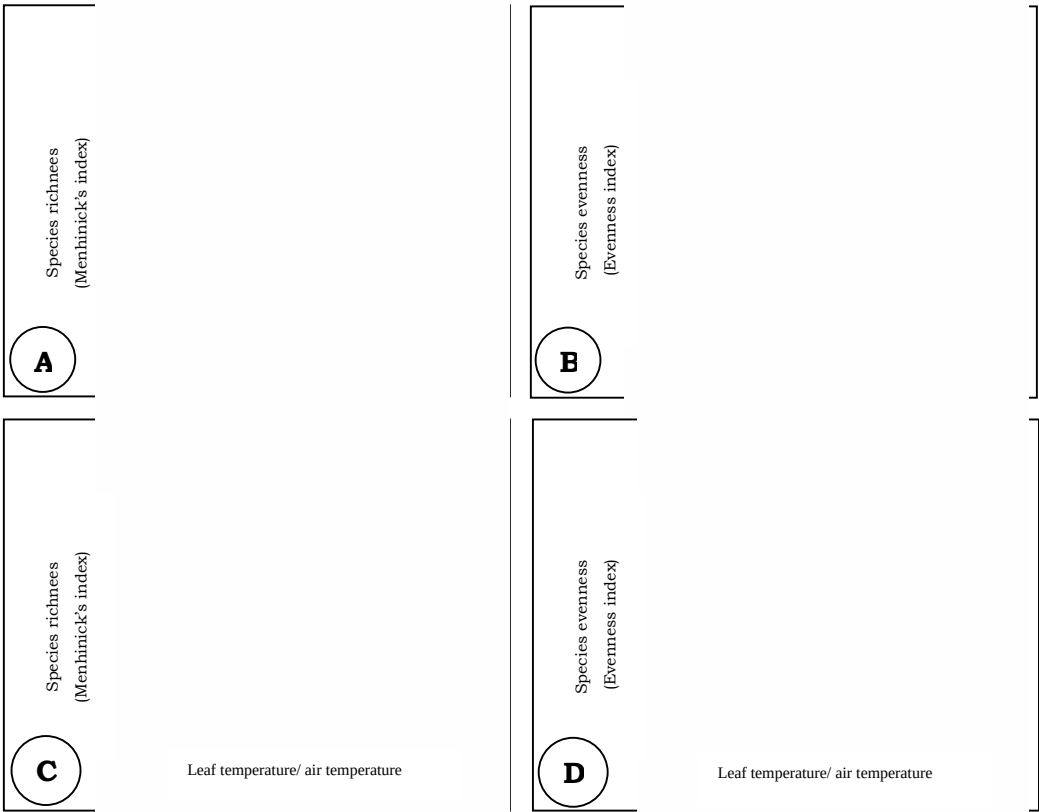


Figure 5.

ty and speci
ty and speci

- C. Relationship between ratio of leaf temperature and air temperature and species richness
- D. Relationship between ratio of leaf temperature and air temperature and species evenness

Discussion and Conclusion

1. Physical factors

1.1 Light intensity

Abandoned mine areas are fully exposed places because the vegetation was cleared since the beginning of mine working. This disturbance resulted in the highest light intensity over the area. However, there are some remnants of the forest in mine areas, especially in areas close to streams. There are plants of various habits in these undisturbed strips. So, ground covers are shaded by canopy of trees and shrubs. The lowest light intensity was observed in these areas. Natural forests in this study are hill evergreen forest; this evergreen forest has some tall trees scattered around. The tree canopy is not so close, so sunlight can reach the forest floor. Light intensity is different among these three habitats. Light has a profound effect on plant growth, especially pteridophytes (Holtum, 1954; Boonkerd, 1996). Vannasri (2002) working on the diversity of ferns and fern allies in natural forest and along the natural gas pipeline in Thong Pha Phum District, Kanchanaburi, also found that light intensity is an important factor to pteridophyte growth in each area.

1.2 Leaf temperature

In this study, the ratio of leaf temperature to air temperature was found to be significantly highest at abandoned mines. The high leaf temperature was a consequence of the high light intensity in abandoned mines where leaves of pteridophytes are fully exposed to sunlight.

2. Pteridophyte diversity

2.1 Species richness

The lowest mean value of species richness was observed in disturbed areas of mines while the highest mean value was observed in the remnants of the forest in mine area. However, no statistically significant difference of species richness was found between the remnants of the forest in mine areas and the natural forests (Fig. 4C). There were a few species of terrestrial sun-pteridophytes in abandoned mines, while most pteridophytes in the remnants of the forest in the mine area were terrestrial in shady places. Natural forests have both terrestrials and epiphytes. Likewise, disturbed woodland on the shore of lake Texoma, Oklahoma State in USA also has a lower number of plant species than undisturbed areas (Corbett et al., 2002).

2.2 Species diversity

In this study, the remnants of the forest in mine areas had the highest values of species diversity index. However, there was no statistically significant difference of species diversity between the three studied sites. Abandoned mines had a low number of species, but this site had high number of all individuals in each plot. In contrast, both remnants of the forest in mine areas and natural forests had a high number of species but a low number of all individuals in each plot. Therefore, no significant difference was observed among the three studied sites.

2.3 Species evenness

Since the calculated value of species diversity index alone does not show the degree to which each factor contributes to diversity (Elliott and Swank, 1994), this study calculated both species diversity and species evenness. The number of individuals of each pteridophyte species in abandoned mines was rather high and the common species were found in most plots. So, the highest value of species evenness index was observed in this studied site. The common species included *Lycopodiella cernua*, *Blechnum orientale* and *Dicranopteris linearis* var. *linearis*. They are the pioneer species of pteridophytes in disturbed areas (Holtum, 1954; Boonkerd, 1996), while, the remnants of the forest in the mine area had a lower number of individuals and the same species occurred only in one or two plots. Examples included *Asplenium apogamus*, *Microlepia hookeriana* and *Tectaria* sp.

In the past, Thong Pha Phum forests may have been rich in plant diversity, especially pteridophytes. However, after mine working, the forests were cleared except for the strip areas nearby streams. Only fragments of the forests can be found from place to place in the mine areas at present. Pteridophyte species in each fragment are rather different because they have a limited distribution. A possible additional explanation of the lowest species evenness in this habitat is that the distance from

the natural forest and other fragments are too extensive for spores of the small terrestrial ferns to be dispersed by the wind.

In hill evergreen forest, the common pteridophytes usually occur in some plots. Therefore, this habitat had a medium value of species evenness index among the three sites.

3. Similarity coefficient

The result from this study indicated that each study site had a rather small number of species in common. This is probably due to the difference of physical environment between each study site which had different degrees of disturbance. Corresponding results were presented by Vannasri (2002), who found a low value of similarity coefficient of pteridophytes between natural forests and areas along the natural gas pipeline.

The highest value of the similarity coefficient between abandoned mines and the remnants of the forest in mine area indicated that there were some common species between these two sites. The common species included *Blechnum orientale* and *Dicranopteris linearis* var. *linearis*. They are species of pteridophytes, which naturally occur along forest edge as well as in exposed areas of disturbed forest.

The lowest value of species similarity coefficient was observed between abandoned mines and natural forests. Only two common species were found, i.e. *Lindsaea ensifolia* and *Pteris biaurita*. These two sites are different in most of the physical factors, for example, light intensity, temperature, moisture and substratum. Furthermore, most pteridophytes in natural forests are epiphytes, while abandoned mines had no trees, and all of the pteridophytes are terrestrial.

4. Relationship between pteridophyte diversity and physical factors

Light intensity and leaf temperature were the two physical factors investigated in this study. The two factors were negatively significantly correlated with species richness index (Fig. 5A and 5C). Similarly, Vannasri (2002) reported a negative correlation between light intensity and species richness index. In addition, Bhattarai and Vetaas (2003) who studied the variation of species richness of different life forms along a subtropical elevation gradient in the Himalayas, east Nepal, found that potential evapotranspiration has a negative relationship with species richness of pteridophytes.

Furthermore, light intensity and leaf temperature were positively significantly correlated with species evenness index (Fig. 5B and 5D). It is probable that the terrestrial sun-pteridophytes had their spores effectively dispersed by the wind. However, these two factors had no correlation with species diversity index.

5. Taxonomic diversity of pteridophytes

One hundred and eighty-four specimens were collected. A total of 65 species, 1 subspecies, and 5 varieties in 40 genera and 20 families were enumerated. Among these, 8 species in 2 genera in 2 families are fern allies. Polypodiaceae had the highest number of species, i.e., 9 species, whilst Dryopteridaceae and Selaginellaceae had 8 and 7 species, respectively. There were five families, viz. Pteridaceae, Marattiaceae, Lycopodiaceae, Gleicheniaceae and Dicksoniaceae, which included only 1 species. In all, there were 46 species of terrestrials, 16 species of epiphytes and 2 species of lithophytes.

5.1 Comparison of pteridophytes diversity among the studied sites

Abandoned mines were fully exposed areas, without trees. A few flowering plants including *Chromolaena odoratum* (L.) R.M. King et H. Rob., *Melastoma* spp., *Bambusa* spp. and *Thysanolaena* spp. were found throughout the mine area. Due to mine working in the past, most of the rocky hills were excavated and turned into little rocks. Hill slope was about 10°-40°. Most of these areas were covered with *Thysanolaena* spp. and *Dicranopteris linearis* var. *linearis*. There were 15 species of terrestrial pteridophyte in this area (Fig. 6).

The remnants of the forest in the mine area were found along or close to streams. It was a shady forest, with 10°-50° slope. Most plant species were shrubs, with a few small to medium sized trees. The ground consisted of humus rich soil and boulders. This area had rather high air humidity due to the streams nearby. Forty-two species of pteridophytes were found. They were 11 species of terrestrials, 2 species of epiphytes and 2 species of lithophytes (Fig. 6).

The greatest number of species among the three study sites occurred here probably due to suitable light intensity and humidity for pteridophyte growth. It is worth noting that some species are rather rare and found in only one sampling plot. These species include *Histiopteris incisa*, *Metathelypteris singalanensis* var. *singalanensis*, *Tectaria fuscipes*, *Leptochilus minor* and *Pteridrys symmatica*. It is possible that each species can find a niche, such as the cracks and crevices of shattered rocks in a variety of habitats at each sampling plot. Furthermore, some large-sized ferns, *Angiopteris evecta*, *Cyathea borneensis*, *Cyathea gigantea* and *Cibotium barometz* were commonly found in this area. They usually thrive in moist grounds with partial sun-light at the edge of the forest. It is postulated that these tree ferns are indicators of undisturbed forest, especially in the Thong Pha Phum area.

Natural forests were hill evergreen forests including large to medium-sized trees mixed with bamboo. The common terrestrials were Fabaceae, *Calamus* spp., *Cinnamomum* spp., and *Rubus* spp. The forest floor comprised humus-rich soils. Air humidity in hill evergreen forest was rather high, especially where there were mossy tree trunks. There were 26 species of pteridophyte, consisting of 11 species of terrestrials, 14 species of epiphytes and 1 species of lithophyte (Fig. 6).

There were many species which were restricted to the hill evergreen forest, for example, *Brainea insignis*, *Humata repens*, *Elaphoglossum marginatum*, *Crypsinus oxylobus* and *Crypsinus rhynchophyllus*. Most pteridophytes in the natural forest were epiphytes. They grow on mossy tree trunks, which had rather high humidity. In contrast, there were no epiphytes in abandoned mines and only a few were found in the remnants of the forest in the mine area.

Among the 65 species, there were some species found in only one area, and some species were commonly found in two or three areas (Fig. 7). It was found that *Cheilanthes tenuifolia*, *Selaginella lindhardii*, *Selaginella minutifolia*, *Sphenomeris chinensis* var. *divaricata* and *Lycopodiella cernua* were found only in abandoned mines. However, the first three species grow in shady places usually under the shade of shrubs or in rock crevices, where there was some moisture underneath. *Dicranopteris linearis* var. *linearis*, *Pityrogramma calomelanos*, *Sphenomeris chinensis* var. *divaricata* and *Lycopodiella cernua* have characteristics of drought resistance, such as dissected and/or coriaceous fronds and were able to withstand the full sunlight of abandoned mines.

There were pteridophytes species commonly found in both abandoned mines and the remnants of the forest in the mine area, but they were different in their full sizes. It was found that pteridophytes growing in abandoned mines had a smaller frond size than those growing in remnants of the forest in the mine area.

Pteridophytes which occurred in both the natural forests and the remnants of the forest in mine areas had a rather wide distribution. They could grow in several forest types. These pteridophytes included *Aglaomorpha coronans*, *Lygodium salicifolium* and *Microlepia speluncae* (Tagawa and Iwatsuki, 1979, 1989).

It was found that two terrestrial ferns, namely *Lindsaea ensifolia* and *Pteris biaurita*, were commonly found in all study sites. *Lindsaea ensifolia* is fairly common and locally abundant throughout Thailand and the old world tropics. It is extremely variable in form and size of fronds, especially in different habitats (Tagawa and Iwatsuki, 1985). This species can be found on rather dry

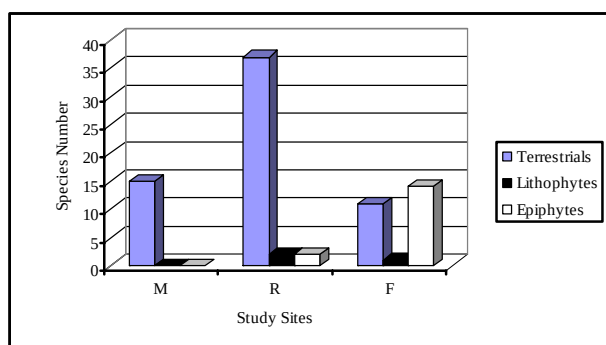


Figure 6. Habit of pteridophytes in each study site; M= Abandoned mines, R= Remnants of the forest in mine area, F= Natural forests.

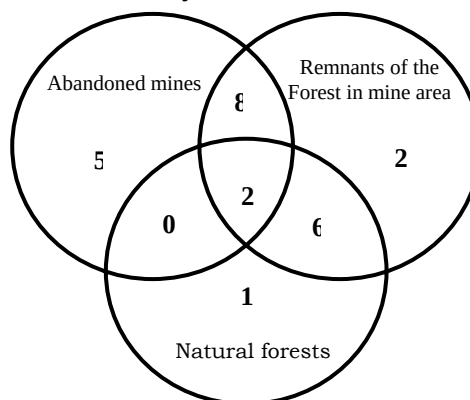


Figure 7. Number of pteridophytes in each study site.

slopes or sandy ground, usually in open areas, but rarely on rocks. Likewise, *Pteris biaurita* is also a widely distributed fern, it was found in more than 3 forest types at Huaiyang Waterfall National Park (Yuyen and Boonkerd, 2002).

5.2 New records

It was found that *Sphenomeris chinensis* var. *rheophila* and *Metathelypteris dayi* are newly recorded species for Thailand.

Sphenomeris chinensis var. *rheophila* had been reported in Malesia. There are a number of this species in Thong Pha Phum District, especially in exposed areas. The var. *rheophila* is similar to var. *chinensis*; they differ in the pattern of venation.

Metathelypteris dayi has also been reported in Malesia. This species is very rare in Thong Pha Phum District.

5.3 Dubious species

In this study, there was one species of the genus *Tectaria*, which cannot be determined to species level, despite many attempts to use key determination from the Flora of Thailand as well as keys from neighboring countries. Herbarium specimens of related species were also studied from BCU and BKF, but it is still unidentified.

Tectaria sp. is a terrestrial pteridophyte, found on moist and humus-rich mountain slopes in the remnants of the forest in mine areas at about 900 m altitude. It is close to *Tectaria griffithii* (Baker) C. Chr. However, the details of their fronds and sori are different.

6. Recommendation

Permanent plots should be established in order to carry out a long term study of plant succession in these study sites. Further eco-physiological study of pteridophytes will enhance our understanding of ecological adaptation of this plant group.

Acknowledgements

We would like to express our thanks to staff of PTT Public Company Limited for their assistance during field trip. This work was largely supported by The TRF/BIOTEC Special Program for Biodiversity Research and Training grant BRT T_145037.

References

- Bhattarai, K.R. and O.R. Vetaas. 2003. Variation in plant species richness of different life forms along a subtropical elevation gradient in the Himalayas, East Nepal. *Global Ecology & Biogeography* 12: 327-340.
- Boonkerd, T. 1996. Noteworthy Ferns of Thailand: Multimedia CD-ROM. Chulalongkorn University Press, Bangkok.
- Corbett, E.A., D.L. Bannister, L. Bell and C. Richards. 2002. Vegetational ecology of disturbed woodland on the shore of Lake Texoma, Oklahoma: *Oklahoma Academy of Science* 82: 15-25.
- Elliott, K.J. and W.T. Swank. 1994. Changes in tree species diversity after successive clearcuts in Southern Appalachians. *Vegetatio* 115: 11-18.
- Holttum, R.E. 1954. A Revised Flora of Malaya. Vol. 2. Government Printing Office, Singapore.
- Krebs, C.J. 1998. Ecological Methodology. 2nd Edition. Benjamin/Cummings, San Francisco.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. John Wiley & Sons, New York.
- Meteorological Department. 2003. Climatological data from Thong Pha Phum Climatic Station, Kanchanaburi Province, 1973-2003. Data Processing Subdivision, Climatology Division, Meteorological Department, Bangkok.
- N.S. Consultant Ltd. 1989. Environmental impact assessment (EIA) report: Patent permit no. 18/2532. Gearvanich, Pilo Subdistrict, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province. (Unpublished Manuscript)
- Royal Forest, Department. (n.d.). National Park: Sai Yok, Khao Laem, Thong Pha Phum. Brochure.
- Tagawa, M. and K. Iwatsuki. 1979. Pteridophytes. In Smitinand, T. and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand. Vol. 3 part 1. The Tist Press, Bangkok.
- Tagawa, M. and K. Iwatsuki. 1985. Pteridophytes. In Smitinand, T. and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand. Vol. 3 part 2. Phonphan Printing Company, Ltd., Bangkok.
- Tagawa, M. and K. Iwatsuki. 1989. Pteridophytes. In Smitinand, T. and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand. Vol. 3 part 4. Phonphan Printing Company, Ltd., Bangkok.
- Vannasri, O. 2002. Diversity of Ferns and Fern Allies in Natural Forest and Natural Gas Pipeline in Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province. M.Sc. Thesis, Department of Botany, Chulalongkorn University, Thailand.
- Yuyen, Y. and T. Boonkerd. 2002. Pteridophyte Flora of Huaiyang Waterfall National Park, Prachuap Khiri Khun Province, Thailand: *The Natural History Journal of Chulalongkorn University* 2(1): 39-49.

ความหลากหลายของผีเสื้อหนอนม้วนใบวงศ์ย่อย Olethreutinae ในอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

นันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว¹ และ อังศุมาลย์ จันทราปัติย์²

¹ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

²ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: Diversity of Olethreutinae (Lepidoptera: Tortricidae) in Thong Pha Phum National Park, Kanchanaburi Province, Thailand

Nantasak Pinkaew¹, Angsumarn Chandrapatya²

¹Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, ²Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

A taxonomic study of Olethreutinae (Lepidoptera: Tortricidae) in Thailand was based on a survey of species in Thong Pha Phum National Park. Collections were made at 32 sites representing 3 habitat types of hill evergreen forest, dry evergreen forest and mixed deciduous forest. More than 700 specimens of Olethreutinae were collected with blacklight on 145 nights during 2001-2004. The survey resulted in the collection of 249 morphotypes divided into 6 tribes namely Gatesclarkeani, Bactrini, Olethreutini, Enarmoniini, Eucosmini, and Grapholitini. Of these, 109 species in 62 genera have been identified and 54 species are new records for the park and for Thailand. The survey also included 87 morphotypes that were identified to 35 genera, but not to species level and 53 morphotypes could not be placed in any known genus or species. *Eucoenogenes bicuculla* n.sp. and *E. vaneae* n.sp. are described as new to science and one new combination of *E. munda* (Diakonoff) was published in Pinkaew et al. (2005). A checklist of species associated with each habitat type is also provided.

Key words: Lepidoptera, Tortricidae, Olethreutinae, Thong Pha Phum National Park, taxonomy

บทนำ

ผีเสื้อหนอนม้วนใบ (Family Tortricidae) เป็นกลุ่มผีเสื้อกลางคืนขนาดเล็กที่มีจำนวนมากกลุ่มหนึ่งและเป็นวงศ์เดียวที่อยู่ใน Superfamily Tortricoidea ผีเสื้อหนอนม้วนใบมีอยู่ประมาณ 9,000 ชนิดที่ได้รับการจำแนกแล้ว เป็นผีเสื้อที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (Horak and Brown, 1991; Brown, 2005) วงศ์ Tortricidae แบ่งออกเป็น 3 วงศ์ย่อยคือ Tortricinae, Chlidanotinae และ Olethreutinae ผีเสื้อในวงศ์นี้มีแพร่กระจายทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะเขตร้อนชื้นในพื้นที่ระดับสูง (Robinson et al., 1994) และมีความหลากหลายมากที่สุดในเขตร้อนชื้นที่เป็นป่าดิบเขาด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผีเสื้อหนอนม้วนใบวงศ์ย่อย Olethreutinae ซึ่งมีจำนวนมากถึง 4,286 ชนิด 355 สกุล ที่มีความสำคัญในเรื่องความหลากหลายของชนิด รวมทั้งยังมีอีกหลายชนิดที่ยังรอการค้นพบและการตั้งชื่อเป็นชนิดใหม่ของโลก

ผีเสื้อหนอนม้วนใบเป็นชื่อสามัญที่ใช้เรียกผีเสื้อในวงศ์นี้ ซึ่งตั้งตามลักษณะพฤติกรรมของตัวหนอนหลายชนิดที่ทำการม้วนใบพืชอาหารและตัวหนอนกัดกินอยู่ภายใน แต่ทั้งนี้หนอนผีเสื้อในวงศ์นี้หลายชนิดก็มีพฤติกรรมในการหากินภายในลำต้น ราก และผลของต้นพืชอาหาร และหนอนหลายชนิดยังจัดเป็นศัตรูพืชทั้งทางการเกษตรและป่าไม้ในหลายๆ ภูมิภาคของโลก ในประเทศไทยก็มีรายงานศัตรูพืชหลายชนิดเช่นเดียวกัน (Lewvanich, 2001; Hutacharern and Tubtim, 1995)

ข้อมูลการศึกษาผีเสื้อหนอนม้วนใบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังถือว่ามีน้อยมาก แม้ว่าในอดีตเคยมีการศึกษามานานในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปีนส์ พม่า โดย Diakonoff (1968, 1971, 1973) และเวียดนามโดย Kuznetsov (1989, 1992, 1997a, 1997b, 2003) แม้แต่ในประเทศไทยการศึกษาของผีเสื้อในกลุ่มนี้ก็นับได้ว่ายังมีการศึกษาอยู่น้อยมาก ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ในอดีตเกิดจากการตีพิมพ์ผลงานวิจัยจากนักวิจัยต่างชาติที่ได้ศึกษาตัวอย่างผีเสื้อหนอนม้วนใบที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์ในต่างประเทศ จนกระทั่งในระหว่างปี 1981-1987 มีคณะวิจัยผีเสื้อจากมหาวิทยาลัยโอซาก้าร่วมกับนักวิจัยจากกรมวิชาการเกษตร ร่วมทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างแมลงโดยเฉพาะผีเสื้อกลางคืนหลาย ๆ กลุ่ม และได้ทำการตีพิมพ์ผีเสื้อกลางคืนขนาดเล็กชนิดใหม่ๆ หลายชนิด ในกลุ่มผีเสื้อหนอนม้วนใบวงศ์ย่อย Olethreutinae ก็พบชนิดใหม่หลายชนิดเช่นเดียวกัน (Kawabe, 1987, 1989, 1995; Bae, 1995; Komai, 1995; Moriuti and Komai, 1995)

พื้นที่ศึกษาครั้งนี้ได้เลือกอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ ซึ่งมีพื้นที่ป่าที่มีความสมบูรณ์และเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของผืนป่าตะวันตกที่อยู่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน อยู่ในรอยต่อระหว่าง 4 เขตชีวภูมิศาสตร์ คือ Indo-Chinese, Indo-Malayan, Indo-Burmese และ Sundaic รวมทั้งเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนและความชื้นสูง มีความแตกต่างของอุณหภูมิและระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้พื้นที่ของอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิมีความหลากหลายทางชีวภาพที่สูงทั้งกลุ่มพืชและกลุ่มสัตว์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจชนิดของผีเสื้อหนอนม้วนใบในสภาพสังคมพืชแบบต่างๆ เขียนบรรยายลักษณะของผีเสื้อหนอนม้วนใบทุกชนิดที่พบ รวมทั้งตั้งชื่อชนิดใหม่ของโลกและชนิดที่ค้นพบเป็นครั้งแรกในประเทศไทย และจัดทำบัญชีรายชื่อชนิดที่มีความสัมพันธ์กับป่าแบบต่างๆ

วิธีการ

การสำรวจและเก็บตัวอย่างผีเสื้อหนอนม้วนใบในอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ โดยเลือกสำรวจในสภาพป่าแบบต่างๆ 3 ชนิดป่าคือ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ โดยมีการบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างผีเสื้อหนอนม้วนใบโดยใช้แสงไฟ Blacklight ดึงดูดให้ผีเสื้อหนอนม้วนใบบินเข้าหาแสงไฟ โดยใช้หลอดไฟขนาด 20 วัตต์ และมีแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 โวลต์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน เปิดไฟระหว่างเวลา 18.00-06.00 น. ในระหว่างปี ค.ศ. 2001-2004 จำนวน 145 คืน ผีเสื้อหนอนม้วนใบจะเก็บโดยใช้ขวดฆ่าแมลงที่มีสารโปแตสเซียมไซยาไนด์เป็นสารฆ่าแมลง เมื่อตายแล้วก็นำมาจัดรูปร่างตามลักษณะมาตรฐาน โดยผีเสื้อขนาดเล็กจะใช้เข็ม minuten ส่วนผีเสื้อขนาดกลางจะใช้เข็มปักแมลงเบอร์ 0 จากนั้นนำผีเสื้อเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผีเสื้อทั้งหมดเก็บรักษาไว้ในห้องเก็บตัวอย่างแมลงของภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผีเสื้อทุกตัวจะติดกระดาษบันทึกข้อมูลโดยให้รายละเอียดของวันเดือนปี สถานที่ จังหวัด ประเทศ พิกัดทางภูมิศาสตร์ และชื่อผู้เก็บตัวอย่าง ผีเสื้อหนอนม้วนใบแต่ละชนิดทั้งเพศผู้และเพศเมียจะนำส่วนท้องมาทำสไลด์ถาวรของอวัยวะสืบพันธุ์ เพื่อศึกษาความแตกต่างของผีเสื้อในแต่ละชนิด ในบางชนิดมีการทำสไลด์ถาวรของปีกเพื่อศึกษาลักษณะการเรียงตัวของเส้นปีกเพื่อช่วยในการจำแนก ส่วนผีเสื้อก็นำมาทำการตรวจสอบลักษณะต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยศึกษาลักษณะของตา หนวด ปาก รูปร่างปีกและรูปแบบสปีบนปีก ขา รวมทั้งลักษณะพิเศษต่างๆ ที่พบบนลำตัวผีเสื้อ ทำการจดบันทึกลักษณะต่างๆ ที่พบในผีเสื้อแต่ละชนิด สไลด์ของอวัยวะสืบพันธุ์ทุกชนิดและปีกของผีเสื้อบางชนิดจะนำมาทำการวาดรูปทางวิทยาศาสตร์เพื่อความสะดวกในการศึกษาเปรียบเทียบชนิด และในการจำแนกชนิดของผีเสื้อหนอนม้วนใบก็ต้องอาศัยข้อมูลจากเอกสารตีพิมพ์ชนิดของผีเสื้อหนอนม้วนใบทั้งในและต่างประเทศ โดยเปรียบเทียบทั้งจากรูปภาพ รูปวาด และคำบรรยาย รวมทั้งการนำตัวอย่างไปให้ผู้เชี่ยวชาญในพิพิธภัณฑ์ต่างประเทศตรวจสอบและเทียบเคียงตัวอย่างเพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยมีการนำตัวอย่างไปขอเปรียบเทียบที่ Mississippi Entomological Museum, Smithsonian Institution, USA., Osaka Prefecture University และ Furumi Komai's Collection, Japan

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบผีเสื้อหนอนม้วนใบวงศ์ย่อย Olethreutinae ทั้งหมด 249 morphotypes สามารถจำแนกถึงระดับชนิดได้เพียง 109 ชนิด และอีก 140 ชนิดไม่สามารถระบุชนิดได้ โดยสามารถแยกออกเป็นเผ่า (tribe) ต่างๆ 6 เผ่าดังนี้ Gatesclarkeani, Bactrini, Olethreutini, Enarmoniini, Eucosmini และ Grapholitini ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ชนิดของผีเสื้อหนอนม้วนใบที่สัมพันธ์กับสภาพป่าแบบต่างๆ

No	Species	Tribe	Forest Types			Remarks
			H	D	M	
1	<i>Gatesclarkeana idia</i> Diakonoff, 1973	Gatesclarkeani	x	o	x	o
2	<i>Bactra cerata</i> (Meyrick)	Bactrini	x	o	o	o
3	<i>Bactra coronata</i> Diakonoff, 1950	Bactrini	x	o	x	o
4	<i>Bactra honesta</i> Meyrick, 1909	Bactrini	o	o	x	new record
5	<i>Bactra orbiculi</i> Diakonoff, 1966	Bactrini	x	o	o	new record
6	<i>Bactra venosana</i> (Zeller), 1847	Bactrini	x	o	x	o
7	<i>Bactra</i> sp. A	Bactrini	x	o	x	o
8	<i>Bactra</i> sp. B	Bactrini	x	o	x	o
9	<i>Bubonoxena ephippias</i> (Meyrick), 1907	Bactrini	o	x	o	o
10	<i>Bubonoxena spirographa</i> Diakonoff, 1968	Bactrini	x	x	o	new record
11	<i>Bubonoxena</i> sp. A	Bactrini	o	o	x	o
12	<i>Bubonoxena</i> sp. B	Bactrini	x	o	o	o
13	<i>Syntozyga pedias</i> (Meyrick), 1920	Bactrini	x	o	x	o
14	<i>Apsidophora purpurorbis</i> Diakonoff, 1973	Olethreutini	x	o	o	o
15	<i>Arcesis anax</i> Diakonoff, 1983	Olethreutini	o	o	x	new record
16	<i>Archilobesia</i> sp. A	Olethreutini	x	o	x	o
17	<i>Argyroptocha phalaenopa</i> Diakonoff, 1968	Olethreutini	x	o	o	new record
18	<i>Balbidomaga</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
19	<i>Cymolomia phaeopelta</i> (Meyrick), 1921	Olethreutini	o	o	x	o
20	<i>Dactyloglypha pallens</i> Diakonoff, 1973	Olethreutini	x	o	x	new record
21	<i>Dactyloglypha tonica</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	x	o	o	o
22	<i>Dicephalarcha herbosa</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	x	o	o	o
23	<i>Dudua aprobola</i> (Meyrick), 1886	Olethreutini	x	o	x	o
24	<i>Dudua brachytoma</i> Diakonoff, 1973	Olethreutini	x	o	x	o
25	<i>Dudua charadrea</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	x	x	o	new record
26	<i>Dudua tetanota</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	x	o	x	o
27	<i>Gnathoceroles</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
28	<i>Hoplitendemis</i> sp. A	Olethreutini	o	o	x	o
29	<i>Lobesia aeolopa</i> Meyrick, 1907	Olethreutini	x	o	x	o
30	<i>Lobesia genialis</i> Meyrick, 1912	Olethreutini	o	o	x	o
31	<i>Lobesia kurokoi</i> Bae, 1995	Olethreutini	o	o	x	o
32	<i>Lobesia lithogonia</i> Diakonoff, 1954	Olethreutini	x	o	x	o
33	<i>Lobesia</i> sp. A	Olethreutini	o	x	o	o
34	<i>Megalota fallax</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	o	o	x	new record
35	<i>Megalota vera</i> Diakonoff, 1966	Olethreutini	o	o	x	o
36	<i>Neohermenias thalassitis</i> (Meyrick), 1910	Olethreutini	x	o	o	new record
37	<i>Neohermenias</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
38	<i>Neopotamia cathemacta</i> Diakonoff, 1983	Olethreutini	x	o	o	new record
39	<i>Neopotamia formosa</i> Kawabe, 1989	Olethreutini	x	o	o	o
40	<i>Neopotamia</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
41	<i>Olethreutes</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
42	<i>Ophiorrhada mormopa</i> (Meyrick), 1906	Olethreutini	x	o	o	o
43	<i>Ophiorrhada philocompsa</i> (Meyrick), 1921	Olethreutini	x	x	o	o
44	<i>Penthostola albomaculatis</i> (Liu & Bai), 1985	Olethreutini	x	o	o	o
45	<i>Phaecedophora fimbriata</i> Walsingham, 1900	Olethreutini	x	x	x	o
46	<i>Phaecasiophora walsinghami</i> Diakonoff, 1959	Olethreutini	x	o	x	o
47	<i>Phaecasiophora</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o

ตารางที่ 1. (ต่อ)

No	Species	Tribe	Forest Types			Remarks
			H	D	M	
48	<i>Phaulacantha metamelas</i> Diakonoff, 1973	Olethreutini	x	o	o	o
49	<i>Rhodacra parvusa</i> Kawabe, 1995	Olethreutini	o	o	x	o
50	<i>Rhodacra pyrrhocrossa</i> (Meyrick), 1912	Olethreutini	x	o	o	o
51	<i>Semutophila saccaropa</i> Tuck, 1986	Olethreutini	o	o	x	new record
52	<i>Sisona albitibiana</i> (Snellen), 1902	Olethreutini	o	x	o	o
53	<i>Sorolopha archimedi</i> (Meyrick), 1912	Olethreutini	x	o	x	new record
54	<i>Sorolopha herbifera</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	x	o	o	o
55	<i>Sorolopha nagaii</i> Kawabe, 1989	Olethreutini	x	o	o	o
56	<i>Sorolopha plinthograpt</i> (Meyrick), 1931	Olethreutini	x	o	o	o
57	<i>Sorolopha semiculta</i> (Meyrick), 1909	Olethreutini	x	o	x	o
58	<i>Sorolopha sphaerocopa</i> (Meyrick), 1931	Olethreutini	x	o	o	o
59	<i>Sorolopha stygiaula</i> (Meyrick), 1933	Olethreutini	o	o	x	new record
60	<i>Sorolopha</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
61	<i>Sorolopha</i> sp. B	Olethreutini	x	o	o	o
62	<i>Statherotis discana</i> (Felder & Rogenhofer), 1875	Olethreutini	x	x	o	o
63	<i>Statherotis leucaspis</i> (Meyrick), 1902	Olethreutini	x	o	o	o
64	<i>Statherotis</i> sp. A	Olethreutini	o	o	x	o
65	<i>Statherotis</i> sp. B	Olethreutini	o	o	x	o
66	<i>Statherotis</i> sp. C	Olethreutini	x	o	o	o
67	<i>Statherotis</i> sp. D	Olethreutini	x	o	o	o
68	<i>Statherotoxys</i> sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
69	<i>Sycacantha</i> sp. A	Olethreutini	o	o	x	o
70	<i>Sycacantha</i> sp. B	Olethreutini	x	o	x	o
71	<i>Sycacantha</i> sp. C	Olethreutini	x	o	o	o
72	<i>Sycacantha</i> sp. D	Olethreutini	x	o	o	o
73	<i>Sycacantha</i> sp. E	Olethreutini	x	o	o	o
74	<i>Sycacantha</i> sp. F	Olethreutini	o	o	x	o
75	<i>Teleta taralis</i> (Durrant), 1915	Olethreutini	x	o	o	o
76	<i>Temnolohpa matura</i> Diakonoff, 1973	Olethreutini	x	o	x	o
77	<i>Thysanocrepis crossota</i> (Meyrick), 1911	Olethreutini	x	o	o	o
78	Olethreutini genus A sp. A	Olethreutini	o	o	x	o
79	Olethreutini genus B sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
80	Olethreutini genus C sp. A	Olethreutini	x	o	o	o
81	<i>Anathamna spermatophaga</i> Diakonoff & Bradley, 1976	Enarmoniini	o	o	x	new record
82	<i>Anathamna</i> sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o
83	<i>Anathamna</i> sp. B	Enarmoniini	o	o	x	o
84	<i>Ancylis anthophanes</i> Meyrick, 1928	Enarmoniini	x	o	x	o
85	<i>Ancylis aromatas</i> Meyrick, 1912	Enarmoniini	x	o	o	o
86	<i>Ancylis celerata</i> Meyrick, 1912	Enarmoniini	x	o	o	new record
87	<i>Ancylis lutescens</i> Meyrick, 1912	Enarmoniini	o	o	x	new record
88	<i>Loboschiza koenigiana</i> Fabricius, 1775	Enarmoniini	x	o	x	new record
89	<i>Loboschiza</i> sp. A	Enarmoniini	o	o	x	o
90	<i>Tetramoera flavescens</i> Kuznetsov, 1988	Enarmoniini	o	o	x	o
91	Enarmoniini genus A sp. A	Enarmoniini	o	x	o	o
92	Enarmoniini genus B sp. A	Enarmoniini	o	o	x	o
93	Enarmoniini genus C sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o
94	Enarmoniini genus D sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o
95	Enarmoniini genus E sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o
96	Enarmoniini genus F sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o
97	Enarmoniini genus G sp. A	Enarmoniini	x	o	x	o
98	Enarmoniini genus H sp. A	Enarmoniini	x	o	x	o
99	Enarmoniini genus I sp. A	Enarmoniini	o	o	x	o
100	Enarmoniini genus J sp. A	Enarmoniini	o	o	x	o
101	Enarmoniini genus K sp. A	Enarmoniini	o	o	x	o
102	Enarmoniini genus L sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o
103	Enarmoniini genus M sp. A	Enarmoniini	x	o	o	o

ตารางที่ 1. (ต่อ)

No	Species	Tribe	Forest Types			Remarks
			H	D	M	
104	Enarmoniini genus N sp. A	Enarmoniini	o	o	x	o
105	<i>Acroclita cheradota</i> Meyrick, 1912	Eucosmini	o	o	x	new record
106	<i>Acroclita lithoxoa</i> Diakonoff, 1950	Eucosmini	x	o	o	new record
107	<i>Acroclita macrosaris</i> (Meyrick), 1938	Eucosmini	x	o	o	o
108	<i>Acroclita nigrovenana</i> Kuznetsov, 1988	Eucosmini	x	o	x	new record
109	<i>Aemulatrix aequilibra</i> Diakonoff, 1982	Eucosmini	x	o	o	new record
110	<i>Assulella archaea</i> Dikonoff, 1983	Eucosmini	x	o	o	o
111	<i>Bipartivalva aquilana</i> Kuznetsov, 1988	Eucosmini	o	o	x	new record
112	<i>Coniostola</i> sp. A	Eucosmini	x	o	x	o
113	<i>Emrahia hoplista</i> (Meyrick), 1927	Eucosmini	o	x	x	new record
114	<i>Epinotia canthonias</i> (Meyrick), 1920	Eucosmini	x	x	x	new record
115	<i>Eucoenogenes bicuculla</i> Pinkaew, 2005	Eucosmini	x	o	o	new species
116	<i>Eucoenogenes cyanopsis</i> (Meyrick), 1912	Eucosmini	x	o	o	o
117	<i>Eucoenogenes munda</i> (Diakonoff), 1983	Eucosmini	x	o	o	new record
118	<i>Eucoenogenes vaneae</i> Pinkaew, 2005	Eucosmini	x	o	o	new species
119	<i>Eucoenogenes</i> sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
120	<i>Eucoenogenes</i> sp. B	Eucosmini	x	o	o	o
121	<i>Eucoenogenes</i> sp. C	Eucosmini	x	o	o	o
122	<i>Eucoenogenes</i> sp. D	Eucosmini	x	o	o	o
123	<i>Eucoenogenes</i> sp. E	Eucosmini	x	o	o	o
124	<i>Eucoenogenes</i> sp. F	Eucosmini	x	o	o	o
125	<i>Eucoenogenes</i> sp. G	Eucosmini	x	o	o	o
126	<i>Eucoenogenes</i> sp. H	Eucosmini	x	o	o	o
127	<i>Eucoenogenes</i> sp. I	Eucosmini	x	o	o	o
128	<i>Eucoenogenes</i> sp. J	Eucosmini	x	o	o	o
129	<i>Eucosma calligrapha</i> (Meyrick), 1912	Eucosmini	x	o	x	new record
130	<i>Eucosma mollita</i> (Meyrick), 1931	Eucosmini	o	o	x	new record
131	<i>Gypsonoma anthrasitis</i> Meyrick, 1912	Eucosmini	x	o	x	new record
132	<i>Gypsonoma infusca</i> Kuznetsov, 1988	Eucosmini	x	o	x	new record
133	<i>Heleanna physalodes</i> (Meyrick), 1910	Eucosmini	x	o	x	new record
134	<i>Heleanna</i> sp. A	Eucosmini	o	o	x	o
135	<i>Hermenias pachnitis</i> Meyrick, 1912	Eucosmini	x	x	o	o
136	<i>Herpystis mica</i> Kuznetsov, 1988	Eucosmini	x	o	o	new record
137	<i>Herpystis</i> sp. A	Eucosmini	x	o	x	o
138	<i>Herpystis</i> sp. B	Eucosmini	x	o	o	o
139	<i>Herpystis</i> sp. C	Eucosmini	x	o	o	o
140	<i>Megaherpystis melanoneura</i> (Meyrick), 1912	Eucosmini	x	o	x	o
141	<i>Mesocallyntera squamosa</i> Diakonoff, 1959	Eucosmini	x	o	o	o
142	<i>Noduliferola niphada</i> (Diakonoff), 1984	Eucosmini	x	o	x	new record
143	<i>Pelochrista pollinaria</i> (Diakonoff), 1971	Eucosmini	x	o	o	new record
144	<i>Peridaedala</i> sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
145	<i>Rhopobota antecellana</i> Kuznetsov, 1988	Eucosmini	x	o	x	new record
146	<i>Rhopobota symbolias</i> (Meyrick), 1912	Eucosmini	x	o	o	o
147	<i>Rhopobota</i> sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
148	<i>Rhopobota</i> sp. B	Eucosmini	x	o	o	o
149	<i>Rhopobota</i> sp. C	Eucosmini	x	o	o	o
150	<i>Rhopobota</i> sp. D	Eucosmini	x	x	x	o
151	<i>Rhopobota</i> sp. E	Eucosmini	x	o	o	o
152	<i>Spilonota babylonica</i> Meyrick, 1912	Eucosmini	o	o	x	new record
153	<i>Spilonota melanocopa</i> (Meyrick), 1912	Eucosmini	x	x	x	o
154	<i>Spilonota</i> sp. A	Eucosmini	x	x	x	o
155	<i>Strepsicrates discobola</i> Diakonoff, 1968	Eucosmini	x	o	o	new record
156	<i>Tritopterna anachastopa</i> (Meyrick), 1934	Eucosmini	x	o	o	new record
157	Eucosmini genus A sp. A	Eucosmini	o	x	o	o
158	Eucosmini genus B sp. A	Eucosmini	o	x	o	o
159	Eucosmini genus C sp. A	Eucosmini	x	o	o	o

ตารางที่ 1. (ต่อ)

No	Species	Tribe	Forest Types			Remarks
			H	D	M	
160	Eucosmini genus C sp. B	Eucosmini	o	x	o	o
161	Eucosmini genus D sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
162	Eucosmini genus E sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
163	Eucosmini genus F sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
164	Eucosmini genus G sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
165	Eucosmini genus H sp. A	Eucosmini	o	x	o	o
166	Eucosmini genus I sp. A	Eucosmini	o	x	o	o
167	Eucosmini genus J sp. A	Eucosmini	o	x	o	o
168	Eucosmini genus K sp. A	Eucosmini	x	x	x	o
169	Eucosmini genus L sp. A	Eucosmini	x	o	x	o
170	Eucosmini genus L sp. B	Eucosmini	o	o	x	o
171	Eucosmini genus L sp. C	Eucosmini	x	o	x	o
172	Eucosmini genus L sp. D	Eucosmini	x	o	o	o
173	Eucosmini genus M sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
174	Eucosmini genus N sp. A	Eucosmini	o	o	x	o
175	Eucosmini genus O sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
176	Eucosmini genus P sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
177	Eucosmini genus Q sp. A	Eucosmini	x	o	x	o
178	Eucosmini genus R sp. A	Eucosmini	x	o	o	o
179	Eucosmini genus S sp. A	Eucosmini	o	o	x	o
180	<i>Acanthoclita balanoptycha</i> (Meyrick), 1910	Grapholitini	x	o	x	new record
181	<i>Acanthoclita balia</i> Diakonoff, 1982	Grapholitini	x	o	x	new record
182	<i>Acanthoclita</i> sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
183	<i>Acanthoclita</i> sp. B	Grapholitini	x	x	o	o
184	<i>Acanthoclita</i> sp. C	Grapholitini	x	o	x	o
185	<i>Acanthoclita</i> sp. D	Grapholitini	x	o	x	o
186	<i>Acanthoclita</i> sp. E	Grapholitini	x	o	x	o
187	<i>Acanthoclita</i> sp. F	Grapholitini	x	o	o	o
188	<i>Andrioplecta dierli</i> Komai, 1992	Grapholitini	o	o	x	new record
189	<i>Andrioplecta shoreae</i> Komai, 1992	Grapholitini	x	o	o	o
190	<i>Andrioplecta subpulverula</i> (Obraztsov), 1968	Grapholitini	x	o	o	new record
191	<i>Cimeliomorpha cymbalora</i> (Meyrick), 1907	Grapholitini	o	o	x	new record
192	<i>Cryptophlebia amblyopa</i> Clarke, 1976	Grapholitini	x	o	o	o
193	<i>Cryptophlebia ombrodelta</i> (Lower), 1989	Grapholitini	x	x	x	o
194	<i>Cryptophlebia repletana</i> (Walker), 1863	Grapholitini	x	o	x	o
195	<i>Cryptophlebia rhynchias</i> (Meyrick), 1905	Grapholitini	o	o	x	o
196	<i>Cydia celiae</i> (Clarke), 1976	Grapholitini	o	o	x	new record
197	<i>Cydia malesana</i> (Meyrick), 1920	Grapholitini	x	x	x	new record
198	<i>Cydia obumbrana</i> Kuznetsov, 1992	Grapholitini	o	o	x	new record
199	<i>Cydia</i> sp. A	Grapholitini	o	x	o	o
200	<i>Dichrorampha</i> sp. A	Grapholitini	o	x	o	o
201	<i>Dierlia</i> sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
202	<i>Dierlia</i> sp. B	Grapholitini	x	o	o	o
203	<i>Dierlia</i> sp. C	Grapholitini	o	o	x	o
204	<i>Fulcrifera tricentra</i> (Meyrick), 1907	Grapholitini	o	o	x	new record
205	<i>Grapholita comanticosta</i> Kuznetsov, 1988	Grapholitini	x	o	o	new record
206	<i>Grapholita dysaethria</i> Diakonoff, 1982	Grapholitini	o	o	x	new record
207	<i>Grapholita seclusana</i> (Walker), 1866	Grapholitini	x	o	o	new record
208	<i>Grapholita</i> sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
209	<i>Grapholita</i> sp. B	Grapholitini	x	o	x	o
210	<i>Grapholita</i> sp. C	Grapholitini	x	x	o	o
211	<i>Grapholita</i> sp. D	Grapholitini	x	x	o	o
212	<i>Grapholita</i> sp. E	Grapholitini	o	o	x	o
213	<i>Grapholita</i> sp. F	Grapholitini	x	o	o	o
214	<i>Karacaoglania</i> sp. A	Grapholitini	x	x	x	o
215	<i>Karacaoglania</i> sp. B	Grapholitini	x	o	o	o

ตารางที่ 1. (ต่อ)

No	Species	Tribe	Forest Types			Remarks
			H	D	M	
216	<i>Leguminivora</i> sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
217	<i>Leguminivora</i> sp. B	Grapholitini	x	o	x	o
218	<i>Microsarotis lucida</i> (Meyrick), 1916	Grapholitini	x	x	x	new record
219	<i>Microsarotis palamedes</i> (Meyrick), 1916	Grapholitini	x	o	x	new record
220	<i>Pammene</i> sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
221	<i>Pammene</i> sp. B	Grapholitini	x	o	x	o
222	<i>Pammene</i> sp. C	Grapholitini	o	o	x	o
223	<i>Pammene</i> sp. D	Grapholitini	x	o	o	o
224	<i>Parapammene</i> sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
225	<i>Parapammene</i> sp. B	Grapholitini	x	o	o	o
226	<i>Parapammene</i> sp. C	Grapholitini	x	o	o	o
227	<i>Parapammene</i> sp. D	Grapholitini	o	o	x	o
228	<i>Parapammene</i> sp. E	Grapholitini	x	o	o	o
229	<i>Procoronis swinhoeiana</i> (Walsingham), 1890	Grapholitini	x	o	o	new record
230	<i>Strophedra</i> sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
231	<i>Strophedra</i> sp. B	Grapholitini	x	o	o	o
232	<i>Thaumatotibia hemitoma</i> (Diakonoff), 1976	Grapholitini	x	x	x	o
233	<i>Thaumatotibia</i> sp. A	Grapholitini	o	x	x	o
234	<i>Thaumatotibia</i> sp. B	Grapholitini	x	o	o	o
235	<i>Thaumatotibia</i> sp. C	Grapholitini	o	x	o	o
236	<i>Thaumatotibia</i> sp. D	Grapholitini	x	o	o	o
237	Grapholitini genus A sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
238	Grapholitini genus B sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
239	Grapholitini genus C sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
240	Grapholitini genus D sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
241	Grapholitini genus E sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
242	Grapholitini genus F sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
243	Grapholitini genus G sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
244	Grapholitini genus H sp. A	Grapholitini	x	o	x	o
245	Grapholitini genus I sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
246	Grapholitini genus J sp. A	Grapholitini	x	o	o	o
247	Grapholitini genus K sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
248	Grapholitini genus L sp. A	Grapholitini	o	o	x	o
249	Grapholitini genus M sp. A	Grapholitini	o	o	x	o

H = Hill evergreen forest, D = Dry evergreen forest, M = Mixed deciduous forest

บทสรุป

การสำรวจและเก็บตัวอย่างผีเสื้อหนอนม้วนใบวงศ์ย่อย Olethreutinae ในสภาพป่าแบบต่างๆ ในอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ พบผีเสื้อหนอนม้วนใบวงศ์ย่อย Olethreutinae ทั้งหมด 249 morphotypes มีชนิดที่สามารถจำแนกถึงระดับชนิดได้ 109 ชนิด 62 สกุล 87 morphotypes สามารถจำแนกได้เพียงระดับสกุลถึง 35 สกุล และอีก 53 morphotypes ที่ไม่สามารถจำแนกได้ทั้งระดับสกุลและชนิด ผีเสื้อหนอนม้วนใบที่สามารถจำแนกชนิดได้นั้นจัดอยู่ในเผ่า (tribe) Gatesclarkeani 1 ชนิด Bactrini 8 ชนิด Olethreutini 42 ชนิด Enarmoniini 7 ชนิด Eucosmini 30 ชนิด และ Grapholitini 21 ชนิด นอกจากนั้นมี 54 ชนิดที่พบเป็นครั้งแรกในประเทศไทย และอีก 2 ชนิดที่ค้นพบว่าเป็นชนิดใหม่ของโลกคือ *Eucoenogenes bicuculla* Pinkaew และ *Eucoenogenes vaneae* Pinkaew

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก รหัสโครงการ PHD/0140/2544 และโครงการพัฒนาศักยภาพและศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนัก

งานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145027 บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และอุทยานแห่งชาติทองผาภูมิ ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Bae, Y.S. 1995. The Thai species of *Lobesia* (Lepidoptera: Tortricidae). *Microlepidoptera of Thailand* 3: 33-48.
- Brown, J.W. 2005. Tortricidae (Lepidoptera). *World Catalogue of Insects* 5: 1-741.
- Diakonoff, A. 1968. Microlepidoptera of the Philippine Islands. *Bulletin of the United States National Museum* 257: 1-484.
- Diakonoff, A. 1971. South Asiatic Tortricidae from zoological collection of the Bavarian State (Lepidoptera). *Veröffentlichungen der Zoologischen Staatssammlung München* 15: 167-202.
- Diakonoff, A. 1973. The South Asiatic Olethreutini (Lepidoptera, Tortricidae). *Zoologische Monographiën van het Rijksmuseum van Natuurlijke Historie* 1: 1-700.
- Horak, M. and R.L. Brown. 1991. Taxonomy and phylogeny. In Van der Geest, L.P.S. and H.H. Evenhuis (eds.), *World Crop Pest, Tortricid Pests, Their Biology*, pp. 23-48. Natural Enemies and Control, Amsterdam.
- Hutacharean, C. and N. Tubtim. 1995. Checklist of Forest Insects in Thailand. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok. 392 p.
- Kawabe, A. 1987. Records and descriptions of the subtribe Sycacanthae (Lepidoptera: Tortricidae) from Thailand. *Microlepidoptera of Thailand* 1: 61-68.
- Kawabe, A. 1989. Records and descriptions of the subfamily Olethreutinae (Lepidoptera: Tortricidae) from Thailand. *Microlepidoptera of Thailand* 2: 23-82.
- Kawabe, A. 1995. Records and descriptions of the family Tortricidae (Lepidoptera) from Thailand, IV. *Microlepidoptera of Thailand* 3: 49-62.
- Komai, F. 1995. Records of two species of the genus *Allobrachygonia* (Lepidoptera: Tortricidae) from Thailand. *Microlepidoptera of Thailand* 3: 63-66.
- Kuznetsov, V.I. 1989. New species of moths of the subfamily Olethreutinae (Lepidoptera, Tortricidae) of North Vietnam. *Entomological Review* 68(4): 33-48.
- Kuznetsov, V.I. 1992. New species of tortricids (Lepidoptera, Tortricidae) of the fauna of Vietnam. *Entomologicheskoe Obozrenie* 71: 847-861. (In Russian).
- Kuznetsov, V.I. 1997a. Little known and new species of tortricid moths (Lepidoptera, Tortricidae) of the fauna of Vietnam. *Entomological Review* 77(2): 162-174.
- Kuznetsov, V.I. 1997b. New species of tortricid moths of the subfamily Olethreutinae (Lepidoptera, Tortricidae) from the South of Vietnam. *Entomological Review* 77(6): 715-727.
- Kuznetsov, V.I. 2003. Characteristic features of the tortricid fauna (Lepidoptera, Tortricidae) of the Thai Nguen plateau (South Vietnam) and descriptions of new and little known species. *Entomologicheskoe Obozrenie* 82: 720-744.
- Lewvanich, A. 2001. Lepidopterous Adults and Larva. Entomology and Zoology Division, Department of Agriculture, Bangkok. 230 p.
- Moriuti, S. and F. Komai. 1995. Records of three species of *Matsumuraeses* (Lepidoptera: Tortricidae) from Thailand. *Microlepidoptera of Thailand* 3: 79-85.
- Pinkaew, N., A. Chandrapatya and R.L. Brown. 2005. Two new species and a new record of *Eucoenogenes* Meyrick (Lepidoptera: Tortricidae) from Thailand with a discussion of characters defining the genus. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 107 (4): 869-882.
- Robinson, G.S., K.R. Tuck and M. Schäffer. 1994. A Field Guide to the Smaller Moths of South-East Asia. Malaysian Nature Society, Kuala Lumpur. 308 p.

ความหลากหลายของชนิดชันโรง (*Apidae: Trigona spp.* และ *Hypotrigona spp.*) และพฤติกรรมการเก็บยางไม้จากธรรมชาติ ในโครงการทองผาภูมิ 72 พรรษามหาราช

อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ชามา อินซอน และ สาวิตรี มาลัยพันธุ์

ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: Diversity of Stingless Bees (*Apidae: Trigona spp.* and *Hypotrigona spp.*) and their Resin and Gum Collecting Behavior from Nature in Golden Jubilee Thong Pha Phum Project, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province

Chama Inson and Savitree Malaipan

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

All studies were conducted from April 2004 to March 2005 in the lower mixed deciduous forest, dry upper mixed deciduous forest, deciduous dipterocarp forest and dry evergreen forest at the Golden Jubilee Thong Pha Phum Project, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province. The results showed that 2 genera (*Trigona spp.* and *Hypotrigona spp.*) and sixteen species of the stingless bees were found in this area, namely *Trigona apicalis* Smith, *T. melanoleuca* Cockerell, *T. aripes* Smith, *T. canifrons* Smith, *T. thoracica* Smith, *T. terminata* Smith, *T. ventralis* Smith, *T. flavibasis* Cockerell, *T. iridipennis* variety 1, *T. iridipennis* variety 2, *T. iridipennis* variety 3, *T. iridipennis* variety 4, *Hypotrigona scintillans*, *H. pendleburyi* and *H. klossi*. The last species was a new record for Thailand. Resin and gum collecting behavior was observed during a year for 20 colonies of 7 species. *T. apicalis* could be found in 4 types of forest. The diversity of *Trigona spp.* and their resin and gum collecting behavior mostly depended on environmental factors. Behavioral differences in collecting occurred on alternative plants, times and seasons. The bees preferred to collect resin and gum from plants in 16 plant families including Anacardiaceae, Dipterocarpaceae, Euphobiaceae, Hypericaceae, Meliaceae and Moraceae. During the rainy season, foragers collected resin and gum all day; however collecting behavior changed during the dry season, which involved collection only in the afternoon until late in the day. *T. apicalis* collected resin and gum to make the largest number of propolis compared with the other bee species. The walls of nest structures had the highest amounts of resin. Propolis extracted from the nest structure could inhibit *Cladosporium cladosporioides* and *Sclerotium rolfsii*.

Key words: *Trigona*, *Hypotrigona*, stingless bees, resin and gum behavior

บทนำ

ชันโรง (stingless bees) เป็นชื่อผึ้งชนิดที่มีพฤติกรรมชอบเก็บยางไม้ เพื่อการผลิตชันหรือพอรพอลิส และเป็นผึ้งไม่มีเหล็กใน ชันโรงมีพฤติกรรมการเก็บยางไม้ในปริมาณมาก โดยเก็บยางไม้ผสมกับไขผึ้งที่เรียกว่า “พอรพอลิส” เป็นโครงสร้างหลักของรัง สามารถกันน้ำ ควบคุมอุณหภูมิภายในรัง ป้องกันศัตรูจากภายนอก ซึ่งสามารถป้องกันเชื้อโรคในรังได้โดยนำมาผสมเป็นหลอดเซลล์ตัวอ่อน เป็นผนังรัง หรืออุดรอยรั่วของรัง ทุกส่วนของรัง ล้วนแล้วแต่มีส่วนผสมของยางไม้ทั้งสิ้น แม้ว่าจะมีเชื้อโรคเข้าสู่รัง แต่ก็ไม่สามารถเจริญได้ ชันโรงจึงอาศัยอยู่ในรังได้โดยไม่มีโรคระบาดวนประสิทธิภาพของพอรพอลิสขึ้นอยู่กับสถานที่ตั้งของรัง ในระบบนิเวศที่มีความหลากหลายชนิดของพรรณไม้ ชันโรงแต่ละชนิดก็มักจะคัดเลือกยางไม้จากพืชที่มีคุณสมบัติและความเหมาะสมที่สุด มนุษย์เองก็รู้จักใช้ประโยชน์จากพอรพอลิสที่ได้จากผึ้งรวง สกุล *Apis* เมื่อ 4,000 ปีมาแล้ว ในสมัยอียิปต์พระสันตปาปาใช้พอรพอลิสในการทำมัมมี่ ปัจจุบันมีการใช้เป็นยาของแพทย์แผนโบราณ ผสมในลูกอมแก้เจ็บคอ หรือผสมในน้ำดื่มรักษาแผล

ในปาก และผสมในเครื่องสำอาง รักษาผิว นอกจากนี้แล้วชันโรงยังเป็นแมลงผสมเกสร ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ และภาคเกษตรกรรมอย่างมาก เนื่องจากเป็นแมลงที่ไม่เลือกลงตอมพืช และระยะหากินใกล้สามารถควบคุมการผสม เกสรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Felix, 1982; Assegid et al., 2002; Sawaya et al., 2002)

ดังนั้นการศึกษาถึงพฤติกรรมของชันโรงและการเลือกพืชที่ให้ยางเพื่อนำมาใช้สร้างรังของชันโรง อาจจะเป็นแนวทางในการศึกษาประสิทธิภาพของพรอพอลิสซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อไปของประเทศไทย ที่ยังมีข้อมูลการศึกษา เรื่องพรอพอลิสเป็นส่วนน้อย ในอดีตมีการใช้ประโยชน์จากชันโรงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผึ้งพันธุ์ ผึ้งโพรง และ ผึ้งมีม ชนิดของชันโรงในประเทศไทยนั้นพบว่ามี 33 ชนิด แต่ข้อมูลต่างๆ โดยเฉพาะข้อมูลด้านพฤติกรรมและชนิดของ พืชอาหารของชันโรงนั้นมีการศึกษากันอย่างจำกัด มักจะทำการศึกษาเฉพาะพื้นที่ที่มีศูนย์อนุรักษ์และขยายพันธุ์ผึ้ง ใน เขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้เท่านั้น แต่ในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทยนั้นยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษา โดยเฉพาะในเรื่องของพฤติกรรมการเก็บยางไม้ ซึ่งพรอพอลิสเป็นรูปแบบหนึ่งของสมุนไพรรักษาโรค อาจนำมาปรับใช้กับการ เกษตร ด้านการป้องกันกำจัดโรคพืชโดยใช้สมุนไพรรักษาโรค ซึ่งจะปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผู้ใช้ และสิ่งแวดล้อม ข้อมูลที่ทำการ ศึกษาเป็นปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเก็บยางไม้ของชันโรง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการ เลี้ยงชันโรง เพื่อผลิตพรอพอลิสเป็นวัตถุดิบนำไปใช้ประโยชน์ดังกล่าวได้ต่อไปเพราะปัจจุบันพื้นที่ป่าถูกรบกวนและถูก ทำลายลงเป็นอย่างมากซึ่งส่งผลกระทบต่อความหลากหลาย ความเป็นอยู่และพฤติกรรมของชันโรงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้ปริมาณและชนิดของชันโรงลดน้อยลงหรืออาจสูญหายไปจากพื้นที่นั้นๆ ได้ ดังนั้นการศึกษาจึงมีความจำเป็นอย่าง มากเพื่อทำให้ทราบถึงสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตเพื่อผลิตพรอพอลิส นอกจากผลผลิตจากพรอพอลิสแล้ว ชันโรงยังมีประโยชน์ในด้านการเป็นแมลงผสมเกสรที่ดีที่สุดชนิดหนึ่งทำให้ระบบนิเวศสมดุล เพราะฉะนั้นจึงต้องมีชันโรง ที่หลากหลายชนิด และป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ สิ่งเหล่านี้จะทำให้คนในพื้นที่หวงแหนและช่วยกันอนุรักษ์ให้ไม้ป่าไม่คงอยู่ ตลอดไป

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยของสิ่งแวดล้อมและฤดูกาลที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเก็บยางไม้รวม ถึงชนิดป่าและแหล่งพืชที่ผลิตยางไม้ให้กับชันโรงเพื่อนำยางไม้มาใช้ป้องกันและสร้างรัง ความหลากหลายของชนิด ชันโรง และพฤติกรรมการเก็บยางไม้ การประเมินประสิทธิภาพของพรอพอลิสในด้านการเป็นสารยับยั้งเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Cladosporium cladosporioides* และ *Sclerotium rolfsii* ที่เป็นสาเหตุโรคพืช และเพื่อประเมินสถานภาพของชันโรง ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาและเสนอแนวทางในการอนุรักษ์

วิธีการ

ทำการศึกษาในป่าผสมผลัดใบในระดับต่ำ ป่าผสมผลัดใบในระดับแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ในพื้นที่โครงการทองผาภูมิ 72 พรรษามหาราช อำเภทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่เดือนเมษายน 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548

1) ทำการสำรวจพื้นที่และชันโรง วางแปลงศึกษาสังคมพืช (วิเคราะห์สังคมพืชด้วยโปรแกรม PC-ORD) ศึกษาชนิดของชันโรงจำแนกโดยลักษณะสัณฐานวิทยาจากคู่มือจำแนกชันโรงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Indo-malayan species of *Trigona*) (Schwarz, 1939; Wille, 1979) และความหลากหลายของพรรณไม้ให้ยางและชันโรง (วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Species diversity, Shanon's index)

2) ศึกษาความต้องการด้านนิเวศวิทยาของชันโรง ได้แก่ อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ(%RH) อุณหภูมิ ความชื้น และความหนาแน่นรวมของดิน (Db, g/cm^3) และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด (%SOC) (วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม FEW 52b)

3) ศึกษาพฤติกรรมการเก็บยางไม้ และลักษณะสียางไม้ (เทียบสีจาก color chart) ของชันโรง เดือนละ 1 ครั้ง

4) ศึกษาโครงสร้างรังของชันโรงชนิด *T. apicalis* Smith ส่วนประกอบของโครงสร้างรังของชันโรงบางชนิด และประสิทธิภาพพรอพอลิสของชันโรง *T. apicalis* กับเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides* และ *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคพืช

5) การวิเคราะห์ผลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยตามวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและสรุป

การศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์ และพฤติกรรมการเก็บยางไม้จากธรรมชาติในโครงการทองผาภูมิ 72 พรรษามหาราช อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ 7,000 ตารางเมตร จากพื้นที่ทั้งหมด 70,000 ไร่ เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนเมษายน 2547 ถึงเดือนมีนาคม 2548 สามารถสรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 1)

พันธุ์ไม้ในพื้นที่ซึ่งเป็นตัวแทนผืนป่าตะวันตกของประเทศ มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์สูงกว่าภูมิภาคอื่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของป่า ในป่าผสมผลัดใบในระดับต่ำ (LMDF) ที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด (%SOC) ระดับปานกลาง พบชนิดพันธุ์ที่มีความหลากหลายมากที่สุดเท่ากับ 13 ชนิด รองลงมาคือ ป่าผสมผลัดใบในระดับสูงแล้ง (DUMDF) ป่าเต็งรัง (DDF) และป่าดิบแล้ง (DEF) เท่ากับ 8, 3 และ 1 ชนิด ตามลำดับ ป่าดิบแล้งมีความหลากหลายต่ำสุด เนื่องจากมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำ เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูง และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดน้อยมาก ความหลากหลายของชนิดพันธุ์พบทั้งหมด 2 สกุล 16 ชนิด จำนวน 72 รัง นอกจากนี้ยังพบว่ามีชนิดพันธุ์เพียงชนิดเดียวที่สามารถอาศัยอยู่ได้ในป่าทั้ง 4 ประเภท คือ *T. apicalis* และพืชที่ชนิดพันธุ์มักเลือกอาศัยสร้างรังเป็นไม้ยืนต้น ขนาดใหญ่ และลำต้นมีลักษณะเป็นโพรง ได้แก่ เสลา ขาว กระเบา กระบาก ยางปาย และเต็ง หรือต้นไม้ที่มีช่องว่างจากการโอบพันของต้นไม้ที่โอบต้นไม้ชนิดต่างๆ เช่น เสลาขาว ตะคร้อ และตะคร้ำ นอกจากนี้ยังพบการสร้างรังในดินด้วย

ตารางที่ 1. แสดงความต้องการด้านนิเวศวิทยาของชนิดพันธุ์ และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ พรรณไม้ให้ยาง และสียางไม้

ประเภท ป่า	ความต้องการด้านนิเวศวิทยาของชั้นโรง						จำนวน ชนิด	จำนวน รัง	ค่าดัชนีความหลากหลาย (H')		
	อากาศ		ดิน			%SOC			ชั้นโรง	พรรณไม้ ให้ยาง	สียาง ไม้
	อุณหภูมิ	%RH	อุณหภูมิ	%ความชื้น	Db						
LMDF	28.22 ^a	64.33 ^b	20.30 ^a	12.50 ^{ab}	1.08 ^a	9.55 ^{ab}	13	45	1.98	2.66	0.97
DUMDF	27.60 ^b	63.50 ^b	18.64 ^b	14.67 ^a	0.93 ^c	8.39 ^b	8	21	1.83	2.28	0.86
DDF	27.91 ^a	61.58 ^b	19.98 ^a	13.52 ^{ab}	0.92 ^c	11.14 ^a	3	4	1.04	2.26	1.33
DEF	26.67 ^c	69.25 ^a	17.32 ^c	11.39 ^b	1.01 ^b	1.08 ^c	1	2	0	2.96	0.98

หมายเหตุ LMDF=lower mixed deciduous forest, DUMDF=dry upper mixed deciduous forest, DDF=deciduous dipterocarp forest, DEF=dry evergreen forest (ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดัง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

ชนิดพันธุ์ที่พบมี 2 สกุล 16 ชนิด คือ *Trigona apicalis*, *T. melanoleuca*, *T. peninsularis*, *T. collina*, *T. canifrons*, *T. thoracica*, *T. terminata*, *T. ventralis*, *T. flavibasis*, *T. iridipennis* variety 1, *T. iridipennis* variety 2, *T. iridipennis* variety 3, *T. iridipennis* variety 4, *Hypotrigena scintillans*, *H. pendleburyi* variety 1 และ *H. klossi* ซึ่งมีชนิดพันธุ์ชนิดที่รายงานใหม่ในประเทศไทย 1 ชนิด คือ *H. klossi* และอาจพบชนิดพันธุ์ชนิดใหม่จากการจำแนกชนิดพันธุ์ *T. iridipennis* variety 1-4 ต่อไป (ตารางผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 1 และ 2)

พฤติกรรมการเก็บยางไม้จากธรรมชาติขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในป่าเต็งรังที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดมาก ชนิดพันธุ์ *T. apicalis* เก็บยางไม้ได้หลากหลายมากที่สุด จากพรรณไม้ให้ยางที่มีความหลากหลายต่ำที่สุด และชนิดพันธุ์ *T. apicalis* มักชอบเก็บยางไม้ในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง และเก็บยางไม้ในช่วงบ่ายถึงค่ำมากกว่าช่วงเช้าในป่าทั้ง 4 ประเภท (ภาพที่ 1-3)

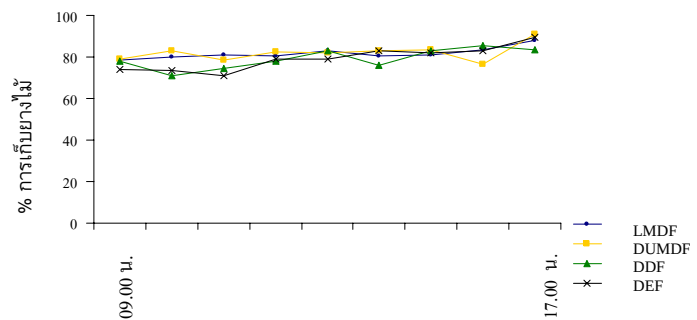
ชนิดพันธุ์มีพฤติกรรมการเก็บยางไม้ จากพรรณไม้ที่ให้ยางสีใสมากที่สุด ซึ่งเป็นพรรณไม้วงศ์ Anacardiaceae, Burseraceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae และ Meliaceae รองลงมาได้แก่ สีขาว เหลือง ส้ม น้ำตาล และแดง ซึ่ง

พรรณไม้ที่ให้ยางสีขาวคือ พรรณไม้ในวงศ์ Apocynaceae, Moraceae, Rubiaceae และ Sapotaceae พรรณไม้ที่ให้ยางสีเหลืองคือ พรรณไม้ในวงศ์ Moraceae, Rubiaceae และ Sapotaceae พรรณไม้ที่ให้ยางสีส้มคือ พรรณไม้ในวงศ์ Hypericaceae พรรณไม้ที่ให้ยางสีน้ำตาลคือ พรรณไม้ในวงศ์ Anacardiceae, Burseraceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae และ Meliaceae และพรรณไม้ที่ให้ยางสีแดงคือ พรรณไม้ในวงศ์ Annonaceae, Euphorbiaceae, Myrsicaceae, Papilionoidea และ Sapindaceae

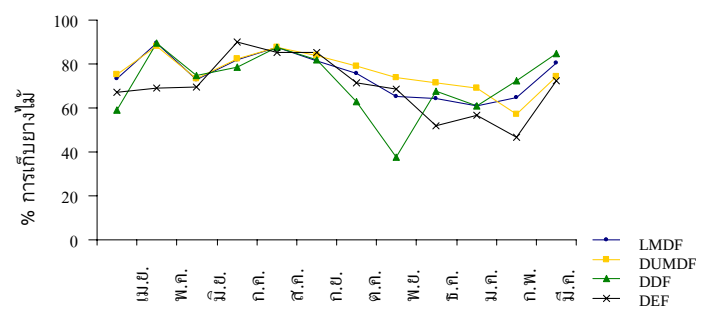
ชันโรงส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการเก็บยางไม้ที่มีลักษณะใส สีขาว สีดํ และสีเหลืองอ่อนเหมือนกันตลอดทั้งปี และมักเลือกเก็บยางไม้ในกลุ่มที่มีสีส้มคือ สีส้ม แดง ชมพู และน้ำตาลแดงในช่วงฤดูฝน ส่วนยางไม้ในกลุ่มสีเหลือง น้ำตาล หรือดำมักเลือกเก็บในช่วงฤดูแล้ง ยกเว้น *T. terminata* เก็บยางไม้ในกลุ่มที่มีสีส้มคือ สีส้ม แดง ชมพู และน้ำตาลแดงในช่วงฤดูแล้ง ส่วนยางไม้ในกลุ่มสีเหลือง น้ำตาล หรือดำมักเลือกเก็บในช่วงฤดูฝน (ตารางผนวกที่ 2)

โครงสร้างรังของชันโรงชนิด *T. apicalis* มีส่วนประกอบทั้งหมด 8 ส่วน ได้แก่ ปากทางเข้ารัง (entrance), internal entrance tube, batumen plate, storage pots, brood cells, laminate involucrum, cerumen และผนังรัง (wall) โดยแต่ละส่วนมีไขยางไม้ และของแข็งเป็นส่วนผสมหลักในอัตราส่วนที่ต่างกัน โดยผนังรังเป็นส่วนที่ต้องการความยืดหยุ่นในการเคลือบส่วนที่ติดกับโพรงไม้ จึงมียางไม้เป็นส่วนผสมหลักมากที่สุด แต่ batumen plate เป็นฐานของรังจำเป็น ต้องมีความแข็งแรง จึงมียางไม้เป็นส่วนผสมหลักน้อยที่สุด นอกจากนี้ชันโรงต่างชนิดกันก็มี ไข ยางไม้ และของแข็งเป็นส่วนผสมหลักในอัตราส่วนที่ต่างกัน โดย *T. collina* มีลักษณะปากทางเข้ารังที่แข็งแรงและเปราะ ซึ่งมียางไม้เป็นส่วนผสมหลักมากที่สุด แต่ *T. terminata* มีลักษณะปากทางเข้ารังอ่อนนุ่มจะมี ไขเป็นส่วนผสมมากที่สุด

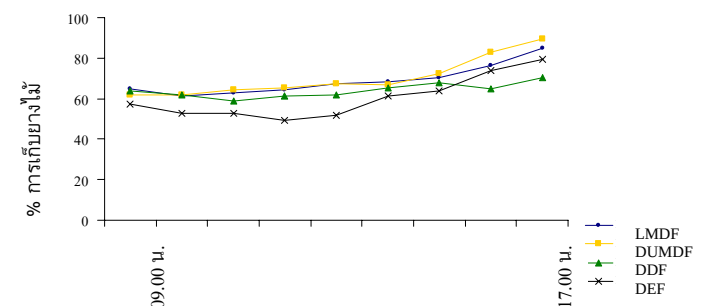
โครงสร้างรังของชันโรงชนิด *T. apicalis* Smith ประกอบด้วย 1) batumen plate มีความหนา และพบมีทางเดินเข้ารังที่คดเคี้ยว 2) storage pots พบว่ามีในตำแหน่งฐานรังข้างล่าง brood cells ซึ่งปกติพบบริเวณส่วนบนสุดของรังหรือข้างบน brood cells และชันโรงชนิดนี้มีการเก็บสะสมอาหารพวกเกสรเป็นส่วนใหญ่ การเก็บสะสมน้ำหวานมีน้อยมาก 3) brood cells มีจำนวน 2 ชุด ทำให้ทราบว่าเป็นรังที่มีขนาดใหญ่ และกำลังเตรียมพร้อมที่จะแยกรัง นอกจากนี้ยังมี queen cell อยู่มุมล่างสุดของ brood cells ชุดข้างบนด้วย 4) cerumen เป็นเสาค้ำจุนช่วยยึดระหว่าง brood cells สองชุด หรือระหว่างชั้นและยึดระหว่าง storage pots 5) ผนังรังมีลักษณะเป็นแผ่นแข็ง กรอบ สีขาวหรือเหลืองอ่อน และมียางเหนียวๆ แทรกอยู่ตรงกลาง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 1. เปอร์เซนต์การเก็บยางไม้ เวลา 09.00-17.00 น. ช่วงฤดูฝน



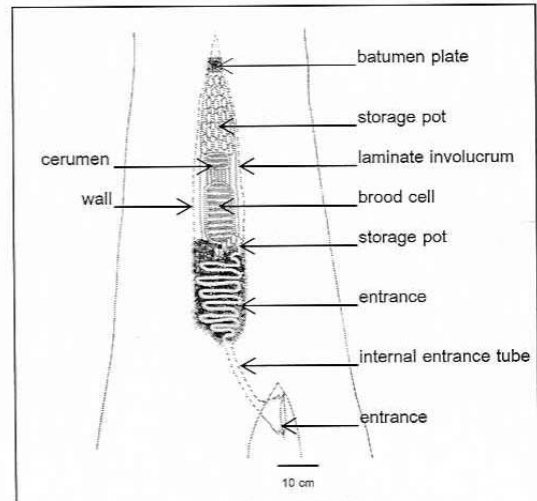
ภาพที่ 2. เปอร์เซนต์การเก็บยางไม้ของชันโรง *T. apicalis* ตลอดทั้งปี



ภาพที่ 3. เปอร์เซนต์การเก็บยางไม้ เวลา 09.00-17.00 น. ช่วงฤดูแล้ง

ส่วนประกอบของโครงสร้างรังของชันโรง *T. apicalis* พบว่ามีไข ยางไม้ และทรายหรือดิน เป็นส่วนประกอบหลัก

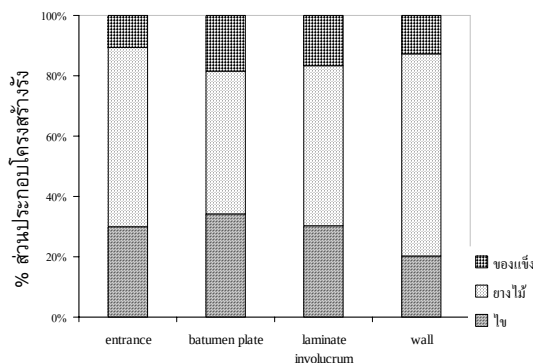
1) ไขใน batumen plate มีสูงสุดเท่ากับ 34.89% รองลงมาคือ laminate involucrum, ปากทางเข้ารัง และผนังรังเท่ากับ 30.31%, 30.01% และ 20.44% ตามลำดับ 2) ยางไม้ ในผนังรังมีสูงสุดเท่ากับ 66.74% รองลงมาคือ ปากทางเข้ารัง, laminate involucrum และ batumen plate เท่ากับ 59.43%, 53.07% และ 48.25% ตามลำดับ 3) ของแข็งใน batumen plate มีสูงสุดเท่ากับ 18.86% รองลงมาคือ laminate involucrum, ผนังรัง และปากทางเข้ารังเท่ากับ 16.63%, 12.81% และ 10.56% ตามลำดับ (ภาพที่ 5)



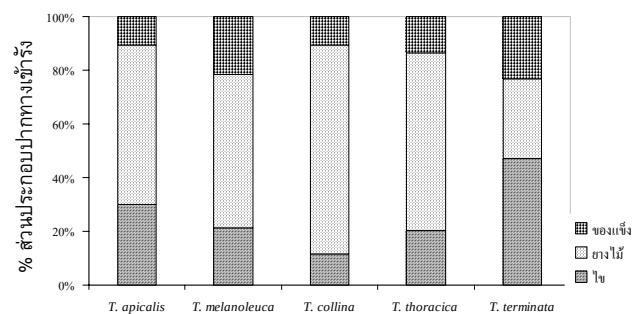
ภาพที่ 4. แสดงโครงสร้างรังของชันโรง *T. apicalis* Smith

ส่วนประกอบในส่วนปากทางเข้ารังของชันโรง 5 ชนิด ได้แก่ *T. apicalis*, *T. melanoleuca*, *T. collina*, *T. thoracica* และ *T. terminata* 1)

ไขในปากทางเข้ารังของ *T. terminata* สูงสุดเท่ากับ 46.94% รองลงมาคือ *T. apicalis*, *T. thoracica*, *T. melanoleuca* และ *T. collina* เท่ากับ 30.01%, 20.18%, 14.83% และ 11.46% ตามลำดับ 2) ยางไม้ในปากทางเข้ารังของ *T. collina* มีสูงสุดเท่ากับ 77.76% รองลงมาคือ *T. melanoleuca*, *T. thoracica*, *T. apicalis* และ *T. terminata* ตามลำดับ 3) ของแข็งในปากทางเข้ารังของ *T. terminata* มีสูงสุดเท่ากับ 23.12% รองลงมาคือ *T. melanoleuca*, *T. thoracica*, *T. collina* และ *T. apicalis* เท่ากับ 15.06%, 13.59%, 10.78% และ 10.56% (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5. แสดงส่วนประกอบโครงสร้างรังของชันโรง *T. apicalis*



ภาพที่ 6. แสดงส่วนประกอบโครงสร้างปากทางเข้ารังชันโรง 5 ชนิด

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Cladosporium cladosporioides* และ *Sclerotium rolfsii* ด้วยสารสกัดพรอพอลิสของรังชันโรง *T. apicalis* เปรียบเทียบผลของแต่ละชิ้นส่วน พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อไม่ให้เกิดการเจริญของโคโลนีได้โดยเปรียบเทียบกับผลการเจริญของเชื้อใน control 3 กรรมวิธีคือ อาหาร PDA 100%, อาหาร PDA กับน้ำกลั่น และอาหาร PDA กับเอทานอล 25% พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีสามารถเจริญได้ ส่วนในกรรมวิธีที่ผสมสารสกัดพรอพอลิสจากปากทางเข้ารัง, batumen plate, laminate involucrum และผนังรัง ในอาหาร PDA โคโลนีไม่สามารถเจริญได้ (ตารางผนวกที่ 3)

ข้อเสนอแนะ

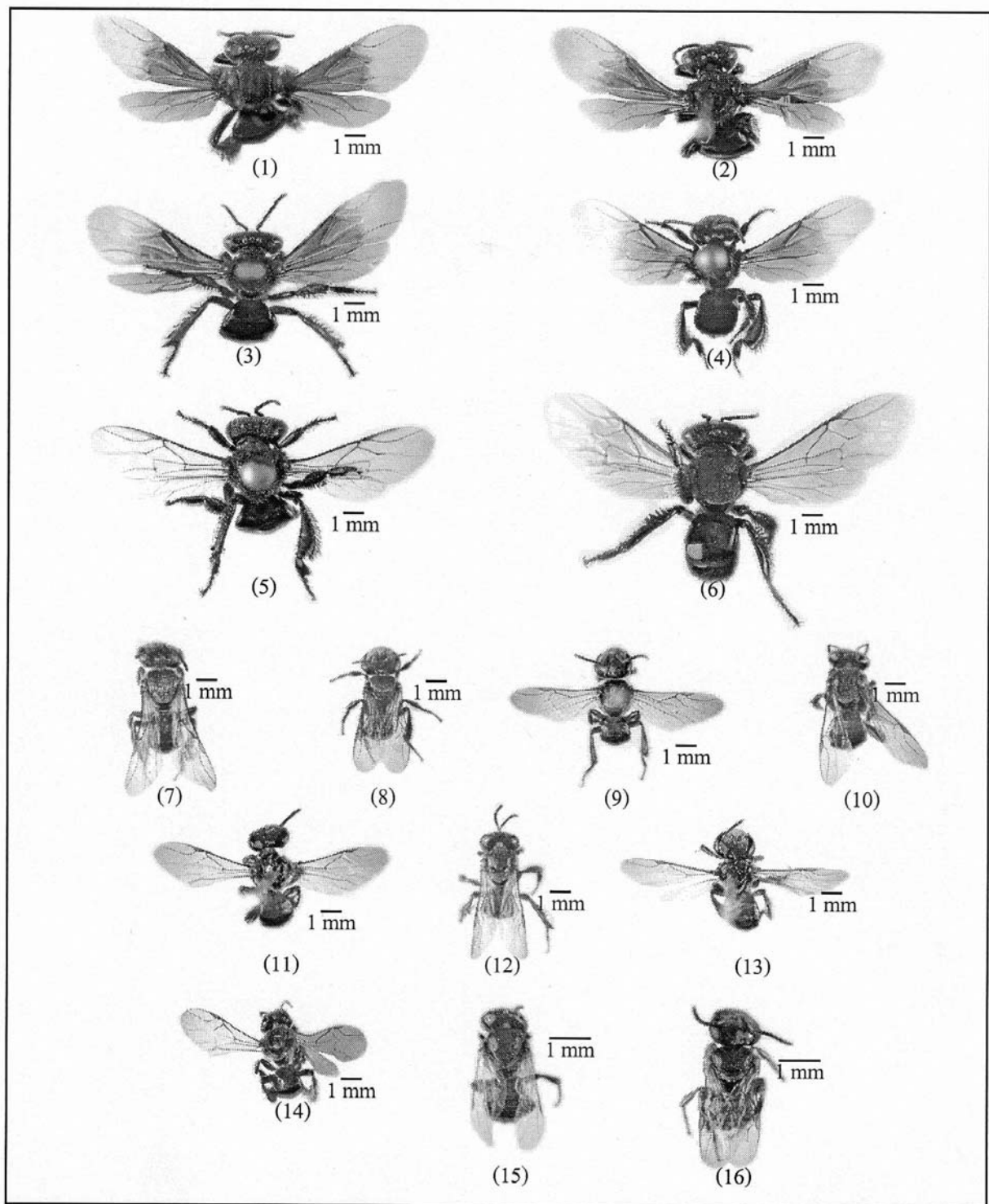
1. การศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาความหลากหลายของชันโรงและพฤติกรรมการเก็บยางไม้ ซึ่งเป็นการศึกษาครั้งแรกของประเทศไทย เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่นำไปศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์และอนุรักษ์ทรัพยากรได้อย่างยั่งยืน
2. ควรมีการศึกษาด้านสัณฐานวิทยาและอนุกรมวิธานของชันโรงชนิดที่คาดว่าจะป็นรายงานใหม่ในประเทศไทย 1 ชนิด ในสกุล *Hypotrigona* คือ *H. klossi* และคาดว่าพบชันโรงชนิดใหม่จากชันโรงในสกุล *Trigona* และ *Hypotrigona* คือ *T. iridipennis* variety 1-4 และ *H. pendleburyi* variety 1 อาจจะสามารถจำแนกได้ชนิดใหม่ที่ต่างจากชนิดเดิม เพื่อนำไปสู่การจำแนกและเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อไป
3. ควรมีการศึกษาพรรณไม้ที่ชันโรงมีพฤติกรรมในการเก็บยางไม้ในด้านคุณค่าทางสมุนไพรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์จากพืชโดยตรง
4. ควรมีการศึกษาเรื่องการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชเพิ่มเติมโดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัดพรอพอลิสที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพและคุ้มค่า เพื่อนำพรอพอลิสจากชันโรงไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร และการแพทย์อย่างกว้างขวาง
5. ควรส่งเสริมให้มีการเลี้ยงชันโรงในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบในระดับต่ำเพื่อช่วยผสมเกสร เนื่องจากสามารถเลี้ยงชันโรงได้หลากหลายชนิด และในพื้นที่ป่าเต็งรังสามารถเลี้ยงชันโรงเพื่อเก็บพรอพอลิส เพราะชันโรงสามารถเก็บยางไม้ได้หลากหลายชนิด เป็นการพัฒนาอาชีพให้กับชาวบ้านในท้องถิ่น
6. ชันโรงเพื่อเก็บพรอพอลิสควรเลือกเลี้ยงชนิด *T. apicalis* เนื่องจากเป็นรังที่มีขนาดใหญ่มีพฤติกรรมเก็บสะสมพรอพอลิสได้ในปริมาณมากกว่าทุกชนิด อาจพบมากกว่า 1 กิโลกรัมต่อรัง และเลี้ยงในพื้นที่ป่าเต็งรังที่มีพืชให้ยางไม้ได้หลากหลายชนิด ฤดูกาลที่เหมาะสมในการเก็บผลผลิตพรอพอลิสควรเก็บในช่วงฤดูแล้งหรือหลังฤดูฝน โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนชันโรงจะเก็บยางไม้เป็นจำนวนมาก เพื่อเร่งขยายรัง ใช้ทำรังกันฝน และป้องกันศัตรู ดังนั้นหลังฤดูฝนยางไม้ที่สะสมสร้างรังไว้เป็นจำนวนมาก จึงไม่มีความจำเป็นที่ชันโรงต้องใช้เท่าใดนัก อาจแบ่งปันให้มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์ด้วย โดยไม่เป็นการรบกวนชันโรง

กิตติกรรมประกาศ

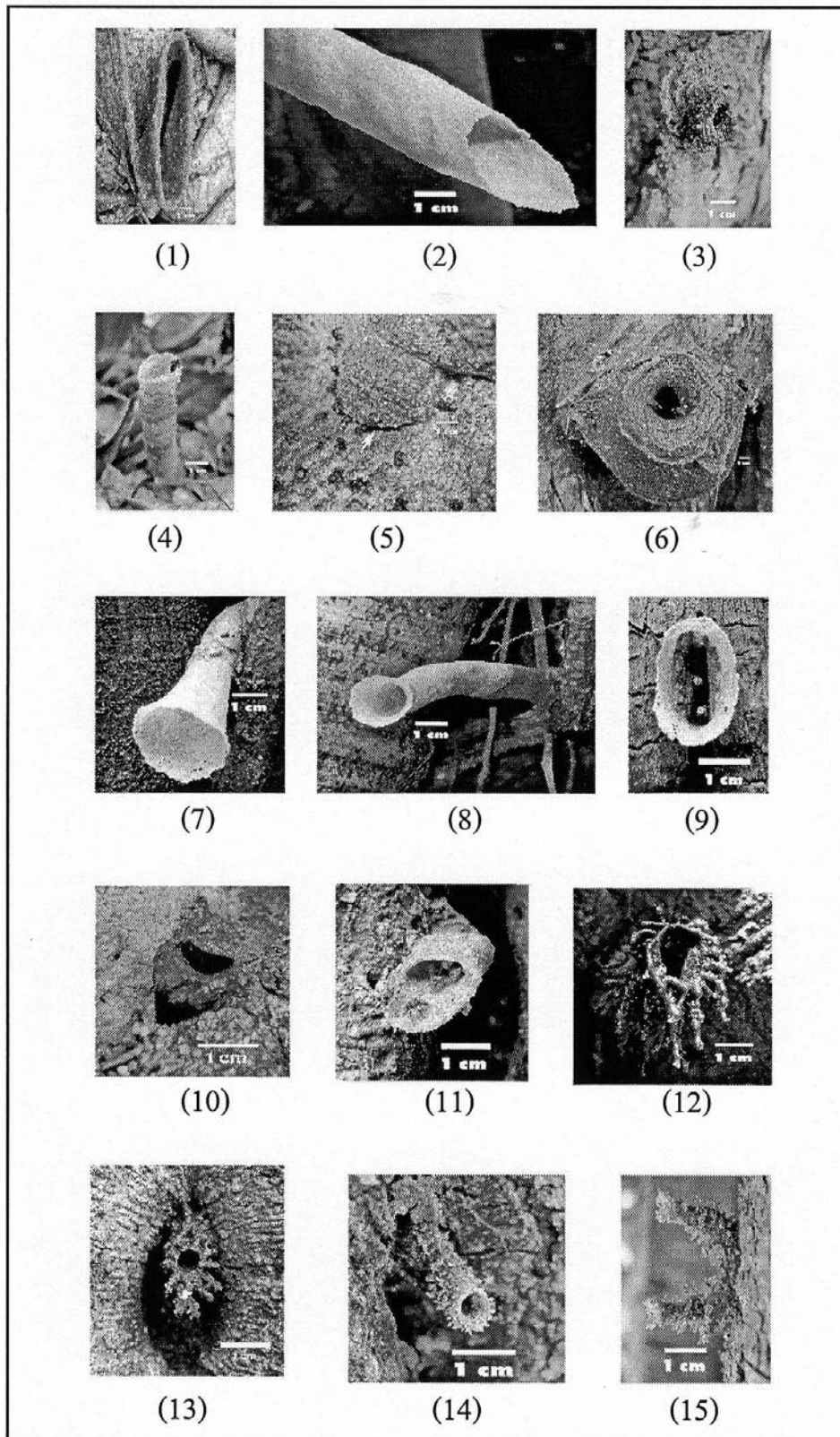
ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) รหัสโครงการ BRT T_147015

เอกสารอ้างอิง

- Assegid, G., E. Schmolz, B. Shricke and I. Lamprecht. 2002. Microcalorimetric toxicity investigation of propolis on *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Thermochimica Acta* 394: 239-245.
- Felix, M. 1982. Propolis The Eternal Nature Healer.
- Sawaya, A.C., A.M. Palma, F.M. Caetano, M.C. Marcucci, I.B.C. da Silva, C.E. Araujo and M.T. Shimizu. 2002. Comparative study of in vitro methods used to analyse the activity of propolis extracts with different compositions against species of *Candida*. *Lett Appl Microbiol.* 35(3): 203-207.
- Schwarz, H.F. 1939. The Indo-Malayan Species of *Trigona*. Bulletin of the American Museum of Natural History Vol. LXXVI, Art. III, pp. 83-141, New York.
- Wille, A. 1979. Phylogeny and relationships among the genera and subgenera of the stingless bees (Meliponinae) of the world. *Rev. Biol. Trop.* 27(2): 241-277.



ภาพผนวกที่ 1. แสดงลักษณะปีกและลำตัวของชันโรง 16 ชนิด ได้แก่ (1) *Trigona apicalis* Smith (2) *T. melanoleuca* Cockerell (3) *T. peninsularis* Cockerell (4) *T. collina* Smith (5) *T. canifrons* Smith (6) *T. thoracica* Smith (7) *T. terminata* Smith (8) *T. ventralis* Smith (9) *T. flavibasis* Cockerell (10) *T. iridipennis* variety 1 (11) *T. iridipennis* variety 2 (12) *T. iridipennis* variety 3 (13) *T. iridipennis* variety 4 (14) *Hypotrigona scintillans* (15) *H. pendleburyi* variety 1 (16) *H. klossi*



ภาพผนวกที่ 2. แสดงลักษณะปากทางเข้ารังของชันโรง 15 ชนิด ได้แก่ (1) *Trigona apicalis* (2) *T. melanoleuca* (3) *T. peninsularis* (4) *T. collina* (5) *T. canifrons* (6) *T. thoracica* (7) *T. terminata* (8) *T. ventralis* (9) *T. flavibasis* (10) *T. iridipennis* variety 1 (11) *T. iridipennis* variety 2 (12) *T. iridipennis* variety 3 (13) *Hypotrigona scintillans* (14) *H. pendleburyi* variety 1 (15) *H. klossi*

ตารางผนวกที่ 1. แสดงลักษณะรังของชันโรงชนิดต่างๆ ในป่าอนุรักษ์ 72 พรรษามหาราช อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ป่า	ชนิดพืช	รังที่	ชนิดชันโรง	พิกัด		ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m)	ทิศปากทางเข้ารัง	ความสูงจากพื้น(m)	ความยาวท่อน้ำจากปากทางเข้า(cm)	หน้าตัดปากทาง(cm)	
				ละติจูด(°N)	ลองจิจูด(°E)					กว้าง	ยาว
ป่าผสมผลัดใบในะดับต่ำ (โป่งพุร้อน)	ไทรย้อยใบแหลม โอบต๊ะคร้า	1	<i>T. apicalis</i> Smith	1619727	448802	196	W	1.90	7.0	2.0	12.0
		2	<i>T. melanoleuca</i> Cockerell	1619727	448802	196	W	6.00	25.0	1.5	3.0
		3	<i>T. iridipennis</i> variety 1	1619727	448802	196	220°	4.30	0.8	4.0	1.0
		4	<i>T. collina</i> Smith	1619727	448802	196	W	1.50	10.0	0.8	0.9
		5	<i>H. scintillans</i> Cockerell	1619727	448802	196	S	5.00	0	0.4	0.5
		6	<i>Trigona</i> spp.	1619727	448802	196	200°	5.00	-	-	-
		7	<i>T. terminata</i> Smith	1619727	448802	196	130°	7.00	-	-	-
	โพธิ์	8	<i>T. terminata</i> Smith	1619676	448856	198	340°	1.3	15.0	1.9	2.0
	เสลา	9	<i>T. thoracica</i> Smith	1619594	448758	200	40°	0.3	19.0	11.0	12.0
	ไทร (Ficus sp.2) โอบเสลา ต้นที่ 1	10	<i>T. iridipennis</i> variety 2	1619508	448802	195	W	1.1	3.0	1.1	1.9
		11	<i>T. collina</i> Smith	1619508	448802	195	W	1.0	3.0	1.8	2.0
		12	<i>T. collina</i> Smith	1619508	448802	195	220°	1.6	6.0	1.1	1.1
		13	<i>T. collina</i> Smith	1619508	448802	195	140°	1.0	15.0	0.8	2.0
		14	<i>T. iridipennis</i> variety 3	1619508	448802	195	140°	3.0	0	1.5	1.8
		15	<i>T. apicalis</i> Smith	1619508	448802	195	150°	3.0	8.0	2.5	14.0
	ไทร (Ficus sp.2) โอบเสลา ต้นที่ 2	16	<i>T. collina</i> Smith	1619513	448758	182	E	1.0	8.0	0.9	1.0
		17	<i>T. collina</i> Smith	1619513	448758	182	200°	1.0	20.0	1.1	1.1
		18	<i>T. collina</i> Smith	1619513	448758	182	W	1.5	12.0	1.0	1.2
		19	<i>T. collina</i> Smith	1619513	448758	182	240°	1.0	15.0	0.8	1.0
		20	<i>T. iridipennis</i> variety 2	1619513	448758	182	W	0.1	8.0	1.5	2.0
		21	<i>T. terminata</i> Smith	1619513	448758	182	220°	8.0	-	-	-
		22	<i>T. collina</i> Smith	1619513	448758	182	230°	1.5	10.0	0.8	0.9
		23	<i>T. ventralis</i> Smith	1619513	448758	182	240°	12.0	-	-	-
	กระเบา	24	<i>T. melanoleuca</i> Cockerell	1619369	448699	167	330°	0.5	23.0	3.3	4.5
	ไทร (Ficus sp.2) โอบต๊ะคร้อ	25	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	20°	2.1	15.0	0.8	0.9
		26	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	S	0.25	5.0	1.1	1.1
		27	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	W	0	8.0	1.2	1.1
		28	<i>T. iridipennis</i> variety 2	1619314	448701	191	N	2.0	3.0	1.6	1.3
		29	<i>T. ventralis</i> Smith	1619314	448701	191	W	2.9	15.0	2.0	2.1
		30	<i>T. canifrons</i> Smith	1619314	448701	191	W	4.8	4.5	0.5	5.0
		31	<i>T. apicalis</i> Smith	1619314	448701	191	N	6.7	8.0	3.0	16.0
		32	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	W	1.5	12.0	0.8	0.9
		33	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	W	2.0	5.0	1.0	1.1
		34	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	N	1.0	10.5	1.1	1.1
		35	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	N	0	8.0	0.9	1.0
		36	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	120°	0.5	13.0	0.9	0.9
		37	<i>T. terminata</i> Smith	1619314	448701	191	W	7.0	-	-	-
		38	<i>T. ventralis</i> Smith	1619314	448701	191	E	8.0	-	-	-
		39	<i>T. terminata</i> Smith	1619314	448701	191	S	8.3	-	-	-
		40	<i>T. terminata</i> Smith	1619314	448701	191	S	7.5	-	-	-
		41	<i>T. collina</i> Smith	1619314	448701	191	N	0.8	5.0	1.1	1.1
		42	<i>H. klossi</i>	1619314	448701	191	S	2.3	1.8	0.5	0.6
	ไทร (Ficus sp.2) โอบเสลา ต้นที่ 3	43	<i>T. apicalis</i> Smith	1619915	448844	191	E	6.0	-	-	-
		44	<i>T. melanoleuca</i> Cockerell	1619915	448844	191	E	7.0	-	-	-

ตารางผนวกที่ 1. (ต่อ)

ป่า	ชนิดพืช	รังที่	ชนิดชั้นโรง	พิกัด		ความสูงจากระดับน้ำทะเล (m)	ทิศปากทางเข้ารัง	ความสูงจากพื้น(m)	ความยาวท่อปากทางเข้า(cm)	หน้าตัดปากทาง(cm)	
ป่าผสมผลัดใบในระดับสูงแล้ง	ไทร (<i>Ficu spp.</i>)	45	<i>T. collina</i> Smith	1625751	443127	549	S	0.72	12.5	1.4	1.4
		46	<i>T. collina</i> Smith	1625751	443127	549	N	1.25	11.5	1.4	1.4
		47	<i>T. collina</i> Smith	1625751	443127	549	320°	1.9	10.0	1.1	1.2
		48	<i>T. apicalis</i> Smith	1625751	443127	549	300°	4.8	8.0	2.5	10.0
		49	<i>T. ventralis</i> Smith	1625751	443127	549	220°	2.2	13.0	2.4	2.5
		50	<i>T. terminata</i> Smith	1625751	443127	549	S	0.8	30.0	2.6	3.4
		51	<i>T. collina</i> Smith	1625751	443127	549	S	1.3	26.0	1.0	1.2
		52	<i>T. terminata</i> Smith	1625751	443127	549	E	0.8	11.0	2.5	2.8
		53	<i>T. terminata</i> Smith	1625751	443127	549	330°	1.7	22.0	2.0	2.3
		54	<i>T. terminata</i> Smith	1625751	443127	549	N	0.2	21.0	2.4	3.0
		55	<i>T. ventralis</i> Smith	1625751	443127	549	300°	4.8	10.0	2.2	2.3
		56	<i>T. ventralis</i> Smith	1625751	443127	549	N	15	-	-	-
		57	<i>T. ventralis</i> Smith	1625751	443127	549	W	16	-	-	-
		58	<i>T. ventralis</i> Smith	1625751	443127	549	W	17	-	-	-
		59	<i>T. ventralis</i> Smith	1625751	443127	549	200°	16	-	-	-
		60	<i>T. iridipennis</i> variety 2	1625751	443127	549	S	5.7	10.0	2.0	1.5
		61	<i>T. collina</i> Smith	1625751	443127	549	140°	4.5	24.0	1.0	1.0
		62	<i>H. pendleburyi</i>	1625751	443127	549	S	2.0	2.0	0.6	0.7
	ต้นไม้ตาย	63	<i>T. flavibasis</i> Cockerell	1625727	443107	536	160°	1.5	1.0	1.5	2.5
		64	<i>T. iridipennis</i> variety 4	1625727	443107	536	40°	4.0	-	-	-
ยางปาย		65	<i>T. iridipennis</i> variety 2	1625651	443042	515	140°	0.6	1.0	1.4	2.0
ป่าเต็งรัง ก่อหน้า Celastraceae	เต็ง	66	<i>T. apicalis</i> Smith	1624948	445663	449	N	2.24	13.0	1.2	10.0
		67	<i>H. klossi</i>	1624948	445663	449	W	2.0	2.0	1.0	1.0
		68	<i>H. klossi</i>	1624948	445663	449	W	1.7	1.5	1.1	1.2
DDF	ดิน	69	<i>Trigona</i> spp.	1624948	445663	449	E	0	1.0	1.2	1.2
ป่าดิบแล้ง	เสลา	70	<i>T. apicalis</i> Smith	1608250	452358	362	S	1.7	4.5	2.0	10.3
		71	<i>T. apicalis</i> Smith	1608132	452075	414	W	2.0	10.0	3.0	25.0
MDF	ไทร	72	<i>T. peninsularis</i> Cockerell	-	-	-	N	0	10.0	0.5	0.8

หมายเหตุ N=0°, E=90°, S=180° และ W=360°

ตารางผนวกที่ 2. แสดงรายชื่อพรรณไม้ให้ยาง ในป่า 4 ประเภท

ลำดับ	ชื่อวงศ์	ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	สียางไม้	ระยะดอก	ระยะผล
1	Anacardiaceae	กุ่ม ²	<i>Lanea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.	เป็นชั้นสีน้ำตาล หรือดำ มีกลิ่นหอมคล้ายน้ำมันสน	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.-พ.ค.
2	Anacardiaceae	มะม่วงกิลิน ⁴	<i>Mangifera cochinchinensis</i> Engl.	เป็นชั้นสีน้ำตาล หรือดำ มีกลิ่นหอมคล้ายน้ำมันสน	ม.ค.-ก.พ.	เม.ย.-พ.ค.
3	Annonaceae	สะแกแสง ¹	<i>Cananga latifolia</i> (Hook.f. & Thomson) Finet & Gagnep.	สีแดง หรือชมพู	พ.ค.-มิ.ย.	ก.ย.-ต.ค.
4	Annonaceae	ขางหัวหมู ¹	<i>Milusa velutina</i> (Dunal) Hook.f. & Thomson	สีแดง หรือชมพู	เม.ย.	พ.ค.-ก.ค.
5	Apocynaceae	มูกเขา ⁴	<i>Hunteria zeylanica</i> (Retz.) Gardner ex Thwaites	สีขาว	-	-
6	Apocynaceae	โมกมัน ¹	<i>Wrightia arborea</i> (Dennst.) Mabb.	สีขาว	พ.ค.-มิ.ย.	ส.ค.-พ.ย.
7	Burseraceae	ตะคร้ำ ¹	<i>Garuga pinnata</i> Roxb.	เป็นชั้นใส หรือเหลือง ไม่แห้ง แข็ง และมีกลิ่นหอมหวาน	ก.พ.-เม.ย.	เม.ย.-ส.ค.
8	Dipterocarpaceae	กระบาก ²	<i>Anisoptera costata</i> Korth.	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	-	-
9	Dipterocarpaceae	ยางขน ⁴	<i>Dipterocarpus baudii</i> Korth.	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	-	-

ตารางผนวกที่ 2. (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อวงศ์	ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	สียางไม้	ระยะดอก	ระยะผล
10	Dipterocarpaceae	เหียง ³	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	พ.ย.-ก.พ.	ก.พ.-เม.ย.
11	Dipterocarpaceae	ยางแดง ⁴	<i>Dipterocarpus turbinatus</i> C.F. Gaerth.	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.
12	Dipterocarpaceae	สกุลยาง ³	<i>Dipterocarpus</i> spp.	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	-	-
13	Dipterocarpaceae	ไขเขี้ยว ⁴	<i>Parashorea stellata</i> Kurz	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	-	-
14	Dipterocarpaceae	เต็ง ³	<i>Shorea obtusa</i> Wall. ex Blume	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.
15	Dipterocarpaceae	พะยอม ³	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.
16	Dipterocarpaceae	สกุลพะยอม ³	<i>Shorea</i> spp.	เป็นชั้นใส และมีกลิ่นหอม	-	-
17	Ebenaceae	จันทน์ ⁴	<i>Diospyros dasyphylla</i> Kurz	สีน้ำตาล หรือดำ	เม.ย.-พ.ค.	ต.ค.-ธ.ค.
18	Ebenaceae	ต้นเต้าตัน ¹	<i>Diospyros ehereioides</i> Wall. ex G. Don	สีน้ำตาล หรือดำ	มี.ค.-เม.ย.	ส.ค.-ธ.ค.
19	Ebenaceae	สกุลต้นเต้าตัน ¹	<i>Diospyros</i> spp.	สีน้ำตาล หรือดำ	-	-
20	Euphorbiaceae	เมาสร้อย ¹	<i>Antidesma acidum</i> Retz.	สีแดงออกชมพู	เม.ย.-ก.ค.	มิ.ย.-ต.ค.
21	Euphorbiaceae	เมาไขปลำ ¹	<i>Antideama ghaesembilla</i> Gaertn.	สีแดงออกชมพู	เม.ย.-ก.ค.	ต.ค.-ธ.ค.
22	Euphorbiaceae	น้ำผึ้งขาว ²	<i>Aporosa octandra</i> var. <i>yunnanensis</i> (Pax & K.Hoffm.) Schott	สีแดงออกชมพู	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.-พ.ค.
23	Euphorbiaceae	สกุลเหมือด ³	<i>Aporosa</i> spp.	สีแดงออกชมพู	-	-
24	Euphorbiaceae	เต็งหนาม ⁴	<i>Bridelia retusa</i> (L.) A. Juss	สีแดงออกชมพู	ก.ค.-ก.ย.	ต.ค.-พ.ย.
25	Euphorbiaceae	เปล้าใหญ่ ^{1,2}	<i>Croton roxburghii</i> N.P. Balakr.	สีแดงออกชมพู	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.-เม.ย.
26	Euphorbiaceae	ชันทองพญาบาท ³	<i>Suregada multiflorum</i> (A. Juss.) Baill.	สีแดงออกชมพู	มี.ค.-เม.ย.	พ.ค.-ก.ค.
27	Hypericaceae	ตัวเกลี้ยง ^{1,2}	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	สีส้ม หรือน้ำตาล	ธ.ค.-ม.ค.	เม.ย.-พ.ค.
28	Lauraceae	สกุลจันทน์แดง ⁴	<i>Beilschmiedia</i> spp.	เป็นชั้น และมีกลิ่นหอม	-	-
29	Lauraceae	อบเชย ⁴	<i>Cinnamomum iners</i> Reinw. ex Blume	เป็นชั้น และมีกลิ่นหอม	ม.ค.-ก.พ.	เม.ย.-พ.ค.
30	Lauraceae	สกุลหมากขี้ยาย ⁴	<i>Cryptocarya</i> spp.	เป็นชั้น และมีกลิ่นหอม	-	-
31	Meliaceae	ชมพูเสื้ด ⁴	<i>Aglaia rubiginosa</i> (Hiern) Pannell	เป็นชั้นใส หรือเหลือง ไม่แห้ง	ก.ค.-ส.ค.	-
32	Meliaceae	สกุลประยงค์ป่า ⁴	<i>Aglaia</i> sp.1	เป็นชั้นใส หรือเหลือง ไม่แห้ง	-	-
33	Meliaceae	สกุลประยงค์ป่า ⁴	<i>Aglaia</i> sp.2	เป็นชั้นใส หรือเหลือง ไม่แห้ง	-	-
34	Meliaceae	ดาเลื่อ ⁴	<i>Chisocheton siamensis</i> Craib	เป็นชั้นใส หรือเหลือง ไม่แห้ง	มิ.ย.-ส.ค.	ม.ค.-เม.ย.
35	Moraceae	ไทรย้อยใบแหลม ¹	<i>Ficus benjamina</i> L.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	-	ตลอดปี
36	Moraceae	มะเดื่อทอง ⁴	<i>Ficus vasculosa</i> Wall. ex Miq.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	-	ตลอดปี
37	Moraceae	สกุลไทร ^{1,2}	<i>Ficus</i> spp.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	-	ตลอดปี
38	Myrsinaceae	สกุลมะพร้าวฉก ⁴	<i>Horsfieldia</i> spp.	สีแดง หรือแดงออกชมพู	-	-
39	Myrsinaceae	เลือดกวา ⁴	<i>Knema linifolia</i> (Roxb.) Warb.	สีแดง หรือแดงออกชมพู	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-ส.ค.
40	Papilionoideae	ฉนวน ¹	<i>Dalbergia nigrescens</i> Kurz	สีแดง	ก.พ.-มี.ค.	มี.ค.-ก.ค.
41	Papilionoideae	สกุลเกิดดำ ชิงชัน ²	<i>Dalbergia</i> spp.	สีแดง	-	-
42	Papilionoideae	ทองหลางป่า ¹	<i>Erythrina subumbrans</i> (Hassk.) Merr.	สีแดง	ก.พ.-เม.ย.	มี.ค.-พ.ค.
43	Papilionoideae	กระพี้จีน ^{2,3}	<i>Millettia brandisiana</i> Kurz	สีแดง	ธ.ค.-มี.ค.	ก.ย.-ธ.ค.
44	Papilionoideae	กระเจาะ ^{1,2}	<i>Millettia leucantha</i> Kurz	สีแดง	พ.ย.-ก.พ.	ส.ค.-ต.ค.
45	Papilionoideae	แซะ ⁴	<i>Millettia atropurpurea</i> Wall.	สีแดง	-	-
46	Papilionoideae	สกุลกระเจาะ ⁴	<i>Millettia</i> sp.1	สีแดง	-	-
47	Papilionoideae	สกุลกระเจาะ ⁴	<i>Millettia</i> sp.2	สีแดง	-	-
48	Papilionoideae	ประดู่ ^{2,3}	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	สีแดง	มี.ค.-เม.ย.	ก.ย.-พ.ย.
49	Rubiaceae	หนามมะเค็ด ¹	<i>Canthium parvifolium</i> Roxb.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	ก.ค.-ส.ค.	พ.ย.-มี.ค.
50	Rubiaceae	กระเบียน ⁴	<i>Cerisoides turgida</i> (Roxb.) Tirveng	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	เม.-ย.-มิ.ย.	ก.ค.-ต.ค.
51	Rubiaceae	คำมอกหลวง ³	<i>Gardenia sootepensis</i> Hutch.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	เม.-ย.-มิ.ย.	ก.ค.-ต.ค.
52	Rubiaceae	ส้มกบ ¹	<i>Hymenodictyon orixense</i> (Roxb.) Mabb.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	-	-
53	Rubiaceae	กระพุ่มนา ¹	<i>Mitragyna diversifolia</i> N.P. Balakr.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	ก.ย.-พ.ย.	พ.ย.-ม.ค.
54	Rubiaceae	กะปะ ²	<i>Psydrax nitida</i> (Craib) K.M. Wong	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	-	-
55	Rubiaceae	สกุลแข้งกวา ³	<i>Wendlandia</i> spp.	สีขาว ครีมน หรือเหลืองอ่อน	ก.พ.-เม.ย.	ก.ค.-พ.ย.
56	Sapindaceae	ตะคร้อ ¹	<i>Schleichera oleosa</i> (Lour.) Oken	สีแดง	มี.ค.-เม.ย.	ก.ค.-พ.ย.
57	Sapindaceae	คอแลน ⁴	<i>Xerospermum noronhianum</i> (Blume) Blume	สีแดง	-	-
58	Sapotaceae	วงศ์ละมุด ⁴	<i>Palaquium</i> spp.	สีขาว หรือครีม	-	-
59	Sapotaceae	สกุลพิทุล ⁴	<i>Payena</i> spp.	สีขาว หรือครีม	-	-

หมายเหตุ ชื่อไทยตามด้วยหมายเลข 1 คือ ป่าผสมผลัดใบในระดับต่ำ, 2 คือ ป่าผสมผลัดใบในระดับสูงแล้ง, 3 คือ ป่าเต็งรัง และ 4 คือ ป่าดิบแล้ง

ตารางผนวกที่ 3. แสดงขนาดโคโลนี (cm) ของเชื้อ *Cladosporium cladosporioides* และ *Sclerotium rolfsii* ที่ถูกยับยั้งโดยพอร์พอลิสที่สกัดจากชิ้นส่วน ในแต่ละโครงสร้างรังชั้นโรงชนิด *T. apicalis* ความเข้มข้น 25% (w/v)

treatment	ขนาดโคโลนี (cm)	
	<i>C. cladosporioides</i>	<i>S. rolfsii</i>
control	9.0 ^a	7.0 ^b
น้ำกลั่น	9.0 ^a	9.0 ^a
เอทานอล 25%	9.0 ^a	2.2 ^c
ปากทางเข้ารัง	0 ^b	0 ^d
batumen plate	0 ^b	0 ^d
lamine involucrum	0 ^b	0 ^d
ผนังรัง	0 ^b	0 ^d

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p=0.05)

ความหลากหลายและการแพร่กระจายของไร่น้ำนางฟ้าใน ต.ห้วยเขย่ง

อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี

นุกูล แสงพันธุ์ และ ราเมศ ชูสิงห์

คณะวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี 72180

Abstract: Species Diversity and Distribution of Fairy Shrimps in Huay Khayeng, Thong Pha Phum, Kanchanaburi Province**Nukul Saengphan and Ramet Chusing**

Department of Fisheries, Suphanburi College of Agriculture and Technology, Danchang, Suphanburi 72180

The species diversity and distribution of fairy shrimps in Huay Khayeng, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province was studied from March to May 2006. Two replications of 2-4 kilograms of soil samples in dry temporary pools were collected in studied area and then incubated and reared in the laboratory of Suphanburi college of Agriculture and Technology. A kilogram of soil sample was immersed in 20 litres of water in plastic containers. Hatched fairy shrimps were recorded and removed to a new container at 24 hours intervals for 5 days. Fairy shrimps were reared until reaching the maturity stage before preserving and identifying respectively. Incubations were repeated for 2 more times by draining used water and drying the soil samples for 3 days before the next immersion.

Twenty six localities of soil samples in temporary pools were found with several habitats, i.e. roadside pools, natural drainage ditches, lower area in rice field, natural pools, shallow and deep ponds. Fairy shrimps were found only two localities of the first immersion. However, their number had increased on the second and third immersions. Of the 3 immersions, fairy shrimps were found in the total of 19 localities (73.08% of the sampled localities) of every pool characteristic. Two species of fairy shrimps were identified; *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002 and *Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers and Dumont, 2000. They were found both 1 and 2 species in a temporary pool. This study indicated that *B. thailandensis* and *S. sirindhornae* are able to inhabit upper hill as high as 162-286 metres above sea level.

Key words: Huay Khayeng, fairy shrimp, diversity, distribution, temporary pools, soil samples

บทนำ

ไร่น้ำนางฟ้า (Fairy shrimp) เป็นสัตว์น้ำจืดจำพวกครัสเตเชีย (Crustacean) จัดอยู่ใน Class Branchiopoda, Order Anostraca พบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดชั่วคราว มีวงจรชีวิตที่มีลักษณะเฉพาะ สามารถปรับตัวอยู่ในแหล่งน้ำตื้นและมีน้ำขังในช่วงเวลาสั้นๆ ก่อนที่น้ำในแหล่งน้ำแห้ง ไร่น้ำนางฟ้าจะผลิตไข่ที่มีเปลือกหนา (cysts) สามารถฟักตัวอยู่ในดินโคลนกันบ่อทั้งขณะที่มีน้ำขังและแห้ง และจะฟักเป็นตัวเมื่อมีน้ำท่วมขังในฤดูกาลต่อไป (ละอองศรี, 2541; Dexter, 1959; Pennak, 1978)

ไร่น้ำนางฟ้าเป็นสัตว์ใน order เดียวกับอาร์ทีเมีย หรือไรน้ำเค็ม (*Artemia* spp.) ซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าไข่อาร์ทีเมียจากต่างประเทศปีละ 250-600 ตัน (Tunsutapanich, 1982) คิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่า 500 ล้านบาท เนื่องจากประเทศไทยไม่สามารถผลิตไข่ได้เองภายในประเทศเพราะอาร์ทีเมียเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบน้ำเค็ม เพื่อนำมาเป็นอาหารของลูกกุ้งหรือลูกปลา และใช้อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยเป็นอาหารของปลาสวยงามและสัตว์น้ำที่มีความสำคัญอีกจำนวนมากทั้งที่ใช้เป็นอาหารเพราะความเหมาะสมของอาร์ทีเมียเองและใช้แทนอาหารมีชีวิตอื่นๆ เนื่องจากไข่อาร์ทีเมียมีจำหน่ายในสภาพไข่แห้งมีความสะดวกในการใช้และสามารถนำมาเพาะและใช้ประโยชน์ได้ตลอดเวลา ขณะ

ที่ไร่นางฟ้าไทยเป็นสัตว์น้ำจืดมีขนาดใหญ่กว่าอาร์ทีเมียถึง 2-3 เท่า โดยมีขนาดโตเต็มวัยยาวถึงกว่า 3 เซนติเมตร (ละอศรี และคณะ, 2543) ปัจจุบันไร่นางฟ้าไทยสามารถเพาะเลี้ยงได้เช่นเดียวกับอาร์ทีเมีย มีระดับโปรตีนร้อยละ 64.94 เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนในอาร์ทีเมียซึ่งมีอยู่ร้อยละ 56.4 นอกจากนี้ยังพบว่าไข่ไร่นางฟ้าไทยมีอัตราการฟักสูงคือมากกว่าร้อยละ 75 และยังสามารถเก็บไว้ในสภาพที่แห้งได้นานกว่า 2 ปี เมื่อต้องการใช้ไร่นางฟ้าเป็นอาหารปลาก็สามารถนำมาฟักให้เกิดตัวอ่อนและเลี้ยงให้ได้ขนาดตามที่ต้องการทันที (นุกูล และละอศรี, 2547; Saengphan, 2005; Saengphan et al., 2005)

ไร่นางฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เช่น เป็นอาหารของสัตว์น้ำจืด ใช้เลี้ยงเป็นสัตว์สวยงามในอ่างหรือตู้เลี้ยงปลา ใช้เป็นสัตว์ทดลองในการศึกษาด้านพิษวิทยา (Toxicology) ใช้บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และโรงงานแปรรูปสินค้าเกษตร (Dumont and Munuswamy, 1997) และเป็นอาหารของคน (นุกูล และ ละอศรี, 2547) การศึกษาการใช้ไร่นางฟ้าเป็นอาหารสัตว์น้ำพบว่าสัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับที่เลี้ยงด้วยอาหารที่นิยมใช้อู่ในปัจจุบัน (Velu and Munuswamy, 2003; Velu, 2001; Pasarth et al., 1994; Meade and Bulkousic – Cummings, 1987)

ไร่นางฟ้าที่สำรวจพบแล้วทั่วโลกมีจำนวน 23 สกุล 273 สปีชีส์ (Belk and Brtek, 1995, 1997) ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในเขตอบอุ่นได้แก่ อเมริกาเหนือ ยุโรป แอฟริกา ออสเตรเลีย และเอเชีย ส่วนการศึกษาไร่นางฟ้าในประเทศไทยพบไร่นางฟ้า 3 ชนิด (Sanoamuang et al., 2000; Sanoamuang et al., 2002; Sanoamuang and Saengphan, 2006) ได้แก่ ไร่นางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers & Dumont, 2000) ไร่นางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan & Murugan, 2002) และ ไร่นางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis* Sanoamuang & Saengphan, 2006) ซึ่งทุกชนิดจะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำชั่วคราว เช่น คูข้างถนน แอ่งตามทุ่งนา บ่อน้ำขนาดเล็กที่มีน้ำขังในช่วงฤดูฝนและน้ำแห้งในช่วงฤดูแล้งโดยเฉพาะพื้นที่ในเขตแห้งแล้ง (ละอศรี และคณะ, 2543) โดยพบอาศัยอยู่ในหลายจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและบางส่วนของภาคกลาง (ละอศรี และคณะ, 2543) ถึงแม้จะมีการสำรวจพบไร่นางฟ้าแพร่กระจายอยู่เกือบทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย แต่ก็พบไร่นางฟ้าเพียง 1-2 ชนิดเท่านั้น ยกเว้นในเขตจังหวัดกาญจนบุรี และสุพรรณบุรี ที่สำรวจพบถึง 3 ชนิด อย่างไรก็ตามการสำรวจไร่นางฟ้าโดยทั่วไปจะดำเนินการเฉพาะในเขตพื้นที่ราบ ยังไม่มีรายงานการศึกษาไร่นางฟ้าในเขตพื้นที่สูงที่เป็นบริเวณเทือกเขา จึงน่าที่จะทำการศึกษการแพร่กระจายของไร่นางฟ้าในเขตพื้นที่สูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ในเขตตำบลห้วยเขย่ง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ติดต่อกับแหล่งที่เคยสำรวจพบไร่นางฟ้าทั้ง 3 ชนิด

การสำรวจไร่นางฟ้าปกติจะทำในช่วงฤดูฝน โดยใช้สวิงหรือถุงลากพลาสติกต้อนเพื่อเก็บรวบรวมตัวอย่างไร่นางฟ้าในแหล่งน้ำท่วมขังซึ่งจะต้องทำในช่วงเวลาที่เหมาะสมจึงจะสามารถเก็บตัวอย่างไร่นางฟ้าได้ครบทุกชนิด ซึ่งในทางปฏิบัติทำได้ยากเพราะไร่นางฟ้าแต่ละชนิดมีการพัฒนาการที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการพบไร่นางฟ้าในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ปริมาณและการกระจายตัวของฝน และสภาพทางภูมิศาสตร์ของแหล่งน้ำ เป็นต้น การเก็บไข่ไร่นางฟ้าจากบริเวณพื้นแหล่งน้ำที่แห้งและนำไปเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ จะช่วยให้เก็บรวบรวมตัวอย่างไร่นางฟ้าในแหล่งน้ำได้ครบถ้วนยิ่งขึ้น

การศึกษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจชนิดและการแพร่กระจายของไร่นางฟ้าในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตตำบลห้วยเขย่ง

วิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ตำบลห้วยเขย่งตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของประเทศไทย ในเขตอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ของอำเภอทองผาภูมิตั้งอยู่ที่เส้นรุ้งที่ 14° 30' ถึง 15° 15' เหนือ เส้นแวงที่ 98° 00' ถึง 98° 15' ตะวันออก ลักษณะ

ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน แนวเขาวางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 100-1,200 เมตร พื้นที่ในตำบลห้วยเขย่งเป็นส่วนหนึ่งของผืนป่าทองผาภูมิตะวันตก และเป็นบริเวณพื้นที่ที่มabarรบกกันของป่าฝนกึ่งดิบ ป่าฝน และป่าผลัดใบ มีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1,000 ถึง 4,000 กว่ามิลลิเมตร อุณหภูมิอากาศที่ตรวจวัดที่สถานีตรวจอากาศ อำเภอทองผาภูมิ มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34.89 °C (26.2-41.2 °C) อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 18.41 °C (9.4-23.3 °C) พื้นที่ตำบลห้วยเขย่งตั้งอยู่ในบริเวณนิคมห้วยเขย่งซึ่งเกิดจากการอพยพประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณน้ำท่วมหลังจากการสร้างเขื่อนเขาแหลม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 (บุญสุเรียร และคณะ, 2546)

2. การเก็บตัวอย่างดิน

2.1 เก็บตัวอย่างดินในแหล่งน้ำแห้ง โดยเก็บให้กระจายทั่วพื้นที่อย่างน้อย 5 จุด โดยเก็บจำนวน 2 ซ้ำ (ตัวอย่าง) ต่อแหล่งน้ำ (น้ำหนักไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม ต่อซ้ำ) ประมาณ 5 แหล่งน้ำต่อหมู่บ้าน

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน ใช้พลั่วตักผิวดินลึกประมาณ 1-2 เซนติเมตร ในกรณีที่ดินแข็งจะใช้เสียมขุดหน้าดินแล้วจึงใช้พลั่วตัก

2.3 นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ไปพักไว้ในห้องปฏิบัติการ ณ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี โดยใช้กะละมังพลาสติกกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 50 เซนติเมตร เติมน้ำ 20-30 ลิตร วางกะละมังไว้บนชั้น (ซ้อนกัน 3 ชั้น) ที่มีมุ้งในลอนคลุมเพื่อป้องกันยุงและริ้นน้ำจืดเข้ามาวางไข่ ซึ่งอยู่ในอาคารโล่งที่มีอากาศถ่ายเท หรือนำไปวางไว้กลางแจ้งในกรณีที่แสงสว่างตามธรรมชาติไม่เพียงพอ

2.4 สังเกตการฟักทุกๆ 24 ชั่วโมง เมื่อพบไร่น้ำนางฟ้าวัยอ่อนชอนแยกไปเลี้ยง เมื่อครบ 5 วัน ดูน้ำออกจากกะละมัง ตากแดดไว้ 3 วันและเติมน้ำใหม่เพื่อกระตุ้นการฟักครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับที่ฟักครั้งที่ 1

2.5 ไร่น้ำนางฟ้าวัยอ่อนที่แยกออกจากกะละมังฟักไข่ นำไปเลี้ยงโดยให้สาหร่ายคลอเรลลาเป็นอาหาร เปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันๆ ละ 20% จนสังเกตพบไร่น้ำนางฟ้าเพศเมียประมาณ 50% มีไข่อยู่ในถุงไข่ จึงเก็บตัวอย่างไร่น้ำนางฟ้า 3-5 คู่ นำไปแช่ในน้ำยาฟอมาลิน 5%

2.6 เก็บตัวอย่างดินจากเขตอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ราบและเป็นพื้นที่ที่เคยสำรวจพบไร่น้ำนางฟ้าในปี 2542-2543 (ลออศรี และคณะ, 2543) และสุ่มเลือกมาฟักจำนวน 3 แหล่ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบการฟักของไร่น้ำนางฟ้าในพื้นที่ห้วยเขย่ง

3. การจำแนกชนิดไร่น้ำนางฟ้าในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างไร่น้ำนางฟ้าที่เก็บรักษาไว้ในฟอมาลินมาจำแนกชนิด โดยตรวจสอบสัณฐานวิทยาของไร่น้ำนางฟ้าด้วยกล้องสเตอริโอ และกล้องจุลทรรศน์ และบันทึกภาพไร่น้ำนางฟ้าที่พบจากการศึกษาครั้งนี้

ผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของไร่น้ำนางฟ้าในตำบลห้วยเขย่ง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยการสำรวจแหล่งและเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษาเพื่อนำมาฟักและเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี สำรวจพบแหล่งที่เก็บตัวอย่างดินจำนวน 26 แหล่ง ประกอบด้วยแหล่งน้ำชั่วคราวที่เป็นแอ่งข้างถนน คูระบายน้ำธรรมชาติ แอ่งดินในแปลงนา แอ่งรับน้ำ บ่อตื้น และบ่อลึกซึ่งใช้ในการเก็บกักน้ำ ดินที่เก็บตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในสภาพแห้ง มีตัวอย่างดินที่ยังไม่แห้ง 4 ตัวอย่าง และดินเปียกน้ำ 1 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างดินแหล่งละ 2 ตัวอย่าง (replications) ตัวอย่างละ 2-4 กิโลกรัม

เมื่อนำตัวอย่างดินมาฟักเพื่อสำรวจชนิดไร่น้ำนางฟ้าโดยการเติมน้ำ และปล่อยไว้ 5 วัน สำรวจไร่น้ำนางฟ้าที่เกิดขึ้นภายในภาชนะฟักทุกวัน พบว่าการฟักเป็นตัวของไร่น้ำนางฟ้าในตำบลห้วยเขย่งเมื่อเติมน้ำครั้งแรกมีจำนวนน้อยมาก มีการฟักเพียง 2 แหล่ง และฟักเพียงแหล่งละ 1 ตัว ซึ่งเป็นไร่น้ำนางฟ้าไทยทั้ง 2 แหล่ง เมื่อเทน้ำที่เติมไว้ครั้งแรกออกและตากดินไว้ 3 วันจึงเติมน้ำครั้งที่ 2 และจากนั้นได้ทำซ้ำอีกครั้งเป็นครั้งที่ 3 พบว่าการฟักออกเป็นตัวเมื่อเติมน้ำ

ที่ 2 และ 3 มีจำนวนเพิ่มขึ้นกว่าการฟักครั้งแรก และมีจำนวนแหล่งที่ฟักเป็นตัวเพิ่มขึ้น โดยไร่นางฟ้าที่ฟักจากการเติมน้ำครั้งที่ 2 และ 3 มีจำนวนใกล้เคียงกัน จากการเติมน้ำทั้ง 3 ครั้ง พบไร่นางฟ้าในแหล่งน้ำที่สำรวจ 19 แหล่ง จำนวน 2 ชนิด คือ *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan and Murugan, 2002 และ *Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers and Dumont, 2000 และพบในทุกประเภทแหล่งน้ำ ได้แก่ แอ่งน้ำข้างถนน แอ่งรับน้ำฝน บ่อตื้นและลึก คูระบายน้ำตามธรรมชาติ และแอ่งตื้นในแปลงนา โดยพบไร่นางฟ้าทั้ง 2 ชนิดอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกันหรือพบเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งในแต่ละแหล่งน้ำ จำนวนแหล่งที่พบไร่นางฟ้าอาศัยร่วมกันทั้ง 2 ชนิดคิดเป็นร้อยละ 36.84 จำนวนแหล่งที่พบเฉพาะไร่นางฟ้าสิรินธรคิดเป็นร้อยละ 42.11 และจำนวนแหล่งที่พบเฉพาะไร่นางฟ้าไทยคิดเป็นร้อยละ 21.05 (ตารางที่ 1)

ส่วนการฟักเป็นตัวของไร่นางฟ้าที่เก็บตัวอย่างจากอำเภอเมืองพบว่ามีจำนวนที่ฟักเป็นตัวมากเมื่อเติมน้ำครั้งแรก (4-12 ตัว) ซึ่งมีจำนวนใกล้เคียงกับการฟักครั้งที่ 2 ส่วนครั้งที่ 3 มีจำนวนลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของครั้งที่ 1 และ 2 ไร่นางฟ้าที่พบมีทั้ง 3 ชนิด คือ ไร่นางฟ้าสิรินธร ไร่นางฟ้าไทย และไร่นางฟ้าสยาม *Streptocephalus siamensis* Sanoamuang & Saengphan, 2006 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. แหล่งเก็บตัวอย่าง และสภาพแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างดิน แหล่งที่พบไร่นางฟ้า และครั้งที่ฟัก (เติมน้ำ) ที่พบไร่นางฟ้า

ลำดับ	แหล่งเก็บตัวอย่าง	สภาพแหล่งที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนที่พบ (ตัว)		ครั้งที่ฟัก
			<i>B. thailandensis</i>	<i>S. sirindhornae</i>	
1	บ้านไร่ (หมู่ 6)	แอ่งน้ำข้างถนน	0	3	2, 3
2	บ้านไร่	แอ่งน้ำข้างถนน	0	0	
3	บ้านไร่	แอ่งตื้นในแปลงนา	0	0	
4	บ้านไร่	แอ่งตื้นในแปลงนา และปลักควาย	0	0	
5	บ้านสะพานต้นผึ้ง (หมู่ 7)	แอ่งตื้นในแปลงนา	2	0	2, 3
6	บ้านสะพานต้นผึ้ง	บ่อตื้น	2	0	1, 2
7	กม. 28 ถนนทองผาภูมิ-บ้านไร่	แอ่งข้างถนน	0	1	2
8	บ้านห้วยปากคอก	แอ่งข้างถนน	0	2	2, 3
9	บ้านเตาถ่าน (หมู่ 7)	บ่อขุดตื้น	0	0	
10	บ้านท่ามะเดื่อ	แอ่งรับน้ำ	0	2	2
11	บ้านท่ามะเดื่อ	แอ่งข้างถนน	0	0	
12	บ้านท่ามะเดื่อ	แอ่งข้างถนน	1	0	3
13	ถนนทางเข้าบ้านท่ามะเดื่อ	แอ่งตื้นในแปลงนา	0	2	2, 3
14	ถนนบ้านท่ามะเดื่อ-เตาถ่าน	แอ่งข้างถนน	2	0	2, 3
15	บ้านปากลำปูล็อก แปลง 2	บ่อตื้น	0	10	2, 3
16	บ้านประจำไม้ แปลง 4	แอ่งตื้นในแปลงนา	1	2	1, 2, 3
17	บ้านประจำไม้ แปลง 4	บ่อตื้น	0	1	3
18	บ้านประจำไม้ แปลง 4	บ่อลึก	0	0	
19	บ้านไร่ป่า แปลง 5	บ่อลึก (2 บ่อ)	1	2	2, 3
20	บ้านไร่ป่า แปลง 5	บ่อลึก	1	4	2, 3
21	บ้านไร่ป่า แปลง 5	บ่อลึก (สระน้ำ)	2	1	2, 3
22	บ้านไร่ป่า แปลง 5	คูระบายน้ำธรรมชาติ	0	1	2
23	บ้านไร่ป่า แปลง 5	แอ่งรับน้ำ	1	1	2, 3
24	แปลง 3	แอ่งตื้นในแปลงนา	0	0	
25	บ้านเตาถ่าน	แอ่งข้างถนน	1	4	2, 3
26	บ้านวังน้ำเขียว แปลง 6	คูระบายน้ำธรรมชาติ	2	4	2, 3
ก.	อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	แอ่งข้างถนน	36	0/14	1, 2, 3
ข.	อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	แอ่งข้างถนน	0	19/8	1, 2, 3
ค.	อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	คูข้างถนน	7	15/0	1, 2, 3

บทสรุป

1. พื้นที่ในเขตตำบลห้วยเขย่งเป็นพื้นที่สูงตั้งอยู่ระหว่างเทือกเขา พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ลาดเท แหล่งน้ำชั่วคราวที่พบจึงเป็นแหล่งน้ำที่มีน้ำไหลผ่านระหว่างที่น้ำท่วมซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของไร่นางฟ้า การศึกษาครั้งนี้จึงพบแหล่งน้ำชั่วคราวที่คาดว่าเป็นแหล่งน้ำนิ่งและเป็นที่อยู่อาศัยของไร่นางฟ้าเพียง 26 แหล่ง และมีลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมแตกต่างกันหลายรูปแบบ ได้แก่ แอ่งข้างถนน คุระบายน้ำธรรมชาติ แอ่งดินในแปลงนา แอ่งรับน้ำ บ่อดิน และบ่อลึก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณพื้นที่ราบในเขตอำเภอเมืองกาญจนบุรีพบว่าแหล่งน้ำชั่วคราวที่เป็นแหล่งอาศัยของไร่นางฟ้าจำนวนมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำที่เป็นคูหรือแอ่งข้างถนน
2. ไร่นางฟ้าพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งอาศัยที่เป็นแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตตำบลห้วยเขย่ง ในทุกสภาพแหล่งน้ำ ได้แก่ แอ่งข้างถนน คุระบายน้ำธรรมชาติ แอ่งดินในแปลงนา แอ่งรับน้ำ บ่อดิน และบ่อลึก โดยพบไร่นางฟ้าคิดเป็นร้อยละ 73 ของแหล่งน้ำที่สำรวจ (19 แหล่งจาก 26 แหล่งน้ำ)
3. ไร่นางฟ้าที่พบในเขตตำบลห้วยเขย่งมีจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ไร่นางฟ้าไทย และไร่นางฟ้าสิรินธร โดยพบไร่นางฟ้าทั้ง 2 ชนิดอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเดียวกันหรือพบเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งในแต่ละแหล่งน้ำ จำนวนแหล่งที่พบไร่นางฟ้าอยู่ร่วมกันทั้ง 2 ชนิดคิดเป็นร้อยละ 36.84 จำนวนแหล่งที่พบเฉพาะไร่นางฟ้าสิรินธรคิดเป็นร้อยละ 42.11 และจำนวนแหล่งที่พบเฉพาะไร่นางฟ้าไทยคิดเป็นร้อยละ 21.05
4. การฟักเป็นตัวของไร่นางฟ้าเมื่อเดิมครั้งแรกมีการฟักเพียง 2 แหล่งๆ ละ 1 ตัว การฟักเป็นตัวเมื่อเติมน้ำครั้งที่ 2 และ 3 มีจำนวนมากขึ้นและใกล้เคียง
5. การศึกษาครั้งนี้พบไร่นางฟ้าไทยและไร่นางฟ้าสิรินธรในแหล่งอาศัย มีความสูงจากระดับน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 162-286 เมตร (บุญสเรียร และคณะ, 2546; จริยา และคณะ, 2547; อัมร และสุภักขา, 2547)
6. ไข่ไร่นางฟ้าที่เก็บจากแหล่งน้ำในตำบลห้วยเขย่งมีสัดส่วนการฟักครั้งแรกต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ไร่นางฟ้าที่เก็บจากอำเภอเมืองกาญจนบุรี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิธีการปรับตัวของสัตว์เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ (Hildrew, 1985; Mura and Zarattini, 1999) จึงน่าสนใจที่จะศึกษาต่อไปเพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงนิเวศวิทยาของไร่นางฟ้า นอกจากนี้ควรศึกษาการเพาะเลี้ยงไร่นางฟ้าที่เก็บจากตัวอย่างดินในตำบลห้วยเขย่งในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาการพัฒนาการฟักไข่ครั้งแรกและการปรับตัวในบ่อเลี้ยงของไร่นางฟ้า ซึ่งน่าจะได้อะเอียดข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางให้กับชาวบ้านในตำบลห้วยเขย่งที่จะนำไร่นางฟ้าในท้องถิ่นมาเพาะเลี้ยงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_149005

ขอขอบคุณ คุณสิทธิพงษ์ วงศ์วิลาศ ผู้ประสานงานโครงการ BRT ในพื้นที่ห้วยเขย่งที่ช่วยประสานให้มีโครงการนี้ขึ้น และได้ช่วยประสานชาวบ้านในพื้นที่ร่วมเก็บตัวอย่างดิน และให้ข้อมูลเบื้องต้นต่างๆ จำนวนมาก จนการวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- จริยา เล็กประยูร, สุรัชย์ ลิฬหัทธิน และสมมุท มงคลชัยชนะ. 2547. ความหลากหลายของมวน Suborder Heteroptera ที่อาศัยในแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ป่าทองผาภูมิ. ใน: รายงานการวิจัยในโครงการ BRT, วิสุทธิ์ ไบไม้ และรังสิมา ตันตนา (บรรณาธิการ). หน้า 1-13. จัดพิมพ์โดยโครงการ BRT. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- นุกูล แสงพันธ์ และละออศรี เสนาะเมือง. 2547. การเลี้ยงไร่นางฟ้า. ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- บุญเสฐียร บุญสูง, ศิริพร แซ่เฮง, ประยูร อุดรพิมาย และวงศ์วิวรรธ ฐนศิลป์. 2546. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำธารห้วยเขย่งและห้วยทึม อำเภอดงพญาเย็น จังหวัดกาญจนบุรี. รายงานการวิจัยโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย.
- ละออศรี เสนาะเมือง. 2541. ไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร. วารสารวิจัย มข. 3(2):1-6.
- ละออศรี เสนาะเมือง, นิวัฒน์ เสนาะเมือง, นุกล แสงพันธุ์, ราเมศ ชูสิงห์, ศุจิภรณ์ อธิบาย และสุพัศตรา เหล็กจาน. 2543. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของไร่น้ำนางฟ้าในประเทศไทย. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการ BRT (BRT 142017).
- อำร อินทร์สังข์ และสุภักชา หอมจันทร์. 2547. ความหลากหลายและชีววิทยาของไรฝุ่นในอำเภอดงพญาเย็น จังหวัดกาญจนบุรี. ใน: รายงานการวิจัยในโครงการ BRT, วิสุทธิ์ ไบไม้ และรังสิมา ตันทเลขา (บรรณาธิการ). หน้า 35-42. จัดพิมพ์โดยโครงการ BRT. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- อรรณณ วรณศรี และทวีศักดิ์ บุญเกิด. 2546. ความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในป่าธรรมชาติและตามแนวทอักษรรวมชาติ อำเภอดงพญาเย็น จังหวัดกาญจนบุรี. ใน: รายงานการวิจัยในโครงการ BRT, วิสุทธิ์ ไบไม้ และรังสิมา ตันทเลขา (บรรณาธิการ). หน้า 47-57. จัดพิมพ์โดยโครงการ BRT. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- Belk, D. and J. Brtek, 1995. Checklist of the Anostraca. *Hydrobiologia* 298: 315-353.
- Belk, D. and J. Brtek, 1997. Supplement to 'Checklist of the Anostraca'. *Hydrobiologia* 359: 243-245.
- Dexter, R.W. 1959. Anostraca. In W.T. Edmondson (ed.), *Freshwater Biology*. 2nd ed. pp. 558-571. John Wiley and sons, New York.
- Dumont and N. Munuswamy. 1997. The potential of freshwater Anostraca for technical applications. *Hydrobiologia* 358: 193-197.
- Hildrew, A.G. 1985. A quantitative study of the life history of a fairy shrimp (Branchiopoda: Crustacea) in relation to the temporary nature of its habitat, a Kenyan rainpool. *Journal of Animal Ecology* 54: 99-110.
- Meade, J.W. and L. Bulkowski-Cummings. 1987. Acceptability of fairy shrimp (*Streptocephalus seali*) as a diet for larval fish. *The Progressive Fish-Culturist* 49: 217-219.
- Mura and P. Zarattini. 1999. Influence of parental rearing conditions on cyst production and hatching of *Chirocephalus ruffoi*, an endemic fairy shrimp from Italy (Anostraca). *Crustaceana* 72: 499-465.
- Pennak, R.W. 1978. *Freshwater Invertebrates of the United Kingdom*. 2nd ed. John Wiley and sons, New York.
- Prasath, E.B., N. Munuswamy and A.K. NaZar. 1994. Preliminary studies on the suitability of a fairy shrimp *Streptocephalus dichotomus* as live food in aquaculture. *Journal of World Aquaculture Society* 25: 204-207.
- Saengphan, N. 2005. Culture of the Thai Fairy Shrimp, *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan & Murugan, 2002 for Commercial Applications in Thailand. Ph.D. Thesis. Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Saengphan, N., R.J. Shiel and L. Sanoamuang. 2005. The cyst hatching pattern of the Thai fairy shrimp, *Branchinella thailandensis* Sanoamuang, Saengphan & Murugan, 2002 (Anostraca: Crustacea). *Crustaceana* 78(5): 513-523.
- Sanoamuang, L., N. Saengphan and G. Murugan, 2002. First record of the family Thamnocephalidae (Crustacea: Anostraca) from Southeast Asia and description of a new species of *Branchinella*. *Hydrobiologia* 486: 63-69.
- Sanoamuang, L. and N. Saengphan. 2006. A new species of *Streptocephalus* fairy shrimp (Crustacea, Anostraca) with tetrahedral cysts from central Thailand. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 91: 250-256.
- Sanoamuang, L., G. Murugan, P.H.H. Weekers and H.J. Dumont. 2000. *Streptocephalus* Sirindhorneae, new species of freshwater fairy shrimp (Anostraca) from Thailand. *Journal of Crustacean Biology* 20: 559-565.
- Tunsutapanich, A. 1982. Cyst production of *Artemia salina* in salt ponds in Thailand. In B. Michael (ed.), *Giant Prawn Farming*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands.
- Velu, S.C. 2001. Studies on Biodiversity, Taxonomy and Aquaculture of Indian Fairy Shrimps. Ph.D. Thesis. University of Madras, India.
- Velu, S.C. and N. Munuswamy. 2003. Nutritional evaluation of decapsulated cysts of fairy shrimp (*Streptocephalus dichotomus*) for ornamental fish larval rearing. *Aquaculture Research* 34: 967-974.

***Hirsutella thompsonii* Fisher จากป่าเขตอำเภothongผาภูมิ และผลของสารเมตาโบไลต์
ของเชื้อราที่มีต่อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius)**

อังศุมาลย์ จันทราปัตย์

ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: *Hirsutella thompsonii* Fisher Collected from Thong Pha Phum Forest and Effect of Fungal Metabolite on Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius)

Angsumarn Chandrapatya

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

A total of 209 specimens of four-legged mites belonging to the families Eriophyidae and Diptilomiopidae and 5 specimens of spider mites from Tetranychidae infected with pathogenic fungi were collected from Amphoe Thong Pha Phum, Kanchanaburi Province, during November 2001 to November 2002. Out of all the specimens cultivated and isolated, 114 were identified as *Hirsutella thompsonii*.

The 114 isolates of *H. thompsonii* developed well on malt extract agar (MEA) with an average growth rate of 0.06 to 0.23 cm per day at $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, $65\pm 3\%$ R.H. Colony formations were flat (38.60%), moderately elevated (43.86%) and highly elevated (17.54%). Some isolates produced a water droplet, a clear zone and a synnemata. *H. thompsonii* produced flask-shaped phialide perpendicular to the mycelia. The distance between phialides ranged from 8.15-20.20 μm . Conidia were lemon-shaped with a rough surface; the width and the length ranged from 2.03-3.89 μm and 2.11-4.27 μm , respectively.

Fungal isolate #2220 produced the highest number of conidia and CFU (191.68×10^4 conidia/cm² and 181.70×10^4 CFU/cm²) on MEA plates. After growing in MEB (pH 6.5) for 4 days, *H. thompsonii* fungus #2459 produced the most dry weight of fungal biomass at 0.93 g/50 ml MEB and made the pH of the MEB equal to 8.9.

Crude filtrates of all isolates except #2259 contained toxic metabolites inducing abnormal development of 4th instar cutworm larvae, *Spodoptera litura* (Fabricius). The toxic metabolites were found to cause mortality in the larval stages, incomplete pupation, incomplete adult emergence and abnormal adults. Toxic metabolites of 63 fungal isolates caused more than 50% abnormality in the cutworm with isolate #2444 causing 100% abnormality. Abnormalities of the cutworm larvae were increased when the concentration of crude filtrate was increased by protein precipitation with 90% saturated ammonium sulphate.

Key words: *Hirsutella thompsonii*, *Spodoptera litura* (Fabricius), growth, morphology, toxic metabolites

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงมีภูมิอากาศเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมเป็นอย่างยิ่ง เพราะสามารถปลูกพืชได้ตลอดทั้งปี ประเทศไทยจึงอุดมไปด้วยพืช ผัก ผลไม้นานาชนิด ขณะเดียวกันสภาพแวดล้อมดังกล่าวก็เหมาะสมกับการระบาดของศัตรูพืชซึ่งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เพราะผลผลิตทางการเกษตรมีติดต่อกันเกือบตลอดทั้งปี แมลงและไรเป็นศัตรูพืชที่สำคัญและทำความเสียหายแก่พืชได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการทำเกษตรในเชิงธุรกิจมักได้รับความเสียหายจากศัตรูพืชเป็นอย่างมาก

เกษตรกรส่วนใหญ่แก้ปัญหาการระบาดของแมลงและไรด้วยการใช้สารเคมี เพราะเห็นผลอย่างรวดเร็วและทันที่ การใช้สารเคมีในปริมาณมากและบ่อยครั้ง ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา เช่น แมลงสร้างความต้านทาน เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่เกษตรกร ผู้บริโภค และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เกษตร เกิดการปนเปื้อนของสารพิษในสภาพแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ และทำให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ขึ้นได้ (Meyer, 1981; Howarth, 1992; Kogan, 1998) นอกจากนั้นสารเคมียังทำลายศัตรูธรรมชาติ เช่น แมลงช้างปีกใส ตัวปีกแข็ง เพลี้ยไฟ ไร้เดือนฝอย รวมทั้งไรตัวห้ำ และจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น ไวรัส แบคทีเรีย และเชื้อราซึ่งช่วยควบคุมปริมาณประชากรของแมลงและไรศัตรูพืชให้อยู่ในภาวะสมดุลอีกด้วย (Jeppson et al., 1975; Perkins, 1982; McCoy, 1985; Howarth, 1991; Lockwood, 2000)

การนำเชื้อรามาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชเป็นการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เชื้อราหลายชนิดควบคุมระดับประชากรของแมลงและไรให้อยู่ในระดับสมดุลได้ โดยเชื้อราที่ก่อโรคจะมีความเป็นอยู่แบบปรสิต (parasite) อาศัยอยู่ภายในลำตัวของสัตว์อาศัย ใช้เนื้อเยื่อภายในร่างกายเพื่อดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ (Carner, 1976; Hajek and Leger, 1994) เชื้อราที่เป็นสาเหตุทำให้แมลงและไรศัตรูพืชตายมีหลายสกุล เช่น *Entomophthora*, *Verticillium*, *Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Cordyceps*, *Culicinomyces* และ *Paecilomyces* (Lewis et al., 1981; Samson et al., 1988; Ferron et al., 1991; Vey et al., 1993; Humber, 1997; Fuka, 1998; Inglis et al., 2001) นอกจากนี้เชื้อราบางชนิดจะสร้างสารเมตาโบไลต์ (toxic metabolite) ที่มีฤทธิ์รุนแรงและใช้ฆ่าแมลงได้ เช่น *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff), *Verticillium lecanii* (Zimmerman) Viegas และ *Hirsutella thompsonii* Fisher เป็นต้น (Roberts, 1996; Boucias and Pendland, 1998; Vey et al., 2001) จึงได้มีการศึกษาและวิจัยเพื่อนำสารพิษจากเชื้อราเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมแมลง

จากการสำรวจพื้นที่ป่าในอำเภothongผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรีซึ่งยังคงสภาพป่าที่สมบูรณ์ พบว่า พืชหลายชนิดมีไรศัตรูพืชในวงศ์ Eriophyidae, Diptilomiopidae และ Tetranychidae ลงทำลายอยู่มาก นอกจากนั้นยังพบซากไรที่มีเชื้อรา *H. thompsonii* ลงทำลายอีกด้วย เชื้อราชนิดนี้เป็นศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของไรศัตรูพืชหลายชนิด และยังหลั่งสารพิษซึ่งทำให้แมลงและไรเจริญเติบโตผิดปกติในอาหารเหลืออีกด้วย จึงได้รับความสนใจนำมาใช้กำจัดศัตรูพืชในปัจจุบัน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมเชื้อราที่ทำลายไรศัตรูพืชตามหมู่บ้านต่างๆ และพื้นที่ป่า ในเขตอำเภothongผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พร้อมทั้งศึกษาการเจริญเติบโต สันฐานวิทยาของเชื้อรา และผลของสารเมตาโบไลต์ของเชื้อราที่มีต่อหนอนกระทู้ผัก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกเชื้อราสำหรับพัฒนาเป็นสารกำจัดศัตรูพืชต่อไปในอนาคต

วิธีการ

เก็บตัวอย่างเชื้อราที่ทำลายไรศัตรูพืชในอำเภothongผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรีเดือนละ 1 ครั้งระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2544 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2545 โดยแบ่งพื้นที่สำรวจออกเป็นเขตป่า บริเวณภูเขา หมู่บ้านที่อยู่ติดภูเขา และเขตที่อยู่อาศัยในหมู่บ้านต่างๆ นำไรมาตรวจหาเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า และแยกเชื้อราสาเหตุที่ทำให้ไรตายในห้องปฏิบัติการ นำไปขยายพันธุ์บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เพื่อใช้ศึกษาต่อไป

นำเชื้อรามาเลี้ยงบนวุ้นอาหาร PDA 7 วัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและลักษณะของโคโลนี โดยใช้ cork borer เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เจาะชิ้นวุ้นบริเวณที่มีเส้นใยเจริญดีมาคว่ำลงบนจานอาหารบรรจุ malt extract agar (MEA) 30 มิลลิลิตร จานละ 1 แผ่น นำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 27±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65±3% (15 จาน/สายพันธุ์) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเมื่อเชื้อมีอายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน บันทึกข้อมูลลักษณะของเชื้อ เช่น สี, รูปร่างลักษณะ, การเกิด clear zone, หยดน้ำ (water droplets) และการสร้าง synnemata

การศึกษาปริมาณ conidia ของเชื้อราทั้ง 114 ไอโซล ทำโดยเลี้ยงเชื้อราบน MEA ด้วยวิธีข้างต้น (3 จาน/สายพันธุ์) ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี และนับจำนวน conidia ด้วยวิธี direct count และ viable plate count เมื่อเชื้อมีอายุครบ 10 วัน

การศึกษาลักษณะโครงสร้างของเส้นใยและ conidia ทำโดยเลี้ยงเชื้อราบนแผ่นสไลด์ซึ่งมีวุ้นอาหาร MEA ขนาด 1x1 เซนติเมตร หนาไม่เกิน 1 มิลลิเมตรและปิดทับด้วยแผ่นกระจกปิดสไลด์ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 27±1 องศา

เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 3\%$ เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเก็บเส้นใยของเชื้อราในวันที่ 4 และ 7 มาผึ่งใน lactophenol ผสม methylene blue 0.1% และนำแผ่นสไลด์ไปตากที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาศึกษาลักษณะโครงสร้างของเส้นใยและ conidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อวัดระยะห่างระหว่าง phialide, ความยาวของ phialide และขนาดของ conidia โดยใช้โปรแกรม Scion Image

การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราและผลของสารเมตาโบไลต์ต่อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius) ทำโดยเลี้ยงเชื้อราในขวดกันชมพูบรรจุอาหาร malt extract broth (MEB) 50 มิลลิลิตร (pH = 6.5) บ่มบนตู้เขย่าที่อุณหภูมิ 27 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 3\%$ เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 4 วัน จากนั้นใช้กรวยกรองแยกมวลชีวภาพออกจาก MEB และนำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อชั่งน้ำหนักแห้ง และวัดความเป็นกรด-ด่างของอาหารเหลวภายหลังการเลี้ยงเชื้อรา

นำ crude filtrate ที่ผ่านการกรองแยกมวลชีวภาพออกหมดแล้ว มากรองอีกรอบโดยใช้แผ่น cellulose acetate เพื่อป้องกันไม่ให้มีเส้นใยและ conidia ปะปนใน crude filtrate และนำ crude filtrate ฉีดที่บริเวณขาเทียมคู่แรกของหนอนกระทู้ผักวัย 4 ตัวละ 20 ไมโครลิตร (10 ตัว/ไอโซเลท) หนอนชุดควบคุมได้รับการฉีดอาหารเหลวในปริมาณเท่ากัน นำหนอนไปเลี้ยงในอาหารเทียม และบันทึกการเปลี่ยนแปลงของหนอนทุก 2 วันจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย

สุ่มเลือกเชื้อรา จำนวน 4 ไอโซเลทโดยอาศัยข้อมูลการทดสอบความเป็นพิษของสารเมตาโบไลต์ มาทำการเพิ่มความเข้มข้นของสารพิษ โดยนำ crude filtrate มาตกตะกอนโปรตีนใน ammonium sulphate 90% และเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นลงบนตะกอนโปรตีนและแยกเกลือออกจากตะกอน (desalted) โดยวิธี dialysis เป็นเวลา 2 วัน นำสารละลายของโปรตีนและน้ำกลั่นไปกรองผ่านแผ่น cellulose acetate ก่อนทำการทดสอบกับหนอนกระทู้ผัก วัย 4 ตามวิธีการข้างต้น (20 ตัว/ไอโซเลท)

การสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2544 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2545 พบไรศัตรูพืชที่มีเชื้อราเข้าทำลาย 212 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นไรสีขา 209 ตัวอย่าง และไรแมงมุม 5 ตัวอย่าง ไรสีขามีกอยูรามกันเป็นกลุ่มๆ ซากไรส่วนใหญ่มีสีเหลืองเข้มจนถึงสีน้ำตาลแดงติดอยู่ตามผิวใบ และมีเส้นใยแทงทะลุผนังลำตัวออกมาเป็นเส้นยาว ส่วนไรแมงมุมที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายมีทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย จากการสำรวจครั้งนี้พบตัวอ่อนของไรแมงมุมถูกเชื้อราเข้าทำลายมากกว่าตัวเต็มวัย เมื่อทำการแยกเชื้อราจากซากไรพบเฉพาะเชื้อรา *Hirsutella thompsonii* รวมทั้งสิ้น 114 ไอโซเลท (จากไรสีขา 109 ไอโซเลท และไรแมงมุม 5 ไอโซเลท)

เชื้อราชนิดนี้ทำลายไรสีขาบนพืชชนิดต่างๆ ในหลายประเทศ (Baker and Neunzig, 1968; McCoy and Selhime, 1977; Gerson et al., 1979; Samson and McCoy, 1982) ส่วนรายงานการค้นพบเชื้อราทำลายไรแมงมุมในธรรมชาติมีน้อยมาก สาเหตุที่พบเชื้อรา *H. thompsonii* ทำลายไรสีขามากกว่าไรแมงมุม อาจเนื่องจากไรสีขามีขาอยู่ทางด้านหน้าของลำตัว ขณะที่ไรเดินจะใช้วิธีลากลำตัวมาตามพื้นผิวใบหรือกิ่งก้านพืช ผนังลำตัวของไรจึงมีโอกาสสัมผัสกับ conidia ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการก่อโรคของเชื้อราชนิดนี้ (McCoy, 1985; Veen, 1966) ในทางตรงกันข้ามไรแมงมุมมีขนยาวตามลำตัวและมีขายาว ขณะที่เดินลำตัวจะถูกยกขึ้นสูงจากผิวใบ ทำให้ conidia ไม่มีโอกาสที่จะติดกับผนังลำตัวมากนัก ประกอบกับ conidia ของเชื้อราติดอยู่บนก้านชูสั้นๆ และไม่สูงพอที่จะช่วยให้ conidia เกาะติดผนังลำตัวไรแมงมุมได้สะดวก นอกจากจะเกาะติดตามปล้องขาซึ่งก็มีโอกาสน้อย ด้วยเหตุนี้จึงพบเชื้อราที่ทำลายไรแมงมุมในธรรมชาติมีน้อยกว่าไรสีขา

การวิเคราะห์ปริมาณตัวอย่างไรที่เก็บได้พบว่า ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคมพบไรที่ถูกทำลายมากที่สุด ซึ่งตรงกับรายงานของ อังศุมาลย์ (2543) ที่สำรวจไรในภาคกลางและภาคตะวันออกของประเทศไทย และพบว่าเชื้อราชนิดเดียวกันนี้ระบาดมากในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคมของทุกปีที่ทำการศึกษา แต่เนื่องจากพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรีมีความชื้นสูงในช่วงฤดูหนาวและมื่ออากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา จึงทำให้พบการระบาดของเชื้อราในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคมด้วย

การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อรา *H. thompsonii* บนฐานอาหาร MEA พบว่า โคลนีอายุ 7 วันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.07-1.36 เซนติเมตร เมื่อเชื้อรามีอายุ 14 และ 28 วันโคลนีจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

0.64-2.99 และ 1.42-5.39 เซนติเมตรตามลำดับ ไอโซเลท 2296 เจริญเติบโตช้าที่สุดและไอโซเลท 2392 เจริญเติบโตเร็วที่สุด เชื้อรา *H. thompsonii* ทั้ง 114 ไอโซเลท มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันตั้งแต่ 0.06-0.23 เซนติเมตร โดยเชื้อรา 38 ไอโซเลทมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.15-0.17 เซนติเมตร ส่วนกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.13-0.14 และ 0.18-0.23 เซนติเมตร มีจำนวน 24 ไอโซเลทเท่ากัน

ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา ส่วนใหญ่เป็นแบบฟูปานกลาง (moderate) ซึ่งพบมากถึง 50 ไอโซเลท รองลงมาคือแบบแบนราบ (flat) 44 ไอโซเลทและพองฟู (elevate) 20 ไอโซเลท McCoy and Kanavel (1969) เลี้ยงเชื้อรา *H. thompsonii* ด้วยอาหาร Sabouraud dextrose agar, PDA, V-8 juice agar และ Modified soil fungus medium เป็นเวลา 12 วัน พบว่าโคโลนีมีลักษณะแบนราบแต่อาจมีการยกของโคโลนีเหนืออาหารเล็กน้อย ซึ่งตรงกับผลการศึกษาค้นคว้าที่พบเชื้อราที่มีลักษณะโคโลนีแบนราบถึง 44 ไอโซเลท

โคโลนีของเชื้อรา *H. thompsonii* มีหลายสี ได้แก่ ขาว เทา เหลืองอมเทา ขาวอมเหลือง เทาอมเขียว ขาวอมเขียว และขาวอมส้ม McCoy and Kanavel (1969) พบว่าโคโลนีของเชื้อรา *H. thompsonii* มีสีเทาอมเขียวซึ่งตรงกับสีของเชื้อราหลายไอโซเลท เช่น 2204, 2222, 2233, 2246, 2282, 2283 และ 2398 อังศุมาลย์ และอุไรวรรณ (2532) พบว่าเชื้อรา *H. thompsonii* ที่เลี้ยงบนอาหาร MEA มีตั้งแต่สีขาวอมเทาถึงสีเทาจนเกือบดำ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษานี้

เมื่อเชื้อรามีอายุ 2 สัปดาห์และอาหารใกล้หมดลง เชื้อราบางไอโซเลทจะเริ่มสร้าง synnemata โดยเกิดปมหนูนสีขาวขึ้นรอบๆ โคโลนี และเริ่มยาวขึ้นเรื่อยๆ ก่อนจะกลายเป็นมัดเส้นใยที่เรียงตัวกันอย่างแน่นหนา และจะอยู่ในสภาพนั้นจนกว่าจะได้รับอาหารใหม่ ซึ่งเป็นกลไกในการรักษาตัวเองเพื่อให้อยู่รอด synnemata จะปรากฏเด่นชัดขึ้นเมื่อเชื้อรามีอายุประมาณ 3 อาทิตย์ ตรงกับการรายงานของ Rombach et al. (1986) ที่พบว่าเชื้อรา *H. thompsonii* เริ่มสร้าง synnemata เมื่อมีอายุ 3 สัปดาห์ ส่วนอังศุมาลย์ และอุไรวรรณ (2532) พบว่าเชื้อรา *H. thompsonii* เริ่มสร้าง synnemata เมื่อมีอายุ 7-14 วัน synnemata ของ *H. thompsonii* แต่ละไอโซเลทจะแตกต่างกัน เช่น เกิดเป็นกระจุกๆ หรือเกิดกระจายทุกทิศทาง และมีความยาวแตกต่างกันไป เชื้อราหลายไอโซเลทไม่สร้าง synnemata แม้จะเป็นสายพันธุ์ *H. thompsonii* var. *synnematosus* ด้วยกัน อังศุมาลย์ และอุไรวรรณ (2532) พบว่า 60-75% ของเชื้อราสายพันธุ์ synnemata ที่เลี้ยงบนอาหาร MEA จะสร้าง synnemata ส่วน Mains (1951) กล่าวว่า การสร้าง synnemata ขึ้นอยู่กับสภาพทางสรีรวิทยา และเชื้อจะสูญเสียประสิทธิภาพการสร้าง synnemata หากมีการถ่ายเชื้อหลายครั้ง

การศึกษาค้นคว้าพบว่าเชื้อรา 58 ไอโซเลท (50.88%) สร้าง synnemata ได้ นอกจากนั้นยังพบว่าเชื้อรา 46 ไอโซเลท (40.35%) สร้างหยดน้ำบนโคโลนีซึ่งเกิดจากการคายน้ำของเชื้อรา หยดน้ำมีสีที่ต่างกัน เช่น เขียว แดง น้ำตาล เหลือง เนื่องจากเส้นใยเกิดการคายน้ำแล้วมารวมกับ pigment ที่เส้นใยผลิตออกมาจึงทำให้เกิดสีต่างๆ อันเป็นกระบวนการป้องกันตัวจากแสงแดด รังสีหรือสิ่งที่เป็นอันตรายกับเชื้อรา

เชื้อรา 47 ไอโซเลท (41.23%) สร้าง clear zone เป็นบริเวณใสรอบๆ โคโลนี เนื่องจากเชื้อราปล่อยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายโปรตีนออกมาภายนอกเซลล์ เพื่อทำการสลายโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กแล้วทำการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ Chernin et al. (1997) ศึกษาการปลดปล่อยเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนในเชื้อรา *H. necatrix*, *H. kirchneri* และ *H. thompsonii* จำนวน 6 ไอโซเลท พบว่าเชื้อรา *H. thompsonii* 2 ไอโซเลท และ *H. necatrix* สามารถปลดปล่อยเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะโครงสร้างของเชื้อราพบว่าลักษณะต่างๆ ได้แก่ สีและลักษณะของโคโลนี, การเกิด synnemata, clear zone และ water droplet มีความสัมพันธ์กันน้อยมากหรือเกือบจะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

การศึกษปริมาณ conidia โดยวิธี direct count และ viable plate count พบว่า จำนวน conidia จาก direct count มีปริมาณ 0.44×10^4 - 191.68×10^4 conidia/ตารางเซนติเมตร โดยมีเชื้อราเพียง 2 ไอโซเลทที่ผลิต conidia ได้มากกว่า 100×10^4 conidia/ตารางเซนติเมตร เชื้อราที่สร้าง conidia ได้มากที่สุดคือไอโซเลท 2220 รองลงมาคือ ไอโซเลท 2196 (115.91×10^4 conidia/ตารางเซนติเมตร) ส่วนไอโซเลท 2528 สร้าง conidia ได้น้อยที่สุด เชื้อราที่ผลิต

conidia ได้เพียง 0.44×10^4 - 8.64×10^4 conidia/ตารางเซนติเมตร มี 28 ไอโซเลท (24.56%) ส่วนกลุ่มที่ผลิต conidia ได้ 33.11×10^4 - 191.68×10^4 conidia/ตารางเซนติเมตร มีจำนวนมากถึง 29 ไอโซเลท (25.44%)

การนับจำนวน conidia โดยวิธี viable plate count พบว่าเชื้อราที่มีปริมาณ conidia ที่สามารถเจริญบนวันอาหารได้ 0.66×10^4 - 181.70×10^4 CFU/ตารางเซนติเมตร ทั้งนี้จำนวน conidia ที่นับโดยวิธี direct count และ viable plate count มีความสัมพันธ์กันสูงมาก ($r=0.956$) และเป็นไปในทางเดียวกัน เชื้อรา 28 ไอโซเลท (24.56%) มีปริมาณ conidia ที่นับโดยวิธี viable plate count ต่ำสุด (0.66×10^4 - 9.01×10^4 CFU/ตารางเซนติเมตร) ส่วนเชื้อรา 29 ไอโซเลท (25.44%) มีปริมาณ conidia 30.73×10^4 - 181.70×10^4 CFU/ตารางเซนติเมตร

ปริมาณการสร้าง conidia ของเชื้อราอาจมาจากความแตกต่างของโครงสร้างเส้นใย และการสร้าง conidia เช่น ไอโซเลท 2220 ที่ผลิต conidia ได้มากที่สุดมีโคโลนีแบบ สีขาวอมเขียว โครงสร้างสืบพันธุ์เป็นแบบ polyphialidic มีรูเปิดออกจาก phialide 3 รูจึงสร้าง conidia ได้ 3 อัน และยังมีโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า polyblastic conidogenous cells ที่สามารถผลิต conidia ได้หลายอัน ส่วนไอโซเลท 2528 ซึ่งผลิต conidia ได้น้อยที่สุดมีโคโลนีฟูพานกลาง สีขาว phialide เป็นแบบ polyphialidic เช่นกัน แต่มีรูเปิดออกจาก phialide 2 รูทำให้มี conidia 2 อัน และไม่มี polyblastic conidogenous cells จากการที่เชื้อราไอโซเลท 2220 มีการสร้าง polyblastic conidogenous cells นี้เอง ทำให้ผลิต conidia ได้มากกว่าไอโซเลท 2528 ทั้งๆ ที่โครงสร้างสืบพันธุ์เป็นแบบ polyphialidic เช่นเดียวกัน

การศึกษาโครงสร้างของเส้นใยและ conidia ของเชื้อราทุกไอโซเลท พบว่าเป็นเชื้อ *Hirsutella thompsonii* ทั้งหมด เส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-3.4 ไมครอนและมีผนังกัน โครงสร้างของเซลล์สืบพันธุ์เป็นแบบ phialide ลักษณะคล้ายขวดคอคอด (ยาว 8.15-20.20 ไมครอน) งอกตั้งฉากกับเส้นใย ซึ่งมีทั้งแบบ monophialidic และ polyphialidic แต่ละ phialide มีระยะห่างแตกต่างกันตั้งแต่ 16.45-70.32 ไมครอน เชื้อรา 30 ไอโซเลทมี phialide สั้นเพียง 8.15-8.95 ไมครอน ในขณะที่เชื้อรา 28 ไอโซเลทมี phialide ยาว 11.36-20.20 ไมครอน จำนวน conidia จะขึ้นอยู่กับจำนวนรูที่เปิดออกมาจาก phialide นั้น เชื้อราบางไอโซเลทสร้าง polyblastic conidogenous cell (holoblastic) ซึ่ง conidogenous cell 1 อัน จะสร้าง conidia ได้หลายอัน เชื้อราส่วนมากสร้าง chlamydospore เป็นกระเปาะอยู่ภายในเส้นใยเมื่ออาหารเริ่มขาดแคลน การสร้าง chlamydospore เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้เชื้อราอยู่รอดในสภาวะที่อดอาหาร และพร้อมที่จะขยายพันธุ์ต่อไปได้เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมอีก

การศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราในอาหาร MEB เป็นเวลา 4 วัน พบว่า เชื้อราที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันโดยให้น้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง 0.38-0.93 กรัม/MEB 50 มิลลิลิตร ไอโซเลท 2565 เจริญเติบโตช้าที่สุด ส่วนไอโซเลท 2459 เจริญเติบโตได้ดีที่สุด เชื้อรา 30 ไอโซเลท (26.32%) เจริญเติบโตช้าและให้น้ำหนักมวลชีวภาพแห้งน้อย (0.38-0.67 กรัม/MEB 50 มิลลิลิตร) ส่วนกลุ่มที่เจริญเติบโตเร็วและมีน้ำหนักมวลชีวภาพมาก (0.79-0.93 กรัม/MEB 50 มิลลิลิตร) มี 26 ไอโซเลท (22.81%)

เชื้อราบางไอโซเลทสร้าง conidia ในอาหารเหลว ซึ่งตรงกับ McCoy et al. (1972) ที่พบว่าเชื้อรา *H. thompsonii* var. *synnematos* สร้าง conidia ในอาหารเหลวได้ อังศุมาลย์ และอุไรวรรณ (2532) พบว่า เชื้อราสายพันธุ์นี้สร้าง chlamydospore ในอาหารเหลวเมื่อมีอายุ 20 วันขึ้นไป แต่จากการทดลองครั้งนี้ไม่พบ chlamydospore ในอาหารเหลว ซึ่งอาจเป็นเพราะเลี้ยงเชื้อราเพียง 4 วันเท่านั้น เชื้อรายังมีอาหารเพียงพอ จึงไม่พบ chlamydospore ในอาหารเหลว เชื้อราที่ศึกษาส่วนใหญ่ทำให้อาหารเหลวมีความเป็นด่างมากขึ้น โดยเชื้อรา 27 ไอโซเลท (23.68%) ทำให้อาหารเหลวมีความเป็นด่างระหว่าง 8.11-8.60 ส่วนกลุ่มเชื้อราที่ทำให้อาหารเหลวมีความเป็นด่างเพียงเล็กน้อย (7.61-7.90) มี 28 ไอโซเลท (24.56%) และเชื้อราที่ทำให้อาหารเหลวมีความเป็นด่างสูงสุด (pH 8.60) คือไอโซเลท 2459 น้ำหนักมวลชีวภาพแห้งมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างของอาหารเหลวน้อยมาก ($r=0.382$)

crude filtrate ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราทุกไอโซเลท ยกเว้น 2259 มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหนอน เช่น ทำให้นอนเติบโตผิดปกติหรือตาย ไม่เข้าดักแด้ ดักแด้ไม่สมบูรณ์ ไม่ลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย หรือตัวเต็มวัยที่ออกจากดักแด้อาจมีลักษณะผิดปกติ ไอโซเลท 2301 ทำให้นอนตายมากที่สุด 50% รองลงมาคือไอโซเลท 2480 ซึ่งทำให้นอนตาย 40% หนอนที่ตายเพราะสารพิษส่วนมากจะตายภายใน 1-2 วัน โดยตามผนังลำตัวของหนอนจะมีจุด

สีดำเป็นจุดๆ และกลายเป็นสีดำทั้งตัวในเวลาต่อมา หนอนที่ได้รับสารพิษจากเชื้อราบางไอโซเลท เช่น 2242, 2300, 2497 และ 2507 มีระยะหนอนยาวนานกว่าชุดควบคุมถึง 4-5 วัน เนื่องจากกินอาหารได้น้อยในวันแรกที่ได้รับสารพิษ ต่อมาเริ่มไม่กินอาหาร ทำให้ขนาดลำตัวเล็กลงเรื่อยๆ ไม่เจริญเติบโต ไม่ลอกคราบและตายไปในที่สุด ลักษณะอาการที่พบในหนอนกระทุ้ฝักตรงกับกรายงานของ Vey et al. (1993) และ Maimala et al. (2002) ซึ่งทำการทดลองกับหนอนผีเสื้อกินไข่ม้วนสุดท้าย *Galleria mellonella* (Linnaeus)

สารพิษจากเชื้อรา 86 ไอโซเลท ทำให้หนอนเข้าดักแด้ไม่สมบูรณ์ โดยไอโซเลท 2212 ทำให้หนอนเข้าดักแด้ไม่สมบูรณ์ถึง 70% รองลงมาคือไอโซเลท 2444 (60%) ส่วนสารพิษของเชื้อราอีก 28 ไอโซเลท เช่น ไอโซเลท 2191, 2209, 2259, 2271, 2293, 2301, 2428 และ 2429 ไม่มีผลต่อการเข้าดักแด้ (ตารางที่ 1) ดักแด้ที่ไม่สมบูรณ์ส่วนใหญ่ลอกคราบได้เพียงครึ่งตัว ลักษณะความผิดปกติอื่นๆ ที่พบได้แก่ ดักแด้ลอกคราบออกมาแล้วตาย มีสีดำทั้งตัว หรือผนังลำตัวตรงส่วนท้องของดักแด้เป็นสีขาวและไม่แข็งแรงเหมือนดักแด้ปกติ

ตารางที่ 1. ความผิดปกติของหนอนกระทุ้ฝัก *Spodoptera litura* (Fabricius) วัย 4 หลังจากได้รับการฉีด crude extracts (20 ไมโครลิตร) ที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อรา *Hirsutella thompsonii* ใน malt extract broth เป็นเวลา 4 วัน

ไอโซเลทที่	% การตาย ของหนอน	% ดักแด้ ผิดปกติ	% ตัวเต็มวัย ผิดปกติ	% ดักแด้ ไม่ลอกคราบ	% ความผิดปกติ โดยรวม
ชุดควบคุม (MEB)	0	0	0	0	0
ชุดควบคุม (Water)	0	0	0	0	0
2191	0	0	10	10	20
2196	10	10	0	30	50
2198	10	0	20	30	60
2201	0	20	0	20	40
2203	0	30	0	10	40
2204	0	10	10	40	60
2205	10	20	0	20	50
2206	0	20	10	30	60
2208	10	30	0	20	60
2209	0	0	30	30	60
2210	0	40	0	10	50
2212	10	70	0	10	90
2214	10	30	0	0	40
2215	10	20	0	20	50
2217	20	10	20	0	50
2219	10	20	0	10	40
2220	20	30	10	10	70
2222	20	30	10	0	60
2223	0	0	0	50	50
2229	20	10	0	20	50
2230	0	20	0	20	40
2233	20	20	10	0	50
2241	20	10	20	10	60
2242	30	20	0	0	50
2246	30	10	0	10	50
2247	0	20	10	30	60
2259	0	0	0	0	0
2262	0	10	0	30	40
2271	20	0	10	30	60
2278	0	10	0	30	40

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ไอโซเลทที่	% การตาย ของหนอน	% ตักแต่ ผิดปกติ	% ตัวเต็มวัย ผิดปกติ	% ตักแต่ ไม่ลอกคราบ	% ความผิดปกติ โดยรวม
2280	10	10	20	0	40
2282	0	20	10	30	60
2283	20	10	0	0	30
2284	10	20	0	40	70
2286	10	20	0	30	60
2291	0	30	0	30	60
2293	0	0	10	10	20
2294	20	50	20	0	90
2295	10	40	10	10	70
2296	20	20	0	10	50
2300	20	10	20	10	60
2301	50	0	10	0	60
2392	10	20	0	30	60
2397	0	10	20	0	30
2398	20	20	0	30	70
2399	20	30	10	10	70
2405	30	10	10	0	50
2409	0	20	0	30	50
2425	10	10	10	20	50
2428	30	0	10	20	60
2429	30	0	0	60	90
2430	0	10	10	10	30
2436	10	10	20	0	40
2437	10	40	0	0	50
2438	0	10	20	30	60
2443	20	0	20	10	50
2444	30	60	0	10	100
2450	30	30	0	10	70
2455	20	10	20	0	50
2456	0	20	0	40	60
2457	30	10	10	10	60
2458	0	10	0	30	40
2459	20	0	20	10	50
2461	10	10	0	0	20
2462	10	0	10	20	40
2464	10	0	0	50	60
2465	0	10	10	20	40
2466	0	0	10	30	40
2475	20	20	10	20	70
2476	0	20	10	40	70
2477	30	0	10	20	60
2479	0	10	10	0	20
2480	40	0	10	0	50
2482	0	30	20	20	70
2485	0	40	0	20	60
2487	10	0	0	20	30

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ไอโซเลทที่	% การตาย ของหนอน	% ดักแด้ ผิดปกติ	% ตัวเต็มวัย ผิดปกติ	% ดักแด้ ไม่ลอกคราบ	% ความผิดปกติ โดยรวม
2490	30	20	10	20	80
2493	10	20	0	30	60
2494	10	10	0	50	70
2497	10	0	0	40	50
2502	20	30	0	20	70
2505	0	20	0	20	40
2507	40	20	10	20	90
2509	20	10	0	40	70
2510	0	0	0	40	40
2513	20	0	0	30	50
2515	10	0	0	40	50
2519	30	20	10	20	80
2524	10	0	10	10	30
2527	10	10	0	0	20
2528	0	0	20	20	40
2532	30	0	0	10	40
2533	0	10	20	10	40
2534	20	0	20	0	40
2535	40	10	20	20	90
2538	0	0	30	10	40
2540	20	10	10	10	50
2542	0	10	0	50	60
2544	0	20	0	20	40
2545	0	10	10	30	50
2551	0	20	0	10	30
2555	0	20	10	30	60
2557	20	20	10	0	50
2559	20	10	10	20	60
2560	0	10	10	20	40
2562	0	20	20	0	40
2563	20	30	10	0	60
2565	30	20	0	0	50
2566	10	10	10	10	40
2568	20	10	0	30	60
2569	30	10	0	20	60
2573	10	20	10	10	50
2575	10	30	10	10	60
2576	0	0	10	0	10

หนอนที่ได้รับสารพิษเข้าดักแด้นานกว่าชุดควบคุม 1-3 วัน สารพิษจากเชื้อรา 60 ไอโซเลททำให้ตัวเต็มวัยแสดงอาการผิดปกติ โดยไอโซเลท 2209 และ 2538 ทำให้ตัวเต็มวัยผิดปกติมากที่สุด 30% ตัวเต็มวัยที่ผิดปกติมีหลายลักษณะ เช่น ปีกหงิกงอ ปีกหดสั้น และออกจากดักแด้ได้เพียงครึ่งตัว เป็นต้น สารพิษของเชื้อราที่ทำให้ดักแด้ไม่สามารถออกเป็นตัวเต็มวัยได้มากที่สุดคือ ไอโซเลท 2429 (60%) ส่วนไอโซเลท 2223, 2464, 2494 และ 2542 ทำให้ดักแด้ไม่สามารถลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย 50%

ในภาพรวมเชื้อราที่ผลิตสารพิษทำให้หนอนแสดงอาการผิดปกติมากกว่า 50% มี 63 ไอโซเลท และอีก 51 ไอโซเลททำให้หนอนเกิดอาการผิดปกติน้อยกว่า 50% โดยไอโซเลท 2444 ทำให้หนอนทุกตัวที่ได้รับสารพิษแสดงอาการผิดปกติทั้งหมด (100%) และไอโซเลท 2212, 2294, 2429, 2507 และ 2535 ทำให้หนอนแสดงอาการผิดปกติ 90%

การเพิ่มความเข้มข้นของสารพิษมีผลทำให้ประสิทธิภาพของสารพิษในการทำลายแมลงเพิ่มขึ้น 10-40% ซึ่งพบทั้งระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย สารพิษเข้มข้นใน crude filtrate ไม่ได้ทำให้แมลงตายในระยะหนอนทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Mazet and Vey (1995) ที่พบว่าสารพิษบริสุทธิ์ซึ่งสกัดจากเชื้อรา *H. thompsonii* var. *thompsonii* (สาร Hirsutellin A) จำนวน 25, 50 และ 100 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ทำให้หนอนกินไข่ม้วนสุดท้ายตายในระยะหนอน 100% หลังได้รับการฉีดสารพิษเข้าภายในลำตัวหนอนเป็นเวลา 30, 25 และ 15 ชั่วโมง ตามลำดับ

ผลการวิจัย

ไรศัตรูพืชโดยเฉพาะไรสีขาในวงศ์ Eriophyidae และ Diptilomiopidae ในพื้นที่อำเภอกองคาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ถูกเชื้อรา *Hirsutella thompsonii* ลงทำลายเป็นจำนวนมาก เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนอาหาร malt extract agar โดยมีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน 3 แบบคือ โคโลนีแบน (flat), พูปานกลาง (moderate) และ พองฟู (elevate) เชื้อรา 58 ไอโซเลท (50.88%) สร้าง synnemata ในระหว่างการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเมื่อโคโลนีมีอายุประมาณ 3 สัปดาห์ จึงระบุได้ว่าเป็นสายพันธุ์ *Hirsutella thompsonii* var. *synnematosus* การสร้าง synnemata นี้ยังไม่พบในธรรมชาติ โคโลนีของเชื้อราบางสายพันธุ์จะสร้างหยดน้ำบนกลุ่มเส้นใย และอีกหลายสายพันธุ์ทำให้เกิด clear zone รอบๆ โคโลนีด้วย

สารเมตาโบไลต์ที่เชื้อรา *H. thompsonii* สร้างขึ้นในอาหารเหลว malt extract broth มีผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนโดยทำให้หนอนเจริญเติบโตผิดปกติ ไม่กินอาหาร หนอนบางตัวตายในระยะหatching ก่อนเข้าดักแด้ หนอนที่รอดจากการตายบางตัวเข้าดักแด้ไม่สมบูรณ์ ส่วนหนอนที่เข้าดักแด้สมบูรณ์อาจไม่สามารถลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยได้ หรือเป็นตัวเต็มวัยที่มีลักษณะรูปร่างผิดปกติ เช่น ปีกหัก ปีกหดสั้น บินไม่ได้ สารเมตาโบไลต์ของเชื้อราไอโซเลท #2444 มีประสิทธิภาพในการทำให้หนอนกระตุ้มเจริญเติบโตผิดปกติไปจากปกติ 100%

ผลการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการคัดเลือกไอโซเลทของเชื้อรา *H. thompsonii* ที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็น mycoacaricide ต่อไป และด้วยเหตุที่ conidia เป็น infective unit ที่สำคัญในการเข้าทำลายสัตว์อาศัยของเชื้อราชนิดนี้ ดังนั้นเชื้อราที่มีการเจริญเติบโตเร็วและมีแนวโน้มที่จะสร้าง conidia ได้มาก จะสมควรได้รับการคัดเลือกเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการก่อโรคกับไรศัตรูพืช และความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์ให้มีปริมาณมากเพื่อใช้กำจัดไรศัตรูพืชต่อไปในอนาคต นอกจากนั้นข้อมูลด้านผลของสารเมตาโบไลต์ที่มีต่อหนอนกระตุ้ม สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจคัดเลือกไอโซเลทที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาเป็นสารสกัดจากจุลินทรีย์ที่เป็นพิษต่อแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะกลุ่มหนอนผีเสื้อต่างๆ ต่อไป

การใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่ได้จากธรรมชาตินอกจากจะช่วยให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้สารเคมีลงแล้ว ยังช่วยรักษาสุขภาพแวดล้อม อีกทั้งช่วยให้เกษตรกรและผู้บริโภคมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_644004 และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- อังศุมาลย์ จันทราปัติย์. 2543. รายงานการศึกษานิตชีววิทยาและการแพร่กระจายของไรสีขาในภาคกลางและภาคตะวันออกของประเทศไทย เสนอต่อโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย. ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- อังศุมาลย์ จันทราปัติย์ และอุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์. 2532. รายงานการวิจัยการใช้เชื้อรา *Hirsutella thompsonii* (Fissher) กับไรสนิมส้ม *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน.
- Baker, J.R. and H.H. Neunzig. 1968. *Hirsutella thompsonii* as a fungus parasite of the blueberry bud mite. *Journal of Economic Entomology* 61: 1117-1118.
- Boucias, D.G. and J.C. Pendland. 1998. Principles of Insect Pathology. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Carner, G.R. 1976. A description of the life cycle of *Entomophthora* sp. in the two-spotted spider mite. *Journal of Invertebrate Pathology* 28: 245-254.
- Chernin, L., A. Gafni, R. Mozes-Koch, U. Gerson and A. Szejnberg. 1997. Chitinolytic activity of the acaropathogenic fungi *Hirsutella thompsonii* and *Hirsutella necatrix*. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 440-446.
- Ferron, P., J. Fargues and G. Riba. 1991. Fungi as microbial insecticides against pests. In Arora, D.K., L. Ajello and K.G. Mukerji (eds.), Handbook of Applied Mycology, pp. 665-706. Marcel Dekker, New York.
- Fuka, J.R. 1998. Environmental manipulation for microbial control of insects. In Barbosa, P. (ed.), Conservation Biological Control, pp. 255-267. Academic Press, USA.
- Gerson, U., R. Kenneth and T.I. Muttath. 1979. *Hirsutella thompsonii*, a fungal pathogen of mites. II. Host-pathogen interactions. *Annal of Applied Biology* 91: 29-40.
- Hajek, A.E. and R.J. St. Leger. 1994. Interaction between fungal pathogens and insect hosts. *Annual Review of Entomology* 39: 293-322.
- Howarth, F.G. 1991. Environmental impacts of classical biological control. *Annual Review of Entomology* 36: 485-509.
- Howarth, F.G. 1992. Environmental impacts of species purposefully introduced for biological control of pests. *Pacific Science* 46: 388-389.
- Humber, R.A. 1997. Fungi: identification. In Lacey, L.A. (ed.), Manual of Techniques in Insect Pathology, pp. 153-185. Academic Press, London.
- Inglis, G.D., M.S. Goettel, T.M. Butt and H. Strasser. 2001. Use of Hyphomycetous fungi for managing insect pest. In Butt, T.M., C.W. Jackson and N. Magan (eds.), Fungi as Biocontrol Agents Progress, Problems and Potential, pp. 23-29. CABI Publishing, UK.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer and E.W. Baker. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkeley, USA. 614 p.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.
- Lewis, G.C., A.J. Heard, B.L. Bredy and D.W. Minter. 1981. Fungal parasitism of the eriophyid mite vector of ryegrass mosaic virus. Proceedings 1981 British Crop Protection Conference-Pests and Diseases. pp. 101-111.
- Lockwood, J.A. 2000. Nontarget effects of biological control: what are we trying to miss?. In Follett, P.A. and J.J. Duan (eds.), Nontarget Effects of Biological Control, pp. 14-30. Kluwer Academic Publishers, USA.
- Maimala, S., A. Tartar, D. Boucias and A. Chandrapatya. 2002. Detection of the toxin Hirsutellin A from *Hirsutella thompsonii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 80: 112-126.
- Mains, E.B. 1951. Entomogenous species of *Hirsutella*, *Tilachlidium* and *Synematium*. *Mycologia* 43: 691-717.
- Mazet, I. and A. Vey. 1995. Hirsutellin A, a toxin protein produced *in vitro* by *Hirsutella thompsonii*. *Microbiology* 141: 1343-1348.
- McCoy, C.W. 1985. Citrus: current status of biological control in Florida. In Hoy, M.A. and D.C. Herzog (eds.), Biological Control in Agricultural IPM System, pp. 481-499. Acad. Press, Inc., Orlando, Florida.
- McCoy, C.W. and R.F. Kanavel. 1969. Isolation of *Hirsutella thompsonii* from the citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora*, and its cultivation on various sythetic media. *Journal of Invertebrate Pathology* 14(3): 386-390.
- McCoy, C.W. and A.G. Selhime. 1977. The fungus pathogen, *Hirsutella thompsonii* and its potential use for control of citrus rust mite in Florida. Proceedings of International Citrus Congress 2: 521-527. Murcia, Spain.
- McCoy, C.W., A.J. Hill and R.F. Kanavel. 1972. A liquid medium of the large scale production of *Hirsutella thompsonii* in submerged culture. *Journal of Invertebrate Pathology* 19: 370-374.
- Meyer, M.K.P. 1981. Mite pest of crops in Southern Africa. Scientific Bulletin of Department of Agriculture and Fisheries, Republic of South Africa. No. 397: 1-92.
- Perkins, J.A. 1982. Insects, Experts and the Insecticide Crisis: the Quest for New Pest Management Strategies. Plenum Press, New York. 320 p.
- Roberts, D.W. 1996. Toxins from the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae*. II. Symptoms and detection in moribund hosts. *Journal of Invertebrate Pathology* 8: 222-227.
- Rombach, M.C., D.W. Roberth and B.M. Shepard. 1986. *Hirsutella thompsonii* Fisher infecting phytophagous mites in the Phillippines. *Phillippines Entomologist* 6: 620-622.
- Samson R.A., H.C. Evans and J.P. Latge. 1988. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer-Verlag, Berlin. 187 p.
- Samson R.A. and C.W. McCoy. 1982. A new fungal pathogen of the scavenger mite, *Tydeus gloveri*. *Journal of Invertebrate Pathology* 40: 216-220.
- Veen, K.H. 1966. Oral infection of 2nd instar nymphs of *Schistocerca gregaria* by *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 8: 254-256.
- Vey, A., R.E. Hoagland and T.M. Butt. 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. In Butt, T.M., C. Jackson and N. Magan (eds.), Fungi as Biocontrol Agents Progress, Problems and Potential, pp. 311-346. CABI Publishing, UK.
- Vey, A., J.M. Quiot, I. Mazet and C.W. McCoy. 1989. Toxicity and pathology of a macromolecule metabolite produced by *Hirsutella thompsonii*. *Journal Invertebrate Pathology* 61: 131-137.
- Vey, A., J.M. Quiot, I. Mazet and C.W. McCoy. 1993. Toxicity and pathology of crude broth filtrate produced by *Hirsutella thompsonii* var. *thompsonii* in shake culture. *Journal of Invertebrate Pathology* 61: 131-137.

การศึกษาหาความแตกต่างและวิวัฒนาการของเชื้อ *Burkholderia pseudomallei* ชนิดที่มีโครงสร้างของไลโปโพลีแซคคาไรด์ที่ต่างกันโดยวิธี พีซีอาร์-อาร์เอฟแอลพี

สุมาลี ตั้งประดับกุล¹, พินนารา โรจนวิรัตน์², อัญชสา คณานุรักษ์² และ สูดา ตันปิบุญยศักดิ์¹

¹ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

Abstract: Differentiation and Evolutionary Study Based on Lipopolysaccharide (LPS) Structure of *Burkholderia pseudomallei* Using PCR-RFLP Technique

Sumalee Tungpradabkul¹, Pinnara Rojwiratana², Anchasa Kananurak² and Suda Tunpiboonsak¹

¹Department of Biochemistry, Faculty of Science, Mahidol University, Rajdhevee, Bangkok 10400, ²Department of Biology, Faculty of Science, Mahidol University, Rajdhevee,

Bangkok 10400

The project aimed to differentiate *B. pseudomallei* having different lipopolysaccharide (LPS) structures based on the PCR-RFLP technique. Recently, it was reported that different LPS structures had been found in *B. pseudomallei*. In particular, the major LPS structures found in *B. pseudomallei* isolated from Thailand were ladder patterns, the so called typical pattern. In contrast, the major LPS structures of *B. pseudomallei* isolated from Australia were smear patterns, the so called atypical pattern. Our study focused on a gene, the WaaF gene, which is involved in LPS biosynthesis. A pair of specific primers was designed based on the WaaF gene sequence. Polymerase chain reaction followed by restriction endonuclease (PCR-RFLP) analysis was performed. At least three restriction enzymes, *EcoRI*, *PstI*, *NotI*, were used to differentiate the different LPS structures among 141 isolates from different sources such as patients, animals, and the environment from Thailand, Australia, Laos and Hongkong. The results showed different PCR-RFLP patterns that could be divided into 4 patterns. In addition the comparative LPS pattern of all 141 isolates were detected in three profiles. Phylogenetic trees constructed under PCR-RFLP and PCR-RFLP+LPS were compared. The results show relationships of these 141 isolates with 6 characters or branches. Interestingly, the bacteria from soil isolates have distinct characters that isolated them from the others. However, the number of bacteria from soil isolates was too small. Thus, we should investigate a greater number of samples. The results from this study were shown to be related with the distribution of *B. pseudomallei* found in this region. Moreover, the different PCR-RFLP patterns and the phylogenetic tree in this study still could not explain the differences in virulent properties of the bacteria that needs more analysis of the data.

Key words: *Burkholderia pseudomallei*, WaaF gene, PCR-RFLP, lipopolysaccharide (LPS) pattern

บทนำ

เชื้อ *Burkholderia pseudomallei* เป็นแบคทีเรียที่ก่อโรคในคนที่เรียกว่า โรคเมดิออยโดสิส โดยในระยะแรกๆ พบว่าแหล่งของเชื้อมีพบมากในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะภาคอีสานของประเทศไทย (Suputtamongkol et al., 1994) และภาคเหนือของประเทศออสเตรเลีย (Inglis et al., 1998) แต่ต่อมาเริ่มมีรายงานการพบเชื้อมากขึ้นทั้งในประเทศฮ่องกงและจีน (Dance, 2000) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเพื่อป้องกันความหลากหลายของสายพันธุ์เชื้อมีการศึกษา เช่น การใช้ ribotyping (Trakulsomboon et al., 1997), การใช้ RFLP-Micropattern และ RFLP-Macropattern จากการแยกด้วย Pulse field gel electrophoresis (Pitt et al., 2000; Vadivelu et al., 1997) สามารถแยกความหลากหลายของสายพันธุ์แต่ยังไม่สามารถใช้เป็น marker ในระดับวิวัฒนาการของเชื้อได้ อีกทั้งยังไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของการก่อโรคที่รุนแรง

เมื่อไม่นานมานี้ ศ. สกิต สิริสิงห์ และคณะ ได้ศึกษาแบบแผนของ lipopolysaccharide (LPS) ที่สกัดจากเชื้อ *B. pseudomallei* สายพันธุ์ในประเทศไทย และเปรียบเทียบกับสายพันธุ์จากประเทศออสเตรเลีย โดยพบว่าแบบแผนของ LPS ที่สกัดจากเชื้อ *B. pseudomallei* มีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเป็น 2 ลักษณะ คือ ชนิดที่ให้แบบแผนเป็นขั้นบันได (ladder) หรือเรียกว่า typical pattern ซึ่งพบมากในสายพันธุ์ที่แยกได้ในประเทศไทย กับชนิดที่ไม่มีแบบแผนเป็นขั้น (smear) หรือเรียกว่า atypical pattern ซึ่งพบมากในสายพันธุ์ที่แยกได้จากประเทศออสเตรเลีย (Anuntagool et al., 2000) โดยที่ข้อมูลในการติดเชื้อและการก่อโรคมักจะพบความรุนแรงในกลุ่มประชากรไทยมากกว่าในกลุ่มประชากรออสเตรเลีย ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูลดังกล่าวนี้ น่าจะมีความสัมพันธ์ในชนิดของเชื้อที่มี LPS ที่แตกต่างต่อการกระจายหรือแหล่งที่พบ นอกจากนี้ LPS ยังเป็นหนึ่งใน virulent factor ที่ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในเชื้อ *B. pseudomallei* พบว่า LPS เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการก่อโรค แต่เนื่องจากแบบแผนของ LPS ที่ได้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์เพื่อการหาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการได้ ในขณะที่ข้อมูลของยีนหรือความแตกต่างของยีนจะสามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการวิวัฒนาการและสามารถวิเคราะห์การกระจายของแหล่งของเชื้อได้

โครงการวิจัยนี้มุ่งที่จะนำประโยชน์ทาง molecular marker ที่มีความชัดเจนหรือมีความสัมพันธ์กับการก่อโรคมาใช้หาความหลากหลายของสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญในเชิงวิวัฒนาการ การกระจายตัว และอาจนำไปสู่ความสัมพันธ์ของการก่อความรุนแรงของโรค โดย molecular marker ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ได้เลือก WaaF gene ซึ่งได้มีการศึกษาแล้วว่าเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ lipopolysaccharide (LPS) ที่เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการก่อความรุนแรงของโรคเมดิออยโดสิส (Burntack and Woods, 1999) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. พัฒนาการใช้เทคนิค PCR-RFLP ในการแยกความแตกต่างของเชื้อ *B. pseudomallei* ที่มีความแตกต่างของ lipopolysaccharide structure โดยใช้ WaaF เป็นยีนเป้าหมาย และการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ ประมาณ 3 ชนิด ในการแยกความแตกต่าง
2. วิเคราะห์ผลของ PCR-RFLP และการวิเคราะห์ทางคอมพิวเตอร์ในการสร้าง phylogenetic tree เพื่อการอธิบายในเชิงการวิวัฒนาการและการกระจายของเชื้อ *B. pseudomallei* ในพื้นที่ต่างๆ

วิธีการ

1. แบคทีเรียตัวอย่างที่ทำการศึกษา เป็นแบคทีเรียชนิด *B. pseudomallei* ที่แยกจากผู้ป่วย และจากแหล่งดิน น้ำ ในถิ่นต่างๆ ที่มีการระบาดของโรคเมดิออยโดสิส โดยเก็บตัวอย่างในประเทศไทย ออสเตรเลีย ลาว และฮ่องกง โดยใช้จำนวนเชื้อมากกว่า 141 isolates โดยให้สัดส่วนของเชื้อที่ใช้ที่เป็นชนิด typical LPS ต่อชนิด atypical LPS เป็น 50% ต่อ 50% แต่เนื่องจากเชื้อที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิด typical LPS ดังนั้นหากตัวอย่างที่ใช้ศึกษาไม่สามารถได้ตามสัดส่วนตามที่ระบุไว้อาจปรับเปลี่ยนให้มีความเป็นไปได้มากที่สุดคือ เป็นชนิด typical LPS : atypical LPS เป็น 70% : 30% ซึ่งจากการศึกษานี้ได้สัดส่วนเป็น 77% : 23% และทำการสืบหาข้อมูลสำหรับเชื้อที่แยกจากผู้ป่วยว่ามีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด มี ribotype แบบใด หรือ source of infection and arabinose assimilation รวมทั้งเปรียบเทียบแบบแผนของ LPS ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำมาวิเคราะห์ต่อไป

2. การสกัดดีเอ็นเอ นำแบคทีเรียตัวอย่างที่ได้มาทำการสกัดดีเอ็นเอ เพื่อนำมาเป็นแม่แบบในการเพิ่มขยายยีนเป้าหมายโดยวิธีพีซีอาร์ ขณะเดียวกันจะทำการพัฒนาการเพิ่มขยายยีนเป้าหมายโดยใช้ดีเอ็นเอจากเซลล์แบคทีเรียโดยตรง เพื่อให้การศึกษาจำนวนแบคทีเรียได้ครั้งละมาก ๆ

3. การพัฒนาวิธีการเพิ่มจำนวนยีนเป้าหมายโดยพีซีอาร์ ในการวิจัยนี้จะเลือกการใช้ยีนเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ LPS นั่นคือยีน WaaF โดยการออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะของยีน ทำการเพิ่มจำนวนยีนจากดีเอ็นเอของแบคทีเรียในข้อ 2 และวิเคราะห์โดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส

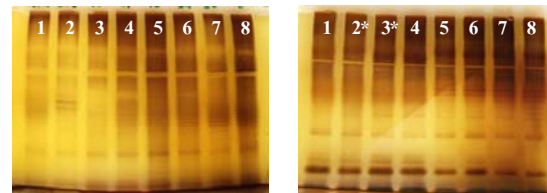
4. การหาแบบแผนของ **PCR-RFLP** เมื่อได้ผลผลิตของพีซีอาร์แล้ว จะนำมาทดสอบโดยการตัดด้วย เอนไซม์ตัดจำเพาะอย่างน้อย 3 เอนไซม์ เนื่องจากการได้มีการทดสอบในเบื้องต้นแล้วว่ายีนเป้าหมาย WaaF มีลำดับเบสที่มี polymorphism ซึ่งสามารถติดตามด้วยเอนไซม์ อย่างน้อย 3 เอนไซม์ คือ *EcoRI*, *NotI* และ *PstI* การที่ยีนเป้าหมาย มีลำดับเบสที่มี polymorphism จึงทำให้สามารถใช้เป็นประโยชน์ในการติดตามวิวัฒนาการและสร้าง phylogenetic tree ได้ นอกจากนี้อาจต้องใช้เอนไซม์เพิ่มขึ้นเพื่อระบุความแตกต่างได้ละเอียดขึ้น กรณีนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการทดลองต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้าง **Phylogenetic tree** นำข้อมูลจากการทำ PCR-RFLP มาวิเคราะห์ และสร้างผังในการแยกสายพันธุ์การวิวัฒนาการโดยอาศัยคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัย

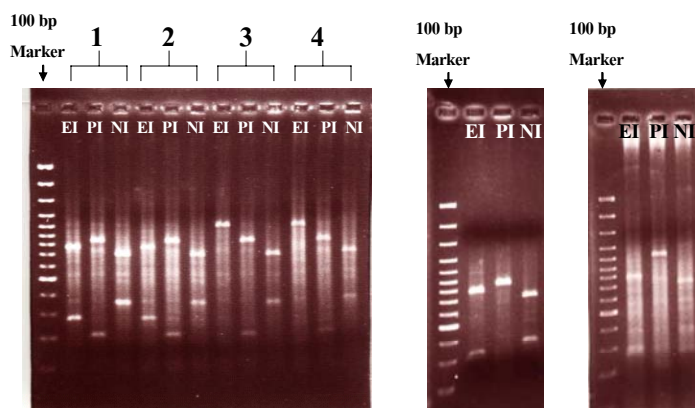
1. แบคทีเรียตัวอย่างที่ทำการศึกษา เชื้อ *B. pseudomallei* ที่ได้จากผู้ป่วยในประเทศไทย (รหัส NF มาจาก NIH กระทรวงสาธารณสุข, รหัส Bp มาจาก ศ.สิตติ สิริสิงห์ ภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล) จำนวน 67 ตัวอย่าง รหัสที่เป็นตัวเลขจากผู้ป่วย จำนวน 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากแหล่งดินในประเทศไทย (รหัส E) จำนวน 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากประเทศลาว (รหัส L) จำนวน 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากประเทศฮ่องกง (รหัส HK) จำนวน 10 ตัวอย่าง (จาก Welcome Unit คณะเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) และตัวอย่างจากประเทศออสเตรเลีย จำนวน 41 ตัวอย่าง (ยังไม่ระบุแหล่งของเชื้อ เป็นการทำให้ blind Test) รวมทั้งสิ้น 141 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1)

2. ผลการทดสอบ **LPS** และการศึกษา **PCR-RFLP** แบคทีเรียตัวอย่างทั้ง 141 ตัวอย่างได้ถูกนำมาทดสอบแบบแผน LPS และการศึกษา PCR-RFLP โดยผลการเปรียบเทียบแบบแผน LPS และผลการศึกษา PCR-RFLP แสดงในภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



lane 1 Typical ladder
lane 2 Atypical ladder
lane 3 Smear pattern
lane 4-8 Typical ladder
lane 1 Typical ladder
lane 2, 3 Typical ladder*
lane 4 Typical ladder
lane 5-8 Atypical ladder

ภาพที่ 1. แสดงแบบแผนของ LPS ที่สกัดจากเชื้อแบคทีเรีย *B. pseudomallei* จากแหล่งต่างๆ ที่ให้แบบแผนแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ typical ladder, atypical ladder และ smear pattern



EI หมายถึง เชื้อ *B. pseudomallei* ตัดด้วยเอนไซม์ *EcoRI*
PI หมายถึง เชื้อ *B. pseudomallei* ตัดด้วยเอนไซม์ *PstI*
NI หมายถึง เชื้อ *B. pseudomallei* ตัดด้วยเอนไซม์ *NotI*

ภาพที่ 2. แสดงตัวอย่างแบบแผนที่ได้จากแบคทีเรีย แหล่งต่างๆ ที่ให้ PCR-RFLP ที่แตกต่างกัน ทั้งที่ถูกตัดได้ด้วย *EcoRI* และไม่ถูกตัด, ทั้งที่ถูกตัดด้วย *NotI* และไม่ถูกตัด, ทั้งที่ถูกตัดด้วย *PstI* และไม่ถูกตัด และถูกตัดมากกว่า 1 ตำแหน่ง

ตารางที่ 1. สรุปจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษา และการแสดงแบบแผนของ LPS และ PCR-RFLP

No.	Source	Code	Isolated type	LPS pattern			Restriction Enzyme		
				Typical	Atypical	Smear	EcoRI	PstI	NotI
1	Outgroup								
2	THAI	BpNF10/38	Human	√			+	+	+
3	THAI	BpNF47/38	Human	√			+	+	+
4	THAI	BpNF105/37	Human	√			+	+	+
5	THAI	BpNF154/37	Human	√			+	+	+
6	THAI	E008	Environment	√			+	++	+
7	THAI	E025	Environment	√			+	++	+
8	THAI	E203	Environment	√			+	++	+
9	THAI	230a	Human	√			+	+	+
10	THAI	241a	Human	√			+	+	+
11	THAI	244a	Human	√			+	-	+
12	THAI	932a	Human	√			+	+	+
13	THAI	#1	Human	√			-	+	+
14	THAI	#2	Human		√		-	+	+
15	THAI	#3	Human		√		-	+	+
16	THAI	#4	Human		√		-	+	+
17	THAI	#5	Human		√		-	+	+
18	THAI	#6	Human		√		+	+	+
19	THAI	#7	Human		√		+	+	+
20	THAI	#8	Human		√		+	+	+
21	THAI	#9	Human		√		+	+	+
22	THAI	#10	Human	√			+	+	+
23	THAI	#11	Human	√			+	+	+
24	THAI	#12	Human		√		-	+	+
25	THAI	#13	Human			√	+	+	+
26	THAI	#14	Human			√	+	+	+
27	THAI	#15	Human			√	+	+	+
28	THAI	#16	Human		√		+	+	+
29	THAI	#17	Human		√		+	+	+
30	THAI	#18	Human	√			+	+	+
31	THAI	#19	Human			√	+	+	+
32	THAI	#20	Human		√		-	+	+
33	THAI	#21	Human		√		-	+	+
34	THAI	#22	Human	√			+	+	+
35	THAI	#23	Human		√		+	+	+
36	THAI	#24	Human		√		+	+	+
37	THAI	#25	Human		√		+	+	+
38	THAI	#26	Human		√		-	+	+
39	THAI	#27	Human			√	+	+	+
40	THAI	#28	Human			√	+	+	+
41	THAI	#29	Human	√			+	+	+
42	THAI	#30	Human	√			+	+	+
43	THAI	#31	Human	√			+	+	+
44	THAI	#32	Human	√			+	+	+
45	THAI	A	Human	√			+	+	+
46	THAI	B	Human	√			-	+	+
47	THAI	C	Human	√			+	+	+
48	THAI	D	Human	√			+	+	+
49	THAI	G	Human	√			+	+	+
50	THAI	I	Human	√			+	+	+
51	THAI	J	Human	√			+	+	+
52	THAI	P	Human	√			+	+	+
53	THAI	Q	Human	√			+	+	+
54	THAI	U	Human	√			+	+	+
55	THAI	R	Human	√			-	+	+
56	THAI	Y 1	Human	√			+	+	+
57	THAI	Z 2	Human	√			+	+	+

ตารางที่ 1. (ต่อ)

No.	Source	Code	Isolated type	LPS pattern			Restriction Enzyme		
				Typical	Atypical	Smear	EcoRI	PstI	NotI
58	THAI	1889a	Human	√			+	+	+
59	THAI	1895a	Human	√			+	+	+
60	THAI	1909a	Human			√	+	+	+
61	THAI	1923a	Human	√			+	+	+
62	THAI	2037a	Human	√			+	+	+
63	THAI	2095a	Human	√			+	+	+
64	THAI	2096a	Human	√			+	+	+
65	THAI	2102a	Human	√			+	+	+
66	THAI	2104a	Human	√			+	+	+
67	THAI	2106a	Human			√	+	+	+
68	THAI	2110a	Human	√			+	+	+
69	THAI	2111a	Human	√			+	+	+
70	THAI	2112a	Human	√			+	+	+
71	THAI	2113a	Human	√			+	+	+
72	THAI	1960	Human	√			+	+	+
73	THAI	2115a	Human	√			+	+	+
74	THAI	2116a	Human	√			+	+	+
75	THAI	2120a	Human	√			+	+	+
76	THAI	2121a	Human	√			+	+	+
77	THAI	2123a	Human	√			+	+	+
78	THAI	2124a	Human	√			+	+	+
79	AUSTRALIA	1A BA	Human	√			+	+	+
80	AUSTRALIA	1B BA	Human	√			+	+	+
81	AUSTRALIA	2A BA	Animal	√			-	+	-
82	AUSTRALIA	2B BA	Animal	√			-	+	-
83	AUSTRALIA	3 BA	Animal	√			-	+	+
84	AUSTRALIA	4A BA	Animal	√			-	+	+
85	AUSTRALIA	4B BA	Animal	√			-	+	+
86	AUSTRALIA	6A BA	Soil	√			-	+	-
87	AUSTRALIA	6B BA	Soil	√			-	+	-
88	AUSTRALIA	7A BA	Soil		√		-	+	+
89	AUSTRALIA	7B BA	Soil		√		-	+	+
90	AUSTRALIA	8A BA	Animal	√			-	+	-
91	AUSTRALIA	8B BA	Animal	√			-	+	+
92	AUSTRALIA	9A BA	Human	√			-	+	+
93	AUSTRALIA	9B BA	Human	√			-	+	+
94	AUSTRALIA	10 BA	Human	√			-	+	+
95	AUSTRALIA	11 BA	Human	√			-	+	+
96	AUSTRALIA	12 BA	Human	√			-	+	+
97	AUSTRALIA	13 BA	Human	√			-	+	+
98	AUSTRALIA	14 BA	Soil	√			-	+	+
99	AUSTRALIA	16A BA	Human	√			-	+	-
100	AUSTRALIA	16B BA	Human	√			-	+	-
101	AUSTRALIA	17A BA	Human	√			-	+	+
102	AUSTRALIA	17B BA	Human	√			-	++	+
103	AUSTRALIA	18A BA	Human		√		-	++	+
104	AUSTRALIA	18B BA	Human		√		-	++	+
105	AUSTRALIA	19 BA	Animal	√			-	+	+
106	AUSTRALIA	20 BA	Human	√			-	+	+
107	AUSTRALIA	21 BA	Human	√			-	-	+
108	AUSTRALIA	22A BA	Human	√			-	+	+
109	AUSTRALIA	22B BA	Human	√			-	+	+
110	AUSTRALIA	23A BA	Human		√		-	+	+
111	AUSTRALIA	23B BA	Human		√		-	+	+
112	AUSTRALIA	24ABA	Human	√			-	+	+
113	AUSTRALIA	24B BA	Human	√			-	+	+
114	AUSTRALIA	25 BA	Animal	√			-	+	+

ตารางที่ 1. (ต่อ)

No.	Source	Code	Isolated type	LPS pattern			Restriction Enzyme		
				Typical	Atypical	Smear	EcoRI	PstI	NotI
115	AUSTRALIA	26 BA	Animal	√			-	+	+
116	AUSTRALIA	27 BA	Animal	√			-	+	+
117	AUSTRALIA	28 BA	Animal	√			-	+	+
118	AUSTRALIA	29 BA	Human	√			-	+	-
119	AUSTRALIA	30 BA	Animal	√			-	+	-
120	LAO	L03	Human	√			-	+	+
121	LAO	L04	Human	√			+	+	+
122	LAO	L05	Human	√			+	+	+
123	LAO	L06	Human	√			-	+	+
124	LAO	L07	Human	√			-	+	+
125	LAO	L08	Human	√			+	+	+
126	LAO	L09	Human	√			+	+	+
127	LAO	L10	Human	√			+	+	+
128	LAO	L13	Human	√			-	+	+
129	LAO	L18	Human	√			-	+	+
130	HONGKONG	HK1	Animal	√			+	+	+
131	HONGKONG	HK2	Animal	√			+	+	+
132	HONGKONG	HK3	Animal	√			+	+	+
133	HONGKONG	HK4	Aerosol	√			+	+	+
134	HONGKONG	HK5	Animal	√			+	+	+
135	HONGKONG	HK7	Animal	√			+	+	+
136	HONGKONG	HK8	Animal	√			+	+	+
137	HONGKONG	HK9	Animal	√			+	+	+
138	HONGKONG	HK10	Animal	√			+	+	+
139	HONGKONG	HK11	Animal	√			+	+	+
140	HONGKONG	108A	Soil	√			+	+	+
141	HONGKONG	108B	Soil	√			+	+	+

√ หมายถึง แบบแผน LPS ที่พบ

+

++ หมายถึง ตัดได้มากกว่า 1 ตำแหน่งด้วย Restriction enzyme

- หมายถึง ตัดไม่ได้ ด้วย Restriction enzyme

3. ผลการสร้าง Phylogenetic tree การวิเคราะห์ผลจากข้อมูล PCR-RFLP และ PCR-RFLP+LPS ได้ถูกนำมาหา phylogenetic tree ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

บทสรุป

ในการวิเคราะห์แบบแผน LPS ของเชื้อที่ทำการศึกษาทั้งสิ้น 141 สายพันธุ์ ซึ่ง 80 ตัวอย่างมาจากประเทศไทย โดย 77 ตัวอย่างมาจากผู้ป่วย และ 3 ตัวอย่างมาจากแหล่งดิน ส่วนอีก 10 ตัวอย่างมาจากประเทศลาว 10 ตัวอย่างมาจากประเทศฮ่องกง ซึ่งส่วนมากได้จากการติดเชื้อของสัตว์ และอีก 41 ตัวอย่างมาจากประเทศออสเตรเลีย โดยพบแบบแผนที่เป็น typical เป็นส่วนใหญ่ 108/141 (%), พบแบบแผนที่เป็น atypical 24/141 (%), และแบบแผนที่เป็น smear 8/141 (%), ซึ่งเป็นไปตามการคาดหมายที่จะพบเชื้อที่มี LPS เป็นแบบ typical มากกว่า atypical โดยตั้งเป้าไว้ที่ 70 : 30 ซึ่งที่พบในการศึกษานี้เป็นสัดส่วน 77 : 23 และจากผลการศึกษาแบบแผน LPS พบว่าเชื้อที่มาจากออสเตรเลียส่วนใหญ่ให้ typical ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลแรกๆที่เชื่อว่าในออสเตรเลียเป็น atypical และพบแบบแผนที่เป็น smear เฉพาะผู้ป่วยในประเทศไทยเท่านั้น

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ WaaF โดยวิธี PCR-RFLP ด้วยเอนไซม์ 3 ชนิด สามารถแบ่งแบบแผนที่ได้ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ตัดได้ 1 ตำแหน่ง ด้วยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด มีทั้งสิ้น 81/141 (57.4%)

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้สร้าง phylogenetic tree ที่อาศัยข้อมูลจากทั้ง PCR-RFLP ร่วมกับ LPS เพื่อให้ข้อมูล phylogenetic tree มีค่ามากขึ้น เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มในการหาความสัมพันธ์ทั้งระดับ genotype และ phenotype ประกอบกัน ผลที่ได้กลับพบว่ากลุ่มความสัมพันธ์ลดลงเป็น 4 กลุ่ม แต่ให้ความชัดเจนกว่าในกรณีข้างต้น กล่าวคือ จะมีกลุ่มพื้นฐานใหญ่ 2 กลุ่ม ในกลุ่มที่ 1 ที่เป็นจำนวนมากที่สุดที่พบเชื้อจากไทย ลาว อ่องกง และออสเตรเลีย และกลุ่มนี้แตกแขนงโดยมีเชื้อจากแหล่งดินในไทยแยกออกมาชัดเจน ส่วนในกลุ่มที่ 2 พบลักษณะเชื้อจากไทย ลาว และออสเตรเลีย และมีการแตกแขนงสายของเชื้อจากออสเตรเลียอย่างชัดเจน เมื่อวิเคราะห์ผลก็จะให้แนวโน้มเช่นเดียวกับข้างต้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในโครงการนี้สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์คาดการณ์การกระจายของเชื้อจากแหล่งต่างๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ต่อความเข้าใจในการจัดการโดยเฉพาะการระบาดของเชื้อ เช่น กรณีอ่องกงเป็นต้นซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงแหล่งของเชื้อในการแพร่กระจาย อีกทั้งในส่วนของเชื้อจากแหล่งดินในประเทศไทยมีข้อน่าสนใจที่ลักษณะแยกออกจากเชื้อที่ได้จากผู้ป่วยอย่างชัดเจน แต่เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่ศึกษาน้อยเกินไป คณะผู้วิจัยคาดว่าจะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_247001

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์ สิริสิงห์ และคุณนริศรา จันทราทิพย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำการศึกษา LPS pattern และการให้เชื้อหลักจากประเทศออสเตรเลีย ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวรรณพร วุฒิเอกนันต์ จาก Welcome Unit ที่กรุณาให้เชื้อจากผู้ป่วยในประเทศ และเป็นผู้ประสานการให้เชื้อจากประเทศลาวและอ่องกง โดยขอขอบคุณ Director Suzanne Gendron, Division of Zoological Operation and Education, Ocean Park Corporation, Hongkong ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เชื้อที่ได้จากอ่องกง นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ คุณสุดา ตันพิบูลย์ศักดิ์ ที่ให้คำแนะนำการทำ PCR-RFLP และคุณอุบล ตั้งวานิช และคุณอัญชลี ฐานวิสัย ที่แนะนำการใช้โปรแกรม Phylogenetic tree

เอกสารอ้างอิง

- Anuntagool, N., P. Aramsri, T. Panichakul, V. Wuthiekanun, R. Kinoshita, N.J. White and S. Sirisinha. 2000. Antigenic heterogeneity of lipopolysaccharide among *Burkholderia pseudomallei* clinical isolates. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public. Health* 31: 146-152.
- Burntack, M.N. and D.E. Woods. 1999. Isolation of polymyxin B-susceptible mutants of *Burkholderia pseudomallei* and molecular characterization of genetic loci involved in polymyxin B resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 43: 2648-2656.
- Dance, D.A.B. 2000. Melioidosis as an emerging global problem. *Acta Tropica* 74: 115-119.
- Inglis, T.J.J., S.C. Garrow, C. Adams, M. Henderson and M. Mayo. 1998. Dry season outbreak of melioidosis in Western Australia. *Lancet* 352: 1600.
- Pitt, T.L., S. Trakulsomboon and D.A.B. Dance. 2000. Molecular phylogeny of *Burkholderia pseudomallei*. *Acta Tropica* 74: 181-185.
- Suputtamongkol, Y., A.J. Hall, D.A. Dance, W. Chaowagul, A. Rajchanuvong, M.D. Smith and N.J. White. 1994. The epidemiology of melioidosis in Ubon Ratchani, northeast Thailand. *Int. J. Epidemiol.* 23: 1082-1090.
- Trakulsomboon, S., D.A.B. Dance, M.D. Smith, N.J. White and T.L. Pitt. 1997. Ribotype differences between clinical and environmental isolates of *Burkholderia pseudomallei*. *J. Med. Microbiol.* 46: 565-570.
- Vadivelu, J., S.D. Puthucherry, A. Mifsud, B.S. Drasar, D.A.B. Dance and T.L. Pitt. 1997. Ribotyping and DNA macrorestriction analysis of isolates of *Burkholderia pseudomallei* from cases of melioidosis in Malaysia. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 91: 358-360.

A Molecular Phylogenetic Study of Selected in Goldian Species

Nattawut Boonyuen^{1,2}, Somsak Sivichai², Jeerapun Worapong^{1,3} and Nigel Hywel-Jones²

¹Department of Biotechnology, Faculty of Science, Mahidol University, Rajdhevee, Bangkok 10400, Thailand,

²BIOTEC, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Khlong Luang, Pathumthani 12120, Thailand,

³Center for Biotechnology, Institute of Science and Technology for Research and Development, Mahidol University, Bhudthamonthon 4 Rd., Nakornpathom 73170, Thailand

Taxonomic studies of Ingoldian fungi are chiefly based on morphological and ontogenetic traits. However, some of them need to be reclassified especially at the genus and species levels. Sivichai et al. (2003) proposed that the anamorph of *Hymenoscyphus varicosporoides* is a waiting to be described species of *Tricladium* rather than of the genus *Varicosporium* sp. as originally delineated by Tubaki (1966). Additionally, the two species, *H. varicosporoides* and *Cudoniella indica*, possess almost the same morphological characteristics except for differences in asci staining. Thus, we conducted a molecular phylogenetic analysis of complete ITS1-5.8S-ITS2 sequences of 37 selected Ingoldian taxa in Helotiaceae to clarify sexual-asexual links among these two conspecific genera. Significantly, phylogenetic data suggested that 37 selected genera formed a monophyletic group in Helotiaceae, Helotiales. The results indicate that both type species have an anamorph best assigned to *T. indicum* with a well-supported clade (82%) containing either teleomorph genera of *H. varicosporoides*, *C. indica*, or its anamorph. The molecular data suggest that the presence or absence of a staining reaction for the apical ring is not a phylogenetically reliable character. The highly significant identity 98-99.5% of ITS1-2 and 5.8S regions of *C. indica* (SS 708) and *H. varicosporoides* (SS 336, SS 76.01 and CBS 651.66) is valid evidence implying that the two genera are very closely related or synonymous. The inferred phylogenetic trees illustrate that a subclade of temperate strains isolated from the UK, India and Japan formed separately from a subclade of tropical strains isolated from Thailand. Molecular phylogenetic analysis that relies on ITS1-5.8S-ITS2 sequences is a useful tool for resolving the different genera or species and for integration of teleomorph-anamorph connections within these related Ingoldian taxa in Helotiaceae.

Key words: *Cudoniella indica*, *Hymenoscyphus varicosporoides*, Ingoldian fungi, molecular phylogeny

Introduction

Freshwater fungi play an important role in colonising and degrading organic matter in the aquatic habitat. In the last six years, over 400 species were collected adding to knowledge of diversity and ecology studies of freshwater fungi in Thailand. Of this number, most were new records for Thailand, while at least 20% are probably novel to science. Most of these freshwater fungi are ascomycetes or their mitosporic (asexual) states. Significantly, freshwater fungi comprise of three taxonomic groups. The first group is the “lower fungi” (e.g. Zygomycota) while the second is “higher fungi” (mostly Ascomycota with some Basidiomycota). The last group is not a strict taxonomic grouping but have been called Ingoldian fungi.

The Ingoldian fungi was named by Dr. Henry Descals in honour of Professor C.T. Ingold who drew attention to their significance in freshwater habitats over sixty years ago (Webster and Descals, 1981). This fungal group was referred to as the “aquatic hyphomycetes” with relatively large and modified conidia that adapted for staying in streams and damp environments. Most studies of Ingoldian fungi have been from northern temperate regions with few from the tropics (Descals, 1997). There are approximately 500 species currently known and hundreds await description especially on generic level (Descals, 1997). These are mostly mitosporic states of Ascomycota, although in most cases the teleomorph associations are unknown.

In Thailand, there were four published reports and a few unpublished surveys (Tubaki et al., 1983; Sivichai, 1999; Marvanova and Hywel-Jones, 2000; Sakayaroj, 2000; Sivichai and Boonyene, 2004). At present, this fungal group has been studied for a year with the results showing that over a hundred species were recognised and collected. However, many species of this fungal group are taxonomically problematic classification based on their morphological characteristics and ontogeny.

Current interest aspects of this study are the confusing names of its anamorph to one taxon in discomycete, in Leotiomycetes, Helotiales and Helotiaceae, which is referable to *Hymenoscyphus varicosporoides* Tubaki (Tubaki, 1966). Tubaki described an anamorph state of this fungus to *Varicosporium*. He also pointed out that the anamorph state *Varicosporium* could equally well be referred to *Polycladium* or *Tricladium*. Sati and Tiwari (1992) described a deuteromycetous fungus with appendage conidia as a new species –*T. indicum*– from India. In addition, other anamorphs have been described for *Hymenoscyphus* species: *Anguillospora*, *Articulospora*, *Dimorphospora*, *Geniculospora*, *Tricladium* while *Varicosporium* for Ingoldian hyphomycetes, and *Helicodendron* for aero-aquatic fungi (Tubaki, 1966; Abdullah et al., 1981; Fisher and Webster, 1983; Webster, 1992). For example, *Tricladium* has also been shown to have different teleomorphs: *T. splendens* with *H. splendens* (Leotiaceae), *T. chaetocladium* with *Hydrocina chaetocladia* (Hyaloscyphaceae) (Abdullah et al., 1981; Webster et al., 1990), and *T. indicum* with *Cudoniella indica* (Webster et al., 1995). However, these fungi are all genera with very different conidial morphologies. This species was collected in Thailand and identified to the same species described by Tubaki (1966) as *H. varicosporoides* in Sivichai et al. (2003).

Various anamorphs have been described for *Hymenoscyphus* species: *Anguillospora*, *Articulospora*, *Dimorphospora*, *Geniculospora*, *Tricladium*, and *Varicosporium* for Ingoldian hyphomycetes and *Helicodendron* for aero-aquatic fungi (Tubaki, 1966; Abdullah et al., 1981; Fisher and Webster, 1983; Webster, 1992). These are all genera with very different conidial morphologies. Importantly, *Tricladium* has also been shown to have different teleomorphs: *T. splendens* with *H. splendens* (Leotiaceae), *T. chaetocladium* with *Hydrocina chaetocladia* (Hyaloscyphaceae) (Abdullah et al., 1981; Webster et al., 1990), while Webster et al. (1995) described *C. indica* as the teleomorph of *T. indicum*.

Other genera considered by Tubaki (1966) were *Polycladium*, *Tricladium*, and *Tricladomyces*. *Polycladium* is ruled out, as the number of lateral branches is greater with tertiary laterals. Roldán et al. (1987) in describing *Dendrospora polymorpha* noted that the genera *Varicosporium*, *Tricladium*, and the *Dendrospora-Dendrosporomyces* complex ‘have become increasingly ill-defined in recent years’. Although the genus *Tricladium* is considered to have only primary branching (Roldán et al., 1987) there “are examples of frequent secondary branching in several *Tricladium* species” although ‘this is definitely not a characteristic of *T. splendens*, the type species. Sivichai et al. (2003) assigned a collection from Thailand to *Tricladium*, which is already an accepted anamorph for *Hymenoscyphus* species (Abdullah et al., 1981).

Both teleomorph genera of *H. varicosporoides* and *C. indica* are similar in morphology. However, the differences in the teleomorphs revolve around the staining of the asci: in *C. indica* asci are J- but J+ in *H. varicosporoides*, but the staining of the ascus tip in *Hymenoscyphus* is considered variable (Spoonner pers. comm.).

With respect to the molecular work, this technique is useful for sorting out the problem to answer and address the confusion over the assignment of these fungi to teleomorph and anamorph genera. The following taxonomic issues need to be resolved:

- i. Is the anamorph described for *H. varicosporoides* best placed in *Varicosporium* as originally proposed by Tubaki (1966), or better placed in *Tricladium* as recommended by Sivichai et al. (2003) based on morphological characteristics?
- ii. Is the anamorph *T. indicum* conspecific of *H. varicosporoides* and *C. indica*?
- iii. Are the teleomorph genera of *Hymenoscyphus* and *Cudoniella* polyphyletic?

Research Objectives:

1. To use molecular techniques to determine whether teleomorphs *Hymenoscyphus* and *Cudoniella* even these two genera of freshwater species are belong to the same genus
2. To clarify anamorph-teleomorph relationships in these genera

3. To construct phylogenetic trees to examine evolutionary relationships of the selected genera and species
4. To isolate more species of Ingoldian fungi for future molecular studies and deposit in the BIOTEC Culture Collection (BCC) for future studies

Methodology

Genomic DNA of selected fungi was extracted by Wang and colleague method (Wang et al., 1993). The internal transcribed spacer (ITS) regions of rDNA gene were amplified with universal primers ITS5 and ITS4 (White et al., 1990). Purified PCR products were submitted for sequence determination by BIOTEC Service Unit. Sequences were verified by employing the Blast program to identify matches in Genbank at NCBI database. DNA sequences were aligned using Clustal W 1.6 program (Thompson et al., 1994) bundled in BioEdit (Hall, 2001). Percent identity between *H. varicosporoides*, *C. indica* and other species pairs (*Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides*, *T. splendens*) were also calculated. Analyses of all sequence alignments were performed using PAUP* 4.0b8 (Swofford, 2003). The phylogenetic trees were generated using maximum parsimony criteria for analysis of nucleotides. Parsimony tree scores that are Tree length, CI, RI, RC, HI and Bootstrap were calculated and recorded in the phylogram figures.

Results

The matrix table 1 was used to demonstrate percentage identity of the ITS1-5.8S-ITS2 sequences among *H. varicosporoides*, its anamorphic stages and two strains of *C. indica* (SS 708 and CBS 430.94). It showed that there was 97-100% identity among mentioned taxa. The *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* (SS 472) and *H. varicosporoides* (SS 76.01) showed 100% identity while two strains of *T. varicosporoides* SS472 and SS451 possess 98% identity of ITS1-5.8S-ITS2 sequences. There were 97% identical nucleotide base pairs of ITS1-5.8S-ITS2 sequences between two strains of *C. indica* (SS 76.01) and *H. varicosporoides* (CBS 651.66). In addition, the matrix showed the highly significant identity 98-99% of ITS1-2, 5.8S regions of *C. indica* (SS 708) and *H. varicosporoides* (SS 336, SS 76.01 and CBS 651.66).

Table 1. Percentage identity of ITS1-2 and 5.8S rDNA sequences between *H. varicosporoides*, its anamorphic stages, its anamorphic stages and *C. indica* using pairwise alignment

Taxon pairs of ITS region	1	2	3	4	5	6	7
	SS 336	SS 76.01	CBS 651.66	SS 708	CBS 430.94	SS 451	SS 472
1 <i>H. varicosporoides</i> (SS 336)	100	100	98	98	98	98	100
2 <i>H. varicosporoides</i> (SS 76.01)	-	100	97	98	98	98	100
3 <i>H. varicosporoides</i> (CBS 651.66)	-	-	100	99	99.5	97	98
4 <i>Cudoniella indica</i> (SS 708)	-	-	-	100	99.5	97	97
5 <i>C. indica</i> (CBS 430.94)	-	-	-	-	100	97	98
6 <i>Tricladium</i> anamorph of <i>H. varicosporoides</i> (SS 451)	-	-	-	-	-	100	98
7 <i>Tricladium</i> anamorph of <i>H. varicosporoides</i> (SS 472)	-	-	-	-	-	-	100

The percentage of identity in the ITS1-5.8S-ITS2 regions of *Tricladium* and *Varicosporium* ranges between 71-98%. The highly significant identity of 96-98% was found in *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* (SS 451, SS 472), *T. indicum* (CBS 430.94) and *T. splendens* (SS 2282, type species).

In addition, there is 96% identity of ITS1-5.8S rDNA-ITS2 sequences between strains of *T. splendens* (SS 2282, type species) and *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* (SS 451, SS 472). Additionally, only 73-78% identity was compared between *H. varicosporoides* (*Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides*) and *Varicosporium* anamorph (*V. delicatum* and *V. elodeae*) in table 2.

Table 2. Percentage of identity between *Tricladium* spp. and *Varicosporium* spp. by pairwise alignment on ITS1-2 and 5.8S gene

	Taxon pairs of ITS region	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		SS 451	SS 472	SS 2282	CBS 430.94	CBS 697.73	CBS 249.90	AY 204611	CBS 508.71	CBS 541.92	CBS 574.95
1	<i>Tricladium</i> anamorph of <i>H. varicosporoides</i> (SS 451)	100	97	96	98	95	74.5	74	72.5	78	74
2	<i>Tricladium</i> anamorph of <i>H. varicosporoides</i> (SS 472)	-	100	96	97	94	73	74	72	78	73
3	<i>T. splendens</i> (SS 2282)	-	-	100	96	95	73	74	71	78	73
4	<i>T. indicum</i> (CBS 430.94)	-	-	-	100	94	74	74	71	78	73
5	<i>T. terrestre</i> (CBS 697.73)	-	-	-	-	100	73	73	71	77	73
6	<i>T. chaetocladium</i> (CBS 249.90)	-	-	-	-	-	100	70	77	72	89
7	<i>T. angulatum</i> (AY204611)	-	-	-	-	-	-	100	72	74	71
8	<i>T. giganteum</i> (CBS 508.71)	-	-	-	-	-	-	-	100	74	78
9	<i>Varicosporium elodeae</i> (CBS 541.92)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	73
10	<i>V. delicatum</i> (CBS 574.95)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100

Phylogenetic trees were generated using the maximum parsimony analysis of ITS1-2, 5.8S rDNA data to clarify anamorph-teleomorph relationships in 37 selected species described in materials and methods. *Tuber mesentericum* and *T. aestivum* were outgroup taxa in Pezizales.

For the maximum parsimony analysis, the number of parsimony informative sites was 297 (34.61%). The data set yielded two equally parsimonious trees having the same MP scores (data not shown). The strict consensus tree was applied to these two trees resulting in the average tree smallest tree length (1191) with CI=0.623, RI=0.763, RC=0.476 and HI=0.377 (Fig. 1). All topologies were roughly separated into four clades that were A, B, C and D.

Clade A contained two sub-branches forming monophyletic group of the most heterogenous *Hymenoscyphus* spp. with a bootstrap value of 61%. These *Hymenoscyphus* species were recognized within GenBank strains with accession number. They were *H. serotinus* AY348592, *H. immutabilis* AY348584, *H. scutulus* AY348591, *H. cf. menthae* AY348588, *H. caudatus* AY348576, *H. fucatus* AY348583, *H. cf. fructigenus* AY348582, *H. fructigenus* AJ430396 (type species of the genus), *H. monotropae* AF169309, *H. lasiopodius* AY348587, *H. epiphyllus* AY348581 and *H. epiphyllus* AY348580. The bootstrap value of clade A and Clade B was 35%.

Clade B was composed of *Tricladium angulatum* AY204611, *T. angulatum* AY204608, *Anguillospora filiformis* AY148105, *A. filiformis* AY148104, and *V. elodeae* CBS 541.92 (type species of the genus) with bootstrap value of 35%. At this internode, there were two subgroups of *T. angulatum* AY204611 and *T. angulatum* AY204608 clustered together with the branch of *A. filiformis* AY148105, *A. filiformis* AY148104 and *Varicosporium elodeae* CBS 541.92 with bootstrap 100%.

Clade C was the most populated clade having *T. terrestre* CBS 697.73 (UK) and *C. acicularis* CBS 100273 (Denmark) at the base. And this clade was clustered by *Anguillospora crassa* AY204582 (anamorph of *Mollisia uda*), *A. crassa* (anamorph of *Mollisia uda*), *A. furtiva* AY148107

Length = 1191
CI = 0.623
RI = 0.763
RC = 0.476
HI = 0.377

56
— *Hymenoscypha serotinus* AY348592
— *Hymenoscypha immutabilis* AY348584
65
— *Hymenoscypha scutulus* AY348591
100
66
— *Hymenoscypha* cf. *menthae* AY348588
89
— *Hymenoscypha caudatus* AY348576
99
— *Hymenoscypha fucatus* AY348583
61
— *Hymenoscypha* cf. *fructigenus* AY348582
— *Hymenoscypha fructigenus* AJ430396
75
— *Hymenoscypha monotropae* AF169309
(49*)
— *Hymenoscypha lasiopodius* AY348587
99
— *Hymenoscypha epiphyllus* AY348581
— *Hymenoscypha epiphyllus* AY348580
(35*)
100
— *Tricladium angulatum* AY204611
(35*)
100
— *Tricladium angulatum* AY204608
100
— *Anguillospora filiformis* AY148105
— *Anguillospora filiformis* AY148104
— *Varicosporium elodeae* CBS 541.92, Canada
100
— *Anguillospora crassa* AY204582 {*Mollisia uda*}
68
— *Anguillospora crassa* AY204581 {*Mollisia uda*}
95
— *Anguillospora furtiva* AY148107 {*Pezoloma* sp.}
(43*)
— *Zalerion varium* AF169303
62
100
— *Tricladium splendens* AY204634 {*H. splendens*}
100
— *Tricladium splendens* SS 2274, Spain {*H. splendens*}
— *Tricladium splendens* SS 2282, Spain {*H. splendens*}
61
— *Cudoniella indica*, SS 708, UK {*Cudoniella indica*}
98
— *Tricladium indicum* CBS 430.94, India {*Cudoniella indica*}
77
— *Hymenoscypha varicosporoides* CBS 651.66, Japan
100
— *Hymenoscypha varicosporoides*, SS 336, Thailand
92
— *Hymenoscypha varicosporoides*, SS 76.01, Thailand
52
— *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* SS 472, Thailand
95
— *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* SS 451, Thailand
— *Tricladium terrestre* CBS 697.73, UK
— *Cudoniella acicularis* CBS 100273, Denmark
60
96
— *Tricladium chaetocladium* CBS 249.90, UK {*Hydrocina chaetocladium*}
— *Varicosporium delicatum* CBS 574.95, Canada
— *Dimorphospora foliicola* CBS 221.59, Japan {*H. foliicolus*}
— *Tricladium giganteum* CBS 508.71, UK
— *Tuber mesentericum* AF516800
— *Tuber nestivum* AF516791

10 changes

Outgroup

A

B

C

Temperate isolates

Thailand isolates

D

BRT Research Reports 2006

Clade D was formed by *T. chaetocladium* CBS 249.90, UK (anamorph of *Hydrocina chaetocladia*), *V. delicatum* CBS 574.95 (Canada), *Dimorphospora foliicola* CBS 221.59 (anamorph of *H. foliicola*, Japan) and *T. giganteum* CBS 508.71 (UK) at the base of connecting branch. A formed a single clade with a bootstrap value of 60%. *T. chaetocladium* CBS 249.90, *V. delicatum* CBS 574.95 were grouped together in the 96% supportive bootstrap branch.

Discussion

The results of sequence analysis and phylogram strongly supported that the anamorph of *H. varicosporoides* should be classified under the species of *T. varicosporoide* as proposed by Sivichai et al. (2003) (Table 1 and Fig. 1). The molecular phylogenetic analysis indicated that the clade of *H. splendens* and *T. splendens* was grouped with *H. varicosporoides* with a bootstrap value of 61%, and held 96% identity of ITS1-5.8S-ITS2 sequences (Fig. 1). By contrast, the identity of the ITS1-5.8S-ITS2 regions between anamorphic stages of *Tricladium* spp. and *Varicosporium* spp. was only 71-96% (Table 2). *Varicosporium elodeae* CBS 541.92 was formed with *A. filiformis* AY148104, AY148105 in the clade B, and *V. delicatum* CBS574.95 was clustered with *T. chaetocladium* CBS249.90, *Dimorphospora foliicola* at the base of the phylogeny tree in the clade D (Fig. 1). *T. chaetocladium* was recorded as the anamorph of *Hydrocina chaetocladia* (Hyaloscyphaceae) (Abdullah et al., 1981; Webster et al., 1990). This result suggested that some anamorphs of *Tricladium*, *Varicosporium*, *Anguillospora* are probably polyphyletic corresponding to the conclusion of Zhang and Zhuang (2004). More species of *Tricladium*, *Anguillospora* and *Varicosporium* are needed for further study and revision.

It is interesting to note that these selected Ingoldian taxa in the clade C of MP inferred tree was delineated into 2 groups of *Tricladium* with primary branched conidia and *Anguillospora* with sigmoid conidia that somewhat consistent with classical classification based on shape of conidia. These molecular results are in accordance with Sivichai et al. (2003) classification based on branching characters of conidia. The asexual spores of *Tricladium* are primary branches whereas the conidia of *Varicosporium* are formed secondary branches (Sivichai et al., 2003). Additionally, Abdullah et al. (1981) also described that the teleomorph *H. splendens* is the species of *T. splendens*.

The inferred MP tree of ITS1-2 and 5.8S regions of *C. indica* (SS 708) and *H. varicosporoides* (SS 336, SS 76.01 and CBS 651.66) is a strong evidence showing that the two genera are very closely related or even synonymous fungi sharing a recent common ancestor (Fig.1 and Table 1). These results suggested that the presence or absence of a staining reaction is not a phylogenetically reliable character. Nonetheless, on the basis of 5.8S-ITS sequence data there is no support for confident combining *C. indica* (SS 708) and *H. varicosporoides* (SS 336, SS 76.01 and CBS 651.66) into the same species. The identity of 5.8S-ITS between *C. indica* SS 708, *T. indicum* CBS 430.94 were 99.5%, strongly support the idea that both of them are teleomorph and anamorph of each other while the identity of 5.8S-ITS between *C. indica* SS 708 and *H. varicosporoides* CBS 651.66 were 99.0%. In the same token identity of 5.8S-ITS sequences of *H. varicosporoides* strain SS 336, strain SS 76.01, strain SS 472, CBS 651.66 and strain SS 451 displayed 100%, 100%, 98% and 98%, respectively. The results of 5.8S-ITS divergences among strains of *H. varicosporoides* were 0-2% or 98-100% identity.

Notably, the identity of 5.8S-ITS sequences of *C. indica* SS 708 and *C. acicularis* CBS 100273 were only 88.85% (data not shown). That the greater difference is within the same genus excluded *C. acicularis* CBS 100273 to the base of clade C. Thus, the borderline of 5.8S-ITS divergences to delineate or to determine relationships at the species and within-species among this group of Ingoldian fungi from this study is still unclear. More evidences of other morphologies and other genetic makers are needed to clarify the division of *C. indica* SS 708 and *H. varicosporoides* SS 336, SS 76.01 and CBS 651.66. However, the previous molecular scientists who studied other fungi such as *Colletotrichum* spp. described that 0.4-0.8% divergences of 5.8S-ITS sequence were too low to confidently separate closely related *Colletotrichum* strains into different species (Martinez-Culebras et al., 2003).

Interestingly, the clade supporting *C. indica* and *H. varicosporoides* is a clade of species isolated from temperate regions in Spain, India and Japan grouped separately from species isolated from tropical forest in Thailand. Even though the *C. indica* (CBS 430.94) was the species from India, but it was collected from foam samples in the stream of Kumaun Himalaya, a high mountain with 1,850 m. above the sea level (Sati and Trivari, 1992). Moreover, both strain of *C. indica* SS708 and

H. varicosporoides CBS 651.66 are accommodated in the temperate zones of Japan and the United Kingdom. In addition, these two sub clades contain anamorphs representing the major development forms for fungi adapted to a lotic environment. Thus, the topology of this clade reflects a correlation of climate and habitats origins.

The clade A comprising of the ectomycorrhizae of the *Hymenoscyphus* spp. (Zhang and Zhuang, 2004) was included into the molecular phylogenetic tree construction as for the internal control of topology forming. And the results of topology clustering were the same as previously reported by Zhang and Zhuang, 2004. Interestingly, the topology of *Hymenoscyphus* (ectomycorrhizae) clade represented the unique nutritional mode of mutualistic relationships.

Conclusions

1. The high significant identity 98-99.5% of ITS1-2 and 5.8S regions of *C. indica* (SS 708 and CBS 430.94) and *H. varicosporoides* (SS 336, SS 76.01 and CBS 651.66) is valid evidence showing that the two genera are very closely related or even synonymous.

2. Maximum parsimony tree (MP) of the completed ITS1-5.8S-ITS2 sequences can delineate selected Ingoldian genera in Helotiaceae in to four clades. Clade A is represented by *H. serotinus*, *H. immutabilis*, *H. scutulus*, *H. cf. menthae*, *H. caudatus*, *H. fucatus*, *H. cf. fructigenus*, *H. fructigenus* (type species of the genus), *H. monotropae*, *H. lasiopodius*, *H. epiphyllus* and *H. epiphyllus*, a monophyletic group for selected genera in this study. Clade B is composed of *T. angulatum*, *T. angulatum*, *A. filiformis*, *A. filiformis*, and *V. elodeae* CBS 541.92. Members in clade C are included *Anguillospora crassa*, *A. furtive*, *Zalerion varium*, *T. splendens* SS 2274, *T. splendens* SS 2282, *Cudoniella indica* SS 708, *T. indicum* CBS 430.94, *H. varicosporoides* CBS 651.66, *H. varicosporoides*, SS 336, *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* SS 472, *Tricladium* anamorph of *H. varicosporoides* SS 451, *H. varicosporoides* SS 336, *T. terrestre* CBS 697.73, and *C. acicularis* CBS 100273. Clade D consists of *T. chaetocladium* CBS 249.90, *V. delicatum* CBS 574.95, *Dimorphospora foliicola* CBS 221.59 and *T. giganteum* CBS 508.71. The outgroup taxa are displayed by *Tuber mesentericum* and *T. aestivum* in Pezizales.

3. Phylogenetic analysis based on ITS1-5.8S-ITS2 data strongly supported that the anamorph of *H. varicosporoides* should be classified under the species of *T. varicosporoide* as proposed by Sivichai et al. (2003) rather than the genus of *Varicosporium* sp. as originally initiated by Tubaki (1966).

4. The molecular analysis suggested that the presence or absence of a staining reaction of the apical ring is not a phylogenetically reliable character used to distinguish two species of *C. indica* and *H. varicosporoides*. The high identity of the completed ITS1-5.8S-ITS2 sequences implied that *C. indica* and *H. varicosporoides* should be closely related or almost identical.

5. Phylogenetic analyses of completed ITS1-5.8S-ITS2 sequences provide strong evidence that *Hymenoscyphus* is a large and heterogeneous genus in both classical and molecular aspects. They have a wide range of substrata and different geographic origins from both terrestrial and aquatic habitats. However, the sequence data might be determined reflect for patterns in their anamorph and teleomorph characteristics as type of substrata/host, bio-geographic origins, climate habitats nutritional modes and historical evolution.

6. The significant identity between genera of anamorphic stages (*Tricladium* spp. and *Varicosporium* spp.) on the ITS1-5.8S-ITS2 regions has range 71-96%. Based on optimal criteria of MP analysis, the results of inferred phylogenetic tree revealed that the a number of lateral branches (two or three laterals) of *Tricladium* and *Varicosporium* anamorph are not a reliable morphological character. This taxon was described as the type species of the genus, in this stage, it is difficult to distinguish the grouping of these fungi especially *Tricladium* and *Varicosporium* anamorph as both genera are probably polyphyletic and need more study to clarify.

7. Phylogenetic analysis based on ITS1-5.8S-ITS2 DNA sequences by MP method suggested that 37 selected genera in Helotiaceae are a monophyletic group in the Helotiales. Molecular phylogeny analysis based on ITS1-5.8S-ITS2 regions is a useful tool for resolving the different genera or species and integration of teleomorph-anamorph connection within these related taxa in Helotiaceae.

Concluding Remarks

For the further studies of selected Ingoldian fungi and their molecular phylogenetic many experiments should be performed:

1. Expanding the study to of nucleotide divergence of ITS1-5.8S-ITS2 from additional species of *Varicosporium* spp., *Tricladium* spp., *Cudoniella* spp. and *Hymenoscyphus* spp. will provide more useful data for clarifying the systematics of these Ingoldian fungi.
2. Other genetic makers are, for examples, the Beta-tubulin gene, which may be divergent enough to distinguish within sub-genotype level of the aquatic hyphomycete fungi.
3. The combination of molecular data from several genes and morphological characteristics including ultra structures, biochemical and ecological characters may give meaningful phylogenetic evidence for addressing evolutionary relationships of Ingoldian taxa.
4. Studying sequence data will be useful for not only the determination patterns in their anamorph and teleomorph characteristics as type of substrata/host range, bio-geographic origins, climate origin, habitats nutritional modes, historical evolution but also the metabolic fingerprinting of bioactive compounds.

Acknowledgements

This project was supported by the TRF/BIOTEC Special Program for Biodiversity Research and Training grant BRT R_647001. This work could not have been accomplished without the logistical support of Dr. Ruud Valyasevi and Prof. Morakot Tanticharoen at BIOTEC for their constant interest and help. Dr. Kanyawim Kirtikara is thanked for reviewing and editing this report.

References

- Abdullah, S.K., E. Descals and J. Webster. 1981. Teleomorphs of three aquatic hyphomycetes. *Transactions of the British Mycological Society* 77: 475-483.
- Descals, E. 1997. Ingoldian Fungi: some field and laboratory techniques. *Bolleti de la Societat d'Historia Natural de les Balears* 40: 169-221.
- Fisher, P.J. and J. Webster. 1983. The teleomorphs of *Helicodendron giganteum* and *H. paradoxum*. *Transactions of the British Mycological Society* 81: 646-659.
- Hall, T. 2001. Bioedit. Version 5.06. Department of Microbiology, North Carolina State University.
- Martinez-Culebras, P.V., A. Querol, M.B. Suarez-Fernandez, M.D. Garcia-Lopez and E. Barrio. 2003. Phylogenetic relationships among *Colletotrichum* pathogens of strawberry and design of PCR primers for their identification. *Journal of Phytopathology* 151: 135-143.
- Marvanova, L. and N.L. Hywel-Jones. 2000. *Sigmoidea contorta* sp. nov. and two rare species from waters in Thailand. *Cryptogamie Mykologie* 21: 13-26.
- Roldán, A., E. Descals and M. Honrubia. 1987. *Dendrospora polymorpha* sp. nov. a new hyphomycete from Spanish streams. *Mycotaxon* 29: 21-27.
- Sakayajoj, J. 2000. A Survey and Study of the Aquatic Fungi at Tone Nga Chang Wildlife-Sactuary, Songkhla Province. M.Sc. Thesis. Prince of Songkhla University, Thailand.
- Sati, S.C. and N. Tiwari. 1992. A new species of *Tricladium* from Kumaum Himalaya, India. *Mycological Research* 96: 229-232.
- Sivichai, S. 1999. Tropical Freshwater Fungi: their Taxonomy and Ecology. Ph.D. Thesis. Portsmouth University, UK.
- Sivichai, S., E.B.G. Jones and N.L. Hywel-Jones. 2003. Lignicolous freshwater ascomycota from Thailand: *Hymenoscyphus varicosporoides* and its *Tricladium* anamorph. *Mycologia* 95: 340-346.
- Sivichai, S. and N. Boonyene. 2004. Freshwater fungi. In E.B.G Jones, M. Tanticharoen and K.D. Hyde. (eds.), Thai Fungal Diversity, pp. 95-106. BIOTEC, Thailand.
- Swofford, D.L. 2003. Phylogenetic analysis using parsimony (PAUP). Version 4.6.2. Laboratory of molecular systematic, Smithsonian Institution, Washington D.C, U.S.A.
- Thompson, J.D., D.G. Higgins and T.J. Gibson. 1994. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through weighting, positions-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research* 22: 4673-4680.
- Tubaki, K., K. Watanabe and L. Manoch. 1983. Aquatic hyphomycetes from Thailand. *Transactions of the Mycological Society of Japan* 6: 11-16.
- Tubaki, K. 1966. An undescribed species of *Hymenoscyphus*, a perfect stage of *Varicosporium*. *Transactions of the British Mycological Society* 49: 345-349.
- Wang, H., Q. Meiqing and A.J. Cutler. 1993. A simple method of preparing plant samples for PCR. *Nucleic Acids Research* 20: 4153-4154.
- Webster, J. and E. Descals. 1981. Morphology, distribution, and ecology of conidial fungi in freshwater habitats. In Cole, G.C. and B. Kendrick (eds.), *Biology of the conidial fungi*, Vol. 1, pp. 295-355. Academic Press, London.
- Webster, J., C. Scheuer and S. Om Khaltoom Khattab. 1990. *Hydrocina chaetoclada* gen. et spec. nov., the teleomorph of *Tricladium chaetocladium*. *Nova Hedwigia* 52: 65-72.
- Webster, J. 1992. Anamorph-teleomorphs relationships. In Barlocher, F. (ed.), *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*, pp. 99-117. Springer-Verlag, Berlin Press.
- Webster, J., A. Eicker and B.M. Spooner. 1995. *Cudoniella indica* sp. nov. (Ascomycetes, Leotiales), the teleomorph of *Tricladium indicum*, an aquatic fungus isolated from a South African River. *Nova Hedwigia* 60: 493-498.
- White, T.J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In Innis, M.A., D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White (eds.), *PCR Protocols. A Guide to Methods and Applications*, pp. 315-322. Academic Press, San Diego.
- Zhang, Y.H. and W.Y. Zhuang. 2004. Phylogenetic relationships of some members in the genus *Hymenoscyphus* (Ascomycetes, Helotiales). *Nova Hedwigia* 78: 475-484.

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลานเนสจากเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ในอาหารแข็ง

คุณธี ณะบริพัตร, อรไท สุขเจริญ และ วิบูลย์ศรี เรืองทวีสิน

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Abstract: Optimization Conditions for Xylanase Production from *Fusarium moniliforme* TISTR3175 Using Solid State Fermentation

Dusanee Thanaboripat, Oratai Sukcharoen and Wiboonsir Ruangtweesin

Department of Applied Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

In this study, it was found that *Fusarium moniliforme* TISTR3175 produced xylanase activity at 917 units/g substrate on rice straw. When rice straw was pretreated with 1% sodium hydroxide for 0.5 h before using as substrate, *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 produced xylanase at 1,480 units/g substrate. When ammonium sulphate and urea were used as the nitrogen source, it was found that *Fusarium moniliforme* TISTR3175 could produce higher amount of xylanase on ammonium sulphate than on urea.

Key words: *Fusarium moniliforme* TISTR3175, xylanase, rice straw, pretreatment of rice straw

บทนำ

เอนไซม์ไซลานเนสเป็นเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์หลายชนิดทั้งเชื้อรา แบคทีเรียและแอสโคไมตา ซึ่งเอนไซม์ไซลานเนสสามารถย่อยสลายไซลันซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบในพืชตระกูลหญ้าได้ เนื่องจากแหล่งคาร์บอนเป็นแหล่งอาหารที่มีผลต่อการเจริญและการผลิตเอนไซม์ไซลานเนส (Mayorga, 2002) ซึ่งประเทศไทยมีวัตถุดิบทางการเกษตรหลากหลายชนิดที่มีราคาถูก ดังนั้นจึงเลือกใช้ ฟางข้าว รำข้าว รูปถา และผักตบชวาเป็นแหล่งคาร์บอน เพื่อเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 โดยการศึกษาสภาวะการทำฟัทธิรเมนต์แหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม โดยการแช่แหล่งคาร์บอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และการต้ม ซึ่งเอนไซม์ไซลานเนสที่ผลิตจากจุลินทรีย์มีคุณภาพ และปริมาณสูงกว่าจากพืชและสัตว์ (Godfrey and West, 1992) โดยเอนไซม์ไซลานเนสสามารถเร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิต และเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสับสเตรททำให้หลีกเลี่ยงปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการได้และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น เพราะว่าเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ ที่สามารถนำมาใช้อุตสาหกรรมหลายประเภท จึงมีการนำเอนไซม์ไซลานเนสมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้เอนไซม์ไซลานเนสมีประโยชน์สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ แทนการฟอกสีเยื่อกระดาษโดยใช้สารเคมีประเภทคลอรีน (Sunna and Antranikian, 1997) ดังนั้นการใช้เอนไซม์ไซลานเนส จะช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมี อีกทั้งการใช้ไซลานเนสยังช่วยเพิ่มความสว่างของเยื่อกระดาษ (Gerand et al., 1993)

วิธีการ

1. เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato Dextrose Agar บนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 ถึง 7 วัน เพื่อให้สปอร์เจริญเต็มที่และนับจำนวนสปอร์ที่ใช้ให้ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

2. การเตรียมสับสเตรท

2.1 การอบแห้ง

นำฟางข้าว รูปฤาษี และผักตบชวา มาล้างน้ำให้สะอาด หั่นให้ละเอียด มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (A.O.A.C, 1990) แล้วมาบดด้วยเครื่องบดอาหารจนละเอียด แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาด 0.2 มิลลิเมตร หรือช่วงขนาด 40 ถึง 60 เมช (mesh) และเก็บในขวดป้องกันความชื้น

2.2 การทำฟัทธิรืทเมเนต์ ผักตบชวา รำข้าว และฟางข้าว ด้วยการต้ม

นำผักตบชวาที่หั่นแล้ว รำข้าว และฟางข้าว 240 กรัม เติมน้ำประปา 1,500 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำผักตบชวา รำข้าว และฟางข้าวที่อบแล้วมาปั่นให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงให้มีขนาด 40 ถึง 60 เมช (mesh) และเก็บในขวดป้องกันความชื้น

2.3 การทำฟัทธิรืทเมเนต์ ผักตบชวา รำข้าว และฟางข้าวด้วยสภาวะการแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1%

นำผักตบชวาที่หั่นแล้ว รำข้าว และฟางข้าวซึ่งน้ำหนัก 40 กรัม เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1% จำนวน 250 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (Zaho et al., 2002) นำมาล้างด้วยน้ำประปาจนสะอาด แล้ววัดพีเอชให้ได้ค่าที่ได้เป็นกลาง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาปั่นให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงให้มีขนาด 40 ถึง 60 เมช (mesh) และเก็บในขวดป้องกันความชื้น

2.4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำฟัทธิรืทเมเนต์รำข้าวและฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วชั่งรำข้าวและฟางข้าว 40 กรัม เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 น้ำหนักต่อปริมาตรจำนวน 250 มิลลิลิตร โดยแปรผันระยะเวลาที่ใช้คือ 0.5, 1 และ 1.5 ชั่วโมง จากนั้นทำการแปรผันความเข้มข้นที่ใช้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยเปรียบเทียบระยะเวลาการแช่รำข้าวและฟางข้าวเหมือนกับการแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 น้ำหนักต่อปริมาตร

3. การหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส

3.1 การศึกษาแหล่งคาร์บอนที่มีผลต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสในสภาวะการหมักแบบอาหารแข็ง

ซึ่งไซแลน ฟางข้าว รำข้าว รูปฤาษี และผักตบชวา ที่เตรียมไว้ดังข้อ 2.1 น้ำหนัก 2 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นเติม feed solution ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำมานึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นถ่ายเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 2.1 ลงในฟลาสก์โดยใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างทุกวันเป็นเวลา 5 วัน เพื่อวิเคราะห์เอนไซม์ไซลาเนส เซลลูเลส และวัดการเจริญของเชื้อรา

3.2 ผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส

ศึกษาแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส โดยเติมแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกันในอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย โดยเติมแหล่งไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 (Saxena, 1994) จากนั้นนำมานึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมเชื้อเริ่มต้นปริมาณร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน และนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลส

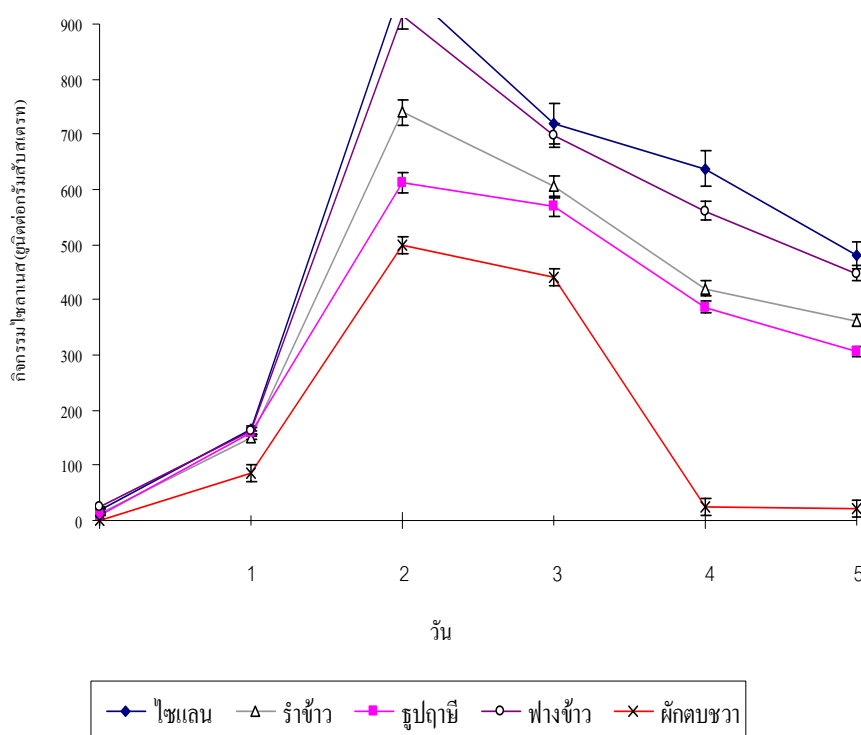
ผลการวิจัย

1. ผลการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 โดยใช้แหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ด้วยสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาเนส ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน ความชื้นเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ

เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ และพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 7.0 โดยแหล่งคาร์บอนคือ ผักตบชวา รูปถ่าย รำข้าว มีไชแลนเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่า เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน เชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไชแลเนสได้ค่ากิจกรรมไชแลเนสสูงสุด รองลงมาคือการใช้รูปถ่าย และผักตบชวา ค่ากิจกรรมไชแลเนสสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 917, 740, 611 และ 498 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ โดยเมื่อใช้ไชแลนเป็นแหล่งคาร์บอนได้ค่ากิจกรรมไชแลเนสเฉลี่ยเท่ากับ 970 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ดังแสดงภาพที่ 1 จากผลการเพาะเลี้ยงเชื้อราด้วยไชแลน ฟางข้าว รำข้าว และรูปถ่าย พบว่า ค่ากิจกรรมไชแลเนสจะสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 2 และลดลงตั้งแต่วันที่ 3 ถึง 5 โดยเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไชแลเนสให้กิจกรรมไชแลเนสสูงสุดในวันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงเชื้อ ส่วนผักตบชวาพบค่ากิจกรรมไชแลเนส จะสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 3 และลดลงตั้งแต่วันที่ 4 ถึง 5 และผลิตเอนไซม์ไชแลเนสให้กิจกรรมสูงสุดในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงเชื้อ (ภาพที่ 1)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชนิดของแหล่งคาร์บอน พบว่า เชื้อ *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนมีค่ากิจกรรมไชแลเนสสูงกว่าการใช้แหล่งคาร์บอนจากรำข้าว รูปถ่าย และผักตบชวา



ภาพที่ 1. กราฟแสดงกิจกรรมเอนไซม์ไชแลเนส โดยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR3175 โดยใช้แหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ

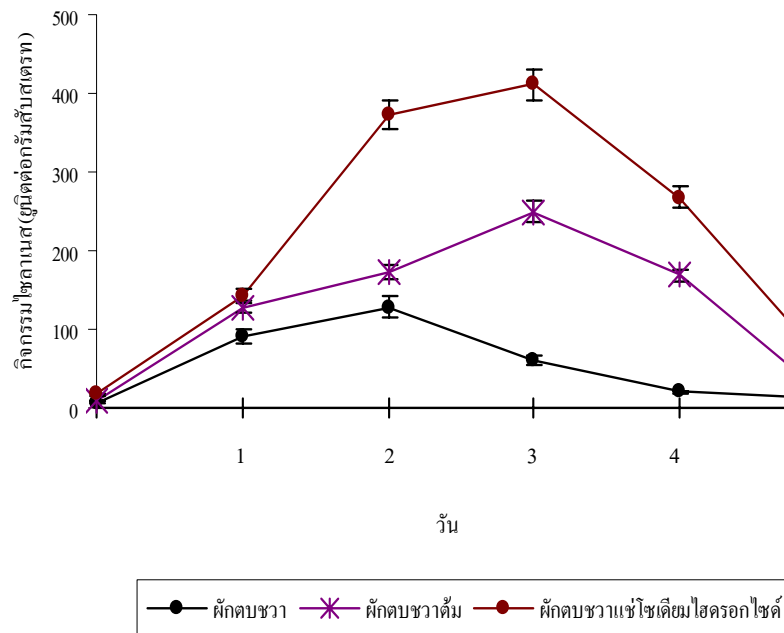
2. ผลค่ากิจกรรมไชแลเนสจากการเปรียบเทียบแหล่งคาร์บอน ผักตบชวา รำข้าว และฟางข้าวที่ทำพรีทรีทเมนต์ โดยการหมักด้วยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ด้วยสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไชแลเนส ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน ความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์และพีเอชเท่ากับ 7.0 โดยแหล่งคาร์บอนที่ใช้ คือ ผักตบชวาทำ พรีทรีทเมนต์ด้วยการต้ม การแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผักตบชวาที่ไม่ทำพรีทรีทเมนต์

จากการศึกษาการใช้ผักตบชวาเป็นสับสเตรทในการพรีทรีทเมนต์ พบว่า เชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถให้กิจกรรมไชแลเนสสูงสุดในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง โดยเมื่อใช้ผักตบชวาแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่า ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไชแลเนสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ผักตบชวาต้ม

และ ผักตบชวา ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสมีค่ากิจกรรมสูงสุดเท่ากับ 410, 250 และ 130 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

เมื่อใช้แหล่งคาร์บอน คือ รำข้าวที่ทำพรีทรีทเมนต์ด้วยการต้ม การแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และรำข้าวที่ไม่ทำพรีทรีทเมนต์ จากผลการทดลองพบว่าเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถให้กิจกรรมไฮลาเนสสูงสุดในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง โดยเมื่อใช้รำข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไฮลาเนสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ รำข้าวต้ม และรำข้าว ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสมีค่ากิจกรรมสูงสุดเท่ากับ 1,100, 900 และ 800 หน่วยต่อกรัมสับสเตรทตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2. ผลกิจกรรมเอนไซม์ไฮลาเนส โดยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้แหล่งคาร์บอนเป็นผักตบชวาที่ทำพรีทรีทเมนต์ด้วยการต้ม การแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์เปรียบเทียบกับผักตบชวาที่ไม่พรีทรีทเมนต์

เมื่อใช้แหล่งคาร์บอน คือ ฟางข้าวที่ทำพรีทรีทเมนต์ด้วยการต้ม การแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟางข้าวที่ไม่ทำพรีทรีทเมนต์ จากผลการทดลองพบว่าเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถให้กิจกรรมไฮลาเนสสูงสุดในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง โดยเมื่อใช้ฟางข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่า ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไฮลาเนสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ ฟางข้าวต้ม และฟางข้าว ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสมีค่ากิจกรรมสูงสุดเท่ากับ 2,200, 1600 และ 1400 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

จากการเปรียบเทียบการพรีทรีทเมนต์ฟางข้าวด้วยการแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ 2 ชั่วโมง พบว่าเชื้อ *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 มีค่ากิจกรรมไฮลาเนสได้สูงกว่าการใช้แหล่งคาร์บอนอื่น

3. ผลค่ากิจกรรมไฮลาเนสจากการเปรียบเทียบรำข้าวที่ทำพรีทรีทเมนต์ ด้วยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175

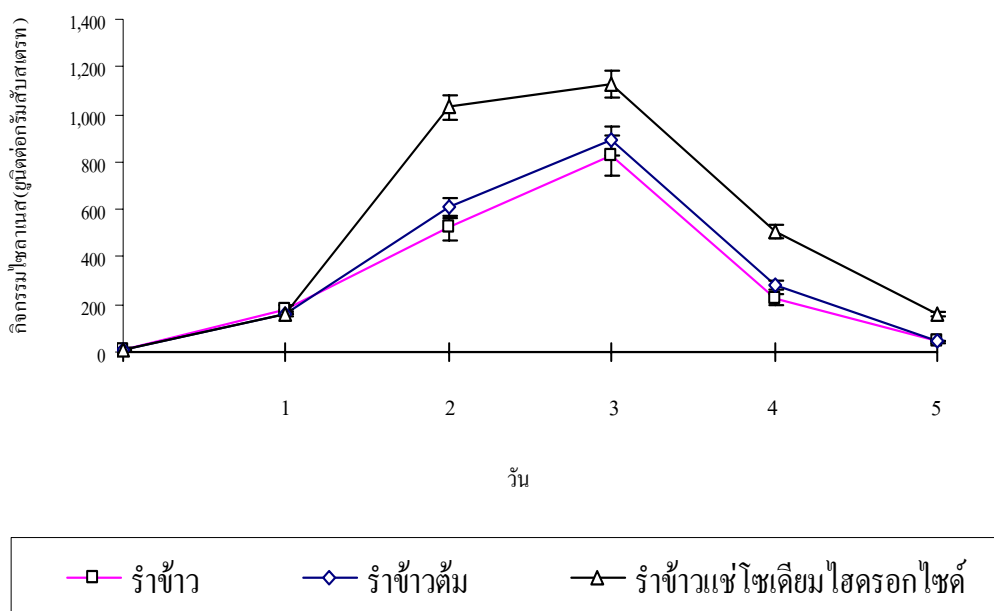
จากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ด้วยสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไฮลาเนส ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน ความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์และพีเอชเท่ากับ 7.0 โดยแหล่งคาร์บอนที่ใช้ คือ รำข้าวที่ทำพรีทรีทเมนต์ด้วยการแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลอง พบว่า เชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถให้กิจกรรมไฮลาเนสสูงสุดในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง โดยเมื่อใช้รำข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนเมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสได้ค่ากิจกรรมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 605 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ส่วนเมื่อใช้รำข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็น

แหล่งคาร์บอน โดยแปรผันระยะเวลาในการแช่ข้าวในโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ที่ระยะเวลา 0.5 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไซลานเนสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 1.5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไซลานเนสมีค่ากิจกรรมสูงสุดเท่ากับ 740, 689 และ 230 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

จากผลการทดลองโดยการแช่ข้าวที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแปรผันระยะเวลาแล้วพบว่าที่ระยะเวลาการแช่ 0.5, 1 และ 1.5 ชั่วโมง เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไซลานเนสได้กิจกรรมไซลานเนสสูงสุดวันที่ 3 หลังการเพาะเลี้ยง และได้ค่ากิจกรรมสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 608, 629 และ 485 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ

จากผลการทดลองแปรผันความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แช่ข้าว พบว่า ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการแช่ 0.5, 1 และ 1.5 ชั่วโมง เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไซลานเนสได้ค่ากิจกรรมสูงสุดวันที่ 2 หลังการเพาะเลี้ยง และได้ค่ากิจกรรมสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 403, 37 และ 212 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ

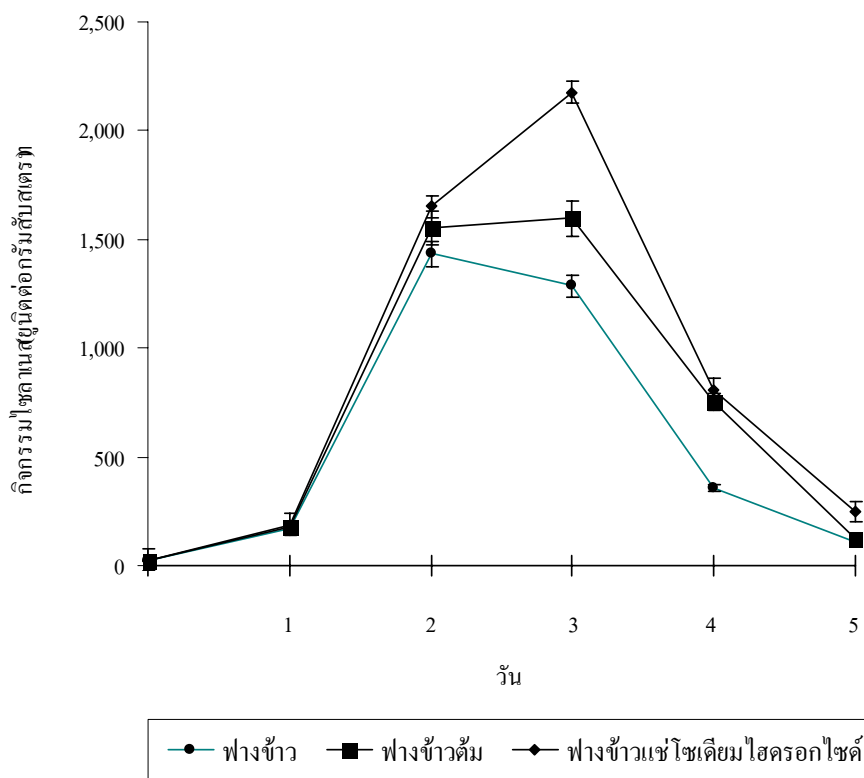


ภาพที่ 3. ผลกิจกรรมเอนไซม์ไซลานเนส โดยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้แหล่งคาร์บอนเป็น ผักตบชวาที่พรีทรีทเมนต์ด้วยการต้ม การแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ เปรียบเทียบกับผักตบชวาที่ไม่พรีทรีทเมนต์

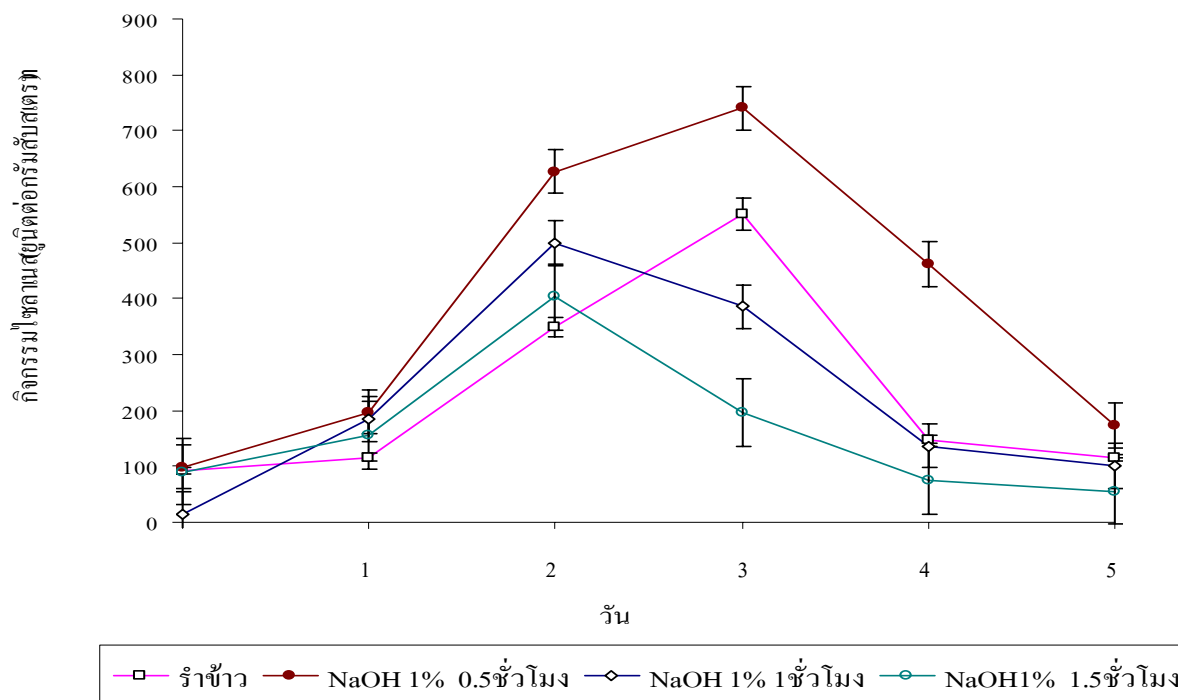
4. ผลค่ากิจกรรมไซลานเนสจากการเปรียบเทียบฟางข้าวที่ทำพรีทรีทเมนต์โดยการหมักด้วยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ด้วยสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไซลานเนส ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน ความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์และพีเอชเท่ากับ 7.0 โดยแหล่งคาร์บอนที่ใช้ คือ ฟางข้าวทำพรีทรีทเมนต์ด้วยการแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลอง พบว่า เชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถให้กิจกรรมไซลานเนสสูงสุดในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง โดยเมื่อใช้ฟางข้าวเพาะเลี้ยงเชื้อราได้ค่ากิจกรรมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 820 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ส่วนเมื่อใช้ฟางข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอน โดยแปรผันระยะเวลาในการแช่ฟางข้าวในโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ที่ระยะเวลา 0.5 ชั่วโมง ค่ากิจกรรมของเอนไซม์

ไซลาเนสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 1.5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเชื้อสามารถผลิตเอนไซม์ ไซลาเนสมีค่ากิจกรรมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1,480, 1,373 และ 1,192 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 4. ผลกิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส โดยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้แหล่งคาร์บอนเป็น ฟางข้าวที่พรีทรีทเมนต์ด้วยการต้ม การแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ เปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่พรีทรีทเมนต์

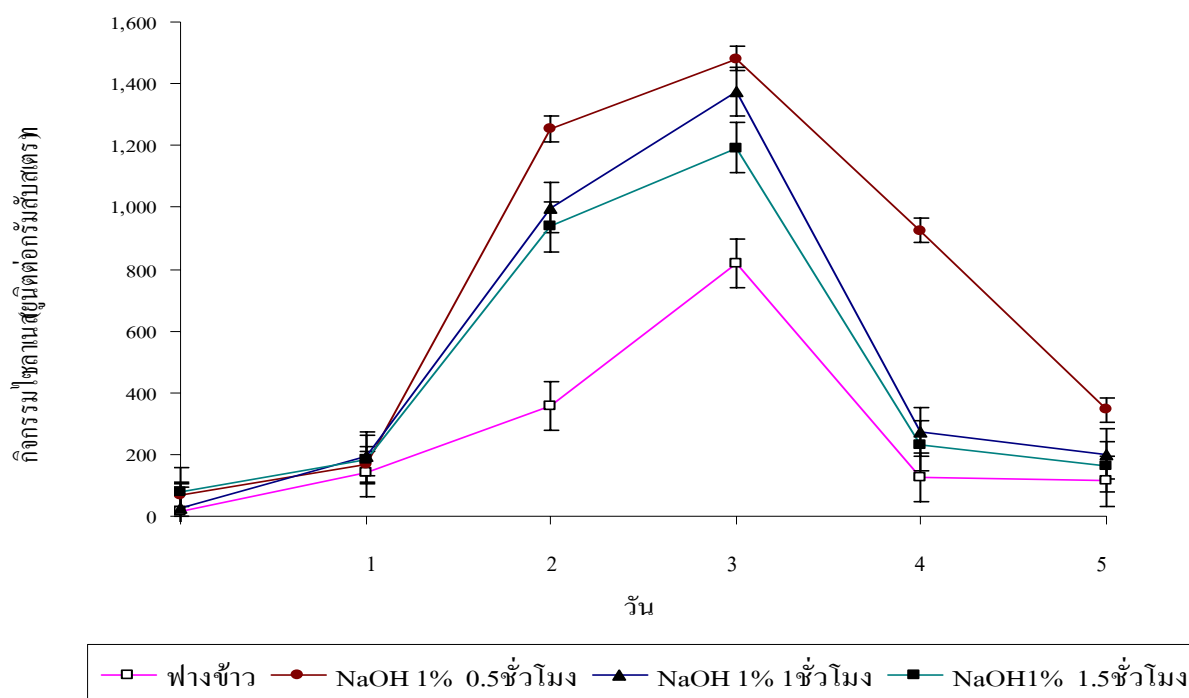


ภาพที่ 5. ผลของกิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส โดยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้รำข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอน

จากผลการทดลองเมื่อใช้ฟางข้าวที่แช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่แปรผันระยะเวลาการแช่ 0.5, 1 และ 1.5 ชั่วโมง เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 3 วัน และได้ค่ากิจกรรมสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1,217, 1,134 และ 817 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ

เมื่อใช้ฟางข้าวที่แช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่แปรผันระยะเวลาการแช่ 0.5, 1 และ 1.5 ชั่วโมง เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อรา สามารถผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุดหลังเพาะเลี้ยง 3 วัน และได้ค่ากิจกรรมสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 518, 485 และ 424 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ

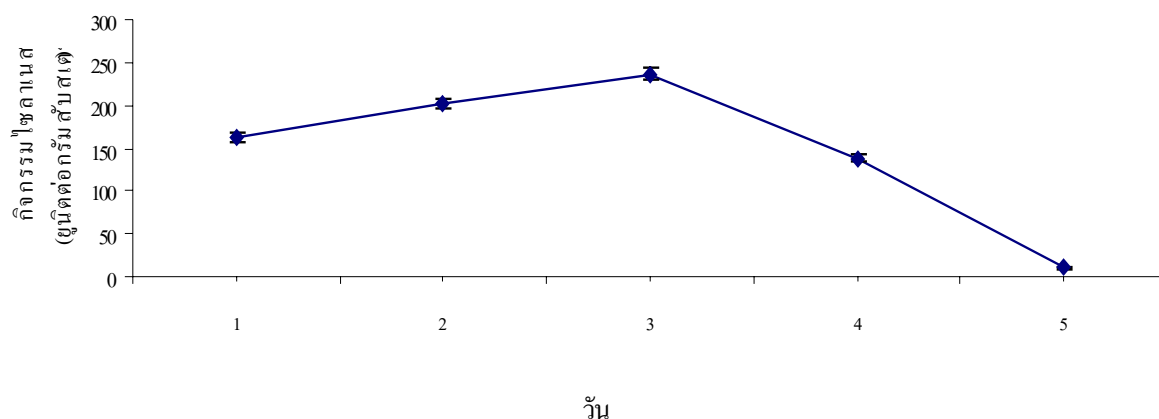
จากผลการทดลองแปรผันความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แช่ฟางข้าว พบว่า ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการแช่ 0.5 ชั่วโมง เมื่อใช้เพาะเลี้ยงเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้สูงสุด รองมาคือที่ระยะเวลาการแช่ 1 ชั่วโมง และ 1.5 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการใช้ฟางข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้เพาะเลี้ยงเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไซลาเนสให้ค่ากิจกรรมไซลาเนสสูงกว่าการใช้ฟางข้าวที่มีการแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 6. ผลของกิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส โดยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้ฟางข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งคาร์บอน

5. ผลการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 โดยการประยุกต์ใช้แหล่งคาร์บอนคือ ฟางข้าว

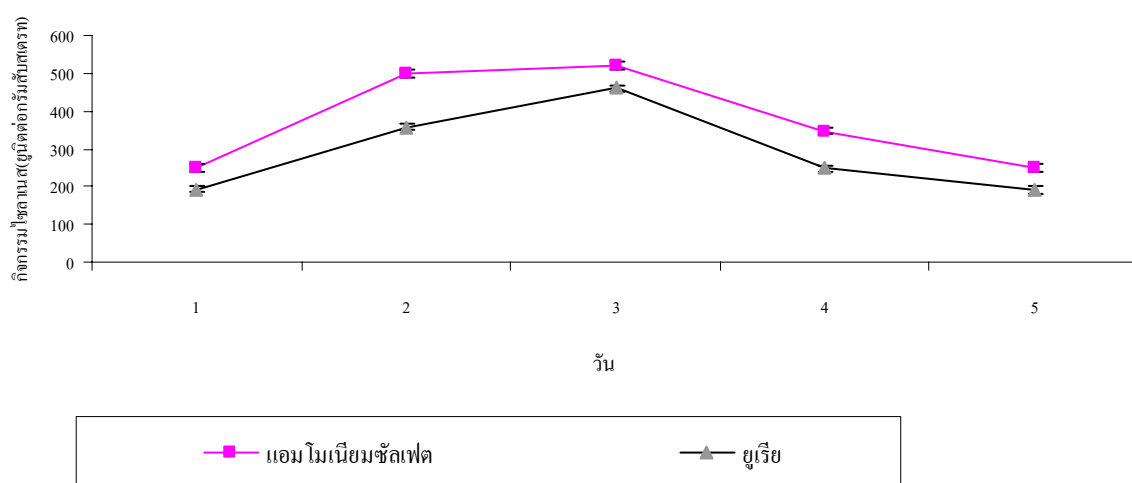
จากผลการทดลองใช้ฟางข้าวความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 1 ชั่วโมง เป็นแหล่งคาร์บอน เพื่อเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 จะได้กิจกรรมไซลาเนสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 162, 201, 236, 138 และ 102 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ในวันที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของการเพาะเลี้ยง ตามลำดับ (ภาพที่ 7) จากงานวิจัยของ San et al. (2003) พบว่าเอนไซม์ไซลาเนสที่ผลิตจากเชื้อรา *Streptomyces actuosus* A-151 โดยใช้ฟางข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ 1 ชั่วโมงได้ค่ากิจกรรมไซลาเนส 10.3 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท ส่วนรำข้าวได้กิจกรรมไซลาเนส 6.6 หน่วยต่อกรัมสับสเตรท หลังการเพาะเลี้ยง 4 วัน



ภาพที่ 7. ผลของกิจกรรมเอนไซม์โซลาเนส ด้วยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR3175 จากการประยุกต์ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน

6. ผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิตเอนไซม์โซลาเนส

ผลการศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์โซลาเนส โดยเพาะเลี้ยง *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ในสภาวะการหมักแบบอาหารแข็ง เมื่อใช้รำข้าวเป็นสับสเตรท โดยมีความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซ็นต์ และมีแหล่งไนโตรเจนที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตให้กิจกรรมโซลาเนสสูงกว่ายูเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเพาะเลี้ยง 2 วัน โดยเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์โซลาเนส ได้กิจกรรมโซลาเนสเท่ากับ 520 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท ส่วนเมื่อใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์โซลาเนสได้ค่ากิจกรรมโซลาเนส มีค่าเท่ากับ 460 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท (ภาพที่ 8) โดยเมื่อวัดกิจกรรมโซลาเนสของรำข้าวได้เท่ากับ 10 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท และกิจกรรมเซลล์ลูเลสของรำข้าวได้เท่ากับ 1 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท และผลการเปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธีของ Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 8. ผลของกิจกรรมโซลาเนส เมื่อใช้แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย โดยใช้รำข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนในการเพาะเลี้ยงเชื้อ *Fusarium moniliforme* TISTR3175

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบผลของแหล่งไนโตรเจนเมื่อใช้รำข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนต่อการผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสจาก *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ทางสถิติโดยวิธีของ Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

แหล่งไนโตรเจน	กิจกรรมของเอนไซม์ไฮลาเนส (ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท)
แอมโมเนียมซัลเฟต	520 ^a
ยูเรีย	460 ^b

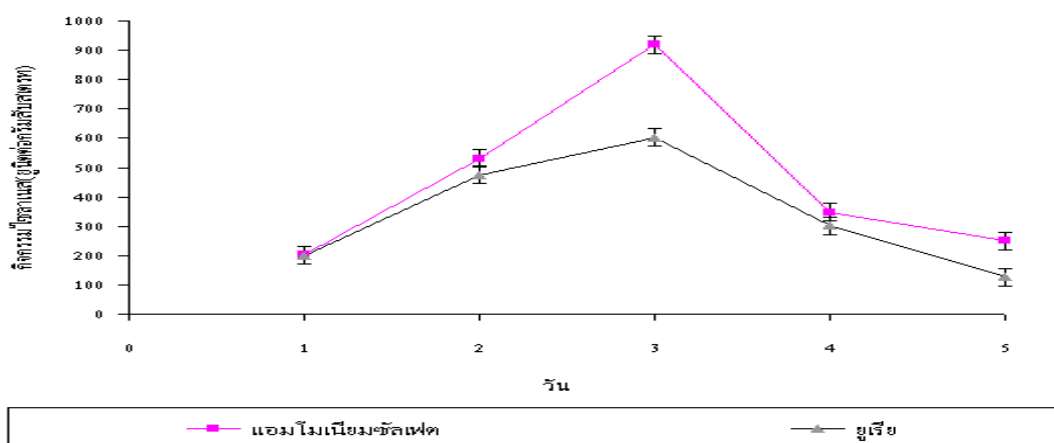
กำหนดให้ ตัวอักษรเหมือนกัน หมายถึง กิจกรรมของเอนไซม์ไฮลาเนสไม่แตกต่างกัน

ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง กิจกรรมของเอนไซม์ไฮลาเนสแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบแหล่งไนโตรเจนสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ระหว่างแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย เมื่อใช้รำข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน เชื้อราสามารถผลิตไฮลาเนสได้ค่ากิจกรรมสูงกว่าเมื่อใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน (ภาพที่ 9) ทั้งนี้เพราะว่าในสารแอมโมเนียมซัลเฟตมีธาตุไนโตรเจนและกำมะถันสูงกว่ายูเรีย จึงทำให้เชื้อราใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตและผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสได้ดีกว่าการใช้ยูเรีย

ปรางประไพ (2546) รายงานว่ากิจกรรมไฮลาเนสและเซลลูเลสจากการใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนเป็น 252.82 และ 4.15 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ และเมื่อใช้ยูเรียกิจกรรมไฮลาเนสและเซลลูเลส เท่ากับ 161.53 และ 8.75 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ซึ่งการใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสได้สูงเช่นกัน

จากผลการศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไฮลาเนส โดยเพาะเลี้ยง *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ในสภาวะการหมักแบบอาหารแข็ง เมื่อใช้ฟางข้าวแช่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์ เวลา 0.5 ชั่วโมงเป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีความชื้นเริ่มต้น 70 เปอร์เซนต์ และมีแหล่งไนโตรเจนที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เปอร์เซนต์ แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตให้กิจกรรมไฮลาเนสสูงกว่ายูเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเพาะเลี้ยง 3 วัน โดยเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสได้กิจกรรมไฮลาเนสเท่ากับ 920 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท ส่วนเมื่อใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ไฮลาเนส ได้ค่ากิจกรรมไฮลาเนส มีค่าเท่ากับ 602 ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 9. ผลของกิจกรรมเอนไซม์ไฮลาเนสด้วยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 เมื่อใช้แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย โดยใช้ฟางข้าวแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซนต์ 0.5 ชั่วโมงเป็นแหล่งคาร์บอน

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบผลของแหล่งไนโตรเจนเมื่อใช้ฟางข้าวแช่ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ 0.5 ชั่วโมงเป็นแหล่งคาร์บอนต่อการผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสจาก *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ทางสถิติโดยวิธีของ Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

แหล่งไนโตรเจน	กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาลเนส (ยูนิตต่อกรัมสับสเตรท)
แอมโมเนียมซัลเฟต	920 ^a
ยูเรีย	602 ^b

กำหนดให้ ตัวอักษรเหมือนกัน หมายถึง กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาลเนสไม่แตกต่างกัน

ตัวอักษรต่างกัน หมายถึง กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาลเนสแตกต่างกัน

บทสรุป

จากการเปรียบเทียบการใช้วัสดุชนิดต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอน พบว่า เมื่อใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน เพาะเลี้ยงเชื้อ *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสได้สูงกว่าเมื่อใช้รำข้าว ธูปฤาษี และผักตบชวา ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากฟางข้าวมีเฮมิเซลลูโลสสูงกว่ารำข้าว ธูปฤาษี และผักตบชวา ส่วนผลการเปรียบเทียบแหล่งไนโตรเจน แอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรียที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่เชื้อราสามารถผลิตไซลาลเนสให้ค่ากิจกรรมสูงกว่าเมื่อใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน ทั้งนี้เพราะว่ามีธาตุไนโตรเจนและกำมะถันเป็นองค์ประกอบในแอมโมเนียมซัลเฟตสูงกว่ายูเรีย ส่วนการเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว รำข้าว ที่พรีทรีทเมนต์ด้วยไฮเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า เชื้อราสามารถผลิตไซลาลเนสได้ค่ากิจกรรมสูงกว่าการพรีทรีทเมนต์แหล่งคาร์บอนด้วยการต้มและการไม่พรีทรีทเมนต์แหล่งคาร์บอน ซึ่งรำข้าวและฟางข้าวที่พรีทรีทเมนต์ด้วยไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมงเป็นแหล่งคาร์บอน เชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 สามารถผลิตเอนไซม์ไซลาลเนสได้ค่ากิจกรรมสูงกว่าการแช่ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลา 1 และ 1.5 ชั่วโมง ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_648001 ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ดุษณี ณะบริพัฒน์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์อรไท สุขเจริญ ไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- ปรางประไพ รอดบำเรอ. 2546. การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายไซแลน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis by the Association of official Analytical Chemists. 15th ed. Washington D.C.
- Gerard, A.W., F.P. Ronar and R.H. Denis. 1993. Enzyme in the animal-feed industry. *Trends Biotech.* 11: 424-430.
- Godfrey, T. and S. West. 1992. The application of enzymes in industry. New York. *Indust. Enzymol.* 2: 132-141.
- Mayorga, L. 2002. *Cellulomonas flavigena* characterization of an endo-1,4-xylanase activity tightly induced by sugar-cane-bagasse. *Fems Lett.* 214: 250-290.
- San, L. W., Y. Chang, A. Chingzu and D.C. Yue. 2003. Production of xylanases from rice bran by *Streptomyces actuosus* A-151. *Enz. Microb. Technol.* 33: 917-925.
- Saxena, A. 1994. Production and characterization of a xylanase from *Cyathus stercoreus*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 10: 293-295.
- Sunna, A. and T. Antranikian. 1997. Xylanolytic enzymes from fungi and bacteria. *Crit. Rev. Biotechnol.* 17: 39-67.
- Zaho, J., X. Li., Y. Qu and P. Gao. 2002. Xylanase pretreatment leads to enhanced soda pulping of wheat straw. *Enz. Microb. Technol.* 30: 734-740.

คุณสมบัติของโพลิเมอร์จากเชื้อราในประเทศไทยและศักยภาพในการเป็นวัสดุปิดแผล

ศิริพร หมาดหล้า², ภาวดี เมธะคานนท์¹, มალიณี ประสิทธิ์ศิลป์¹ และ กัญญวิมว์ กิรติกร²

¹ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

²ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

Abstract: Polymers Produced by Fungi of Thailand and their Potential as Wound Dressing Material

Siribhorn Madla², Pawadee Methacanon¹, Malinee Prasitsil¹ and Kanyawim Kirtikara²

¹National Metal and Materials Technology Center, Klong Luang, Pathumthani 12120,

²National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Klong Luang, Pathumthani 12120

From our observations of fungi cultured in liquid media, we found 147 strains of fungi producing metabolites which increased viscosity of culture broth. It was hypothesized that this was caused by the production of biopolymers by the growing mycelia. In order to study the production and characteristics of these biopolymers, 16 strains of fungi were selected as representatives from 15 genera. Biopolymers in broth were purified and their physiological and biological properties were determined. The results indicated that most polymers mainly consisted of polysaccharides with protein in various amounts. For evaluation of their potential as wound dressing material, the ability to stimulate IL-8 production in human cells and the cytotoxicity of the polymers were tested. Polymers from four fungi were found to produce the highest level of IL-8 but only 3 were selected to determine their chemical structure due to their higher yield.

Key words: polymer, fungi, wound dressing material, exopolysaccharides, chemical structure

บทนำ

มีรายงานเป็นจำนวนมากที่แสดงว่าจุลินทรีย์ (ทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา) จำนวนหนึ่ง สามารถสร้างสารประเภทโพลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymers) ได้เมื่อเจริญในสภาวะที่เหมาะสม (Carbonero et al., 2001; Kim et al., 2001; Navarini et al., 1997) สารโพลิเมอร์ชีวภาพเหล่านี้มีทั้งที่มีโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) โปรตีน (proteins) หรือไขมัน (lipid) เป็นองค์ประกอบ โพลิเมอร์ในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ได้รับความสนใจอย่างมากทั้งในส่วนของนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านสุขภาพและทางด้านอุตสาหกรรม ตัวอย่างของโพลิเมอร์ประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่มีการศึกษาเพื่อให้นำไปใช้ในด้านเสริมสร้างสุขภาพของมนุษย์ เช่น โพลิเมอร์จาก *Phellinus linteus* ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ในการลดปริมาณน้ำตาลในเลือด (Kim et al., 2001) โพลีแซคคาไรด์จำพวก (1→3)-β-D-glucans มีสมบัติในการยับยั้งเซลล์มะเร็งโดยช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial) เชื้อไวรัส (antiviral) และสมบัติในการเร่งการหายของแผล (wound healing) (Bohn and Bemiller, 1995) นอกจากนี้โพลิเมอร์ชนิดอื่นๆ ที่มีสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างไป ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น เป็นสารตกตะกอน (flocculant) สารประกอบในการนำพา (carrier) หรือใช้ในการขึ้นรูปอาหารให้มีความคงตัวมากขึ้น (Sutherland, 1998)

จากการสังเกตเบื้องต้นระหว่างการเลี้ยงเชื้อราในห้องวิจัยของศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ พบว่าเชื้อราในหลายสกุลซึ่งรวมทั้ง *Aschersonia*, *Paecilomyces*, *Cordyceps* เช่น *Aschersonia oxystoma*, *Paecilomyces tenuipes* และ *Cordyceps sphecocephila* ซึ่งเป็นเชื้อราที่แยกได้จากแหล่งธรรมชาติในประเทศไทย และจัดอยู่ในกลุ่มราที่เจริญได้บนแมลง (entomopathogenic fungi) สามารถสร้างสารโพลิเมอร์ที่หลั่งออกมาภายนอก (exopolymers, EPS) ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะเหนียวและหนืด ได้มีการรายงานว่ารากจากสกุล *Paecilomyces*

เช่น *Paecilomyces japonica* สามารถสร้างโพลิเมอร์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และลดระดับน้ำตาลในเลือด (Bae et al., 2001) นอกจากนี้โพลิเมอร์จาก *Paecilomyces* บางชนิดสามารถสร้างสารตกตะกอนได้ในปริมาณสูง และทำงานได้ดีทั้งในที่ที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิที่ต่างกันไป (Takagi and Kadowaki, 1985)

จุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์ EPS ออกมาใน 2 รูปแบบ คือ ในรูปแคปซูล (capsule) ที่ห่อหุ้มและเกาะติดกับผนังเซลล์ เช่น แคปซูลของ *Bacillus anthracis* และในรูปของเมือก (slime) เช่น เด็กซ์แทรน ที่ผลิตโดย *Leuconostoc mesenteroides* ข้อแตกต่าง คือ แคปซูลมีรูปร่างที่แน่นอน ส่วนเมือกมีรูปร่างไม่แน่นอน มีความหนืดและละลายน้ำได้ดีกว่าทำให้หลุดจากเซลล์ได้ง่าย ตัวอย่างของ EPS ที่ได้จากราชนิดต่างๆ มีดังนี้ *Alcaligenes faecalis* var. 10C3K, *Schizophyllum commune* และ *Sclerotium gluconicum* (Sutherland, 1998)

โพลิแซคคาไรด์จากจุลินทรีย์หลายชนิดถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในด้านต่างๆ ขณะเดียวกันอีกหลายตัวอย่างก็ยังอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากโพลิเมอร์เหล่านี้มีหลากหลาย ผลิตภัณฑ์ด้านวัสดุตกแต่ง แผลก็เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการใช้งานค่อนข้างสูง และการนำเข้าจากต่างประเทศของผลิตภัณฑ์จำพวกนี้มีสูงขึ้นในปัจจุบัน จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เชื่อว่าที่พบในประเทศไทยจึงน่าจะเป็นแหล่งของสารโพลิเมอร์ที่น่าสนใจ และควรจะได้ได้รับการศึกษาวิเคราะห์ ทั้งในด้านปริมาณการสร้าง ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้าง และองค์ประกอบทางเคมี รวมทั้งสมบัติทางชีวภาพของสารโพลิเมอร์เหล่านั้น ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการวิจัยนี้จะประโยชน์ในการคัดเลือกและพัฒนาโพลิเมอร์ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้งานด้านการแพทย์

วิธีการ

เชื้อรา 16 ชนิดจาก 15 สกุลได้รับการคัดเลือกมาจาก BIOTEC Culture Collection โดยอาศัยข้อมูลจากการวิจัยเบื้องต้นว่าสามารถสร้างสารที่ทำให้หน้าเลี้ยงเชื้อมีความเหนียวเพิ่มขึ้นได้ เชื้อถูกนำมาเลี้ยงใน potato dextrose broth (PDB) ในสภาวะที่เหมาะสม จากนั้นแยกเฉพาะส่วนที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวมาตกตะกอนด้วยเอทานอล และทำให้บริสุทธิ์ขึ้นในขั้นตอนต่อไป มา ส่วนที่ตกตะกอนและได้ทำให้บริสุทธิ์แล้วจะถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การหาองค์ประกอบเพื่อดูปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และ amino sugar การหาน้ำหนักโมเลกุล และการหาความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างๆ ส่วนคุณสมบัติทางชีวภาพนั้น ได้ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของไวรัส (herpes simplex virus type I) ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญ *Candida albicans* ความเป็นพิษต่อเซลล์คนและเซลล์ลิง รวมทั้งศึกษาความสามารถการกระตุ้น interleukin-8 (IL-8) สูดท้ายโพลิเมอร์ที่ผ่านการคัดกรองว่ามีศักยภาพในการเป็นวัสดุปลูกแผล จะถูกศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมี

ผลการวิจัย

ในด้านอัตราการเจริญเติบโตและการสร้างโพลิเมอร์นั้น พบว่า เชื้อราที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่างกัน และมีความสามารถในการสร้างโพลิเมอร์ที่ต่างกัน เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของโพลิเมอร์ที่สร้างขึ้นนั้น พบว่า เชื้อราเกือบทุกตัวสร้างโพลิเมอร์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักในรูปของโพลิแซคคาไรด์ ยกเว้น *Fusarium coccophilum* BCC2415 ที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงกว่าเชื้ออื่นๆ (ภาพที่ 1) ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพการละลายในตัวทำละลายต่างๆ พบว่าโพลิเมอร์ไม่ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยกว่า DMSO แต่จะละลายน้ำและ DMSO ในระดับต่างๆ กัน (ตารางที่ 1) นอกจากนี้โพลิเมอร์ที่ศึกษามีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 2.8×10^3 - 1.2×10^7 Da

ทางด้านคุณสมบัติทางชีวภาพนั้น (ตารางที่ 2) จากการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อต่างๆ รวมทั้งการยับยั้งการเจริญของเซลล์มนุษย์ทั้งที่เป็น cancer cell line และ primary cell line และเซลล์ของลิง พบว่า โพลิเมอร์จากรา 7 สาย

พันธุ์ มีความเป็นพิษ ซึ่งโพลิเมอร์จาก *F. coccophilum* BCC2415 เป็นพิษต่อทั้งเซลล์ลิง (Vero cells) และเซลล์มนุษย์ (NHF, NCI-H187) ในการหาค่าศักยภาพการพัฒนาโพลิเมอร์เป็นวัสดุปิดแผลนั้นปริมาณการกระตุ้นการสร้าง IL-8 จะเป็นตัวกำหนดว่าสารชีวภาพนั้นจะมีส่วนกระตุ้นกระบวนการหายของแผลมากน้อยเพียงใด (Mori et al., 1997; Strieter et al., 1992) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าเชื้อราที่สร้างโพลิเมอร์ที่สามารถกระตุ้นการสร้าง IL-8 ได้ในปริมาณสูง (>0.5 ng/ml) อยู่ 12 ชนิด แต่เมื่อดูข้อมูลความเป็นพิษต่อเซลล์มนุษย์และเซลล์ลิงประกอบแล้ว พบว่าโพลิเมอร์ที่จัดว่ามีศักยภาพในการที่จะเป็นวัสดุปิดแผลและควรได้รับการวิจัยเพิ่มเติมมาจากเชื้อราเพียง 4 ชนิดเท่านั้น ได้แก่ *Akanthomyces pistillariiformis* BCC2694, *Cordyceps dipterigena* BCC2073, *Paecilomyces tenuipes* BCC2656

และ *Phytocordyceps* sp. BCC2744 โดยที่ *C. dipterigena* BCC2073 และ *P. tenuipes* BCC2656 มีฤทธิ์ยับยั้ง herpes simplex virus type I ด้วย

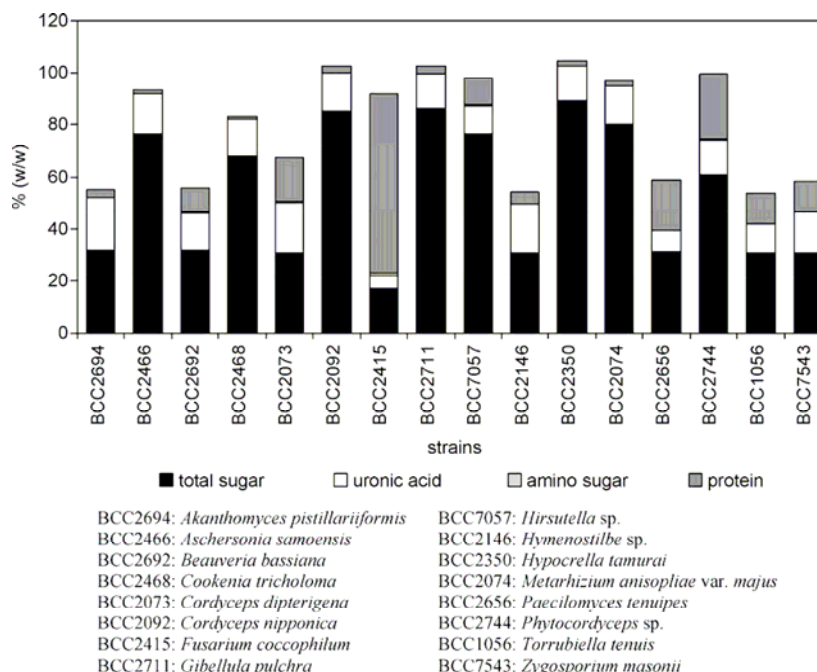
อย่างไรก็ตามในการพิจารณาความเป็นไปได้ในการพัฒนาโพลิเมอร์จากเชื้อราไปเป็นวัสดุปิดแผลนั้น ต้องคำนึงถึงความสามารถในการผลิตโพลิเมอร์ดังกล่าวในเชิงปริมาณด้วย จากงานวิจัยนี้พบว่าจากเชื้อราทั้ง 4 ชนิดที่ได้รับการคัดเลือกเบื้องต้นนั้น *P. tenuipes* BCC2656 สร้างโพลิเมอร์ได้ในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับอีก 3 เชื้อที่เหลือในสภาวะที่ยังไม่มีการ optimization (0.41 g/l) เทียบกับ >2 g/l) ดังนั้น *A. pistillariiformis* BCC2694, *C. dipterigena* BCC2073 และ *Phytocordyceps* sp. BCC2744 จึงได้รับการคัดเลือกไปศึกษาต่อเพื่อหาองค์ประกอบ และโครงสร้างทางเคมีเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกต่อไป

ผลการวิจัยทางด้านองค์ประกอบพบว่าโพลิเมอร์จากเชื้อราทั้ง 3 นี้มีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่า EPS นี้ส่วนใหญ่เป็นกลูแคน (glucan) และ EPS ทั้ง 3 นี้มีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่แตกต่างกัน โดยที่ amino acid

ตารางที่ 1. นำหนักโมเลกุล และคุณสมบัติการละลายของโพลิเมอร์จากราสายพันธุ์ต่างๆ

Polymers produced from	MW (kDa)	Solubility	
		Water	DMSO
<i>Akanthomyces pistillariiformis</i> BCC2694	8.30	++	++
<i>Aschersonia samoensis</i> BCC2466	114.70	+	++
<i>Beauveria bassiana</i> BCC2692	13.80	++	+
<i>Cookenia tricholoma</i> BCC2468	28.50	+	++
<i>Cordyceps dipterigena</i> BCC2073	20.10	++	-
<i>Cordyceps nipponica</i> BCC2092	208.30	+	++
<i>Fusarium coccophilum</i> BCC2415	2.80	+	-
<i>Gibellula pulchra</i> BCC2711	73.20	+	++
<i>Hirsutella</i> sp. BCC7057	11941.00	+	++
<i>Hymenostilbe</i> sp. BCC2146	161.40	++	++
<i>Hypocrella tamurai</i> BCC2350	99.90	+	++
<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>majus</i> BCC2074	120.40	+	++
<i>Paecilomyces tenuipes</i> BCC2656	4.80	++	+
<i>Phytocordyceps</i> sp. BCC2744	9162.00	+	++
<i>Torrubiella tenuis</i> BCC1056	21.80	++	++
<i>Zygosporium masonii</i> BCC7543	23.20	++	++

++ soluble; + partially soluble; - insoluble (ที่มา: Madla และคณะ, 2005)



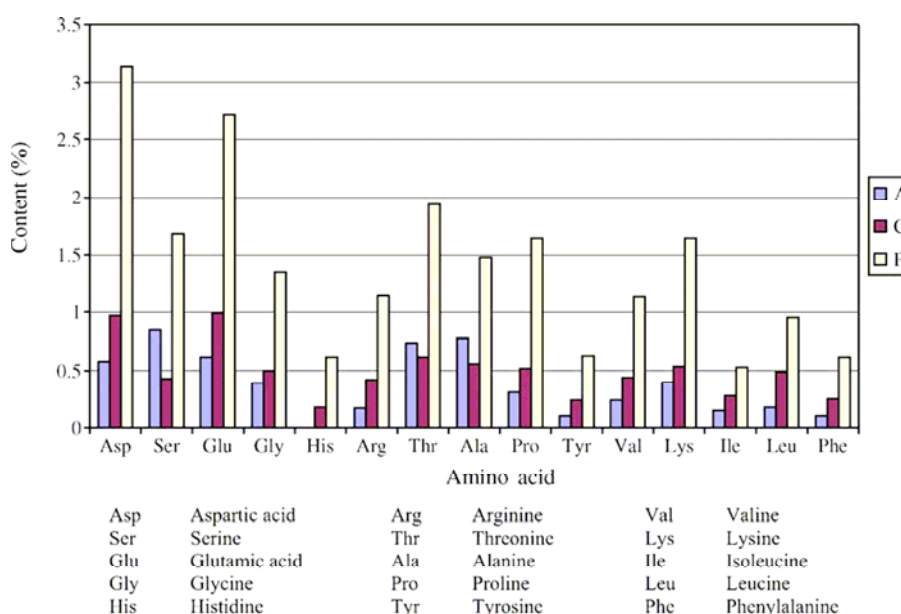
ภาพที่ 1. องค์ประกอบของโพลิเมอร์ที่ได้จากราสายพันธุ์ต่างๆ (ที่มา: Madla และคณะ, 2005)

ชนิดที่พบมากที่สุดได้แก่ serine glutamic acid และ aspartic acid (ภาพที่ 2) และจากการศึกษาโครงสร้างของโพลิเมอร์เหล่านี้ ทำให้สามารถสรุปโครงสร้างของโพลิเมอร์ได้ดังภาพที่ 3

ตารางที่ 2. คุณสมบัติทางชีวภาพของโพลิเมอร์จากราสายพันธุ์ต่างๆ

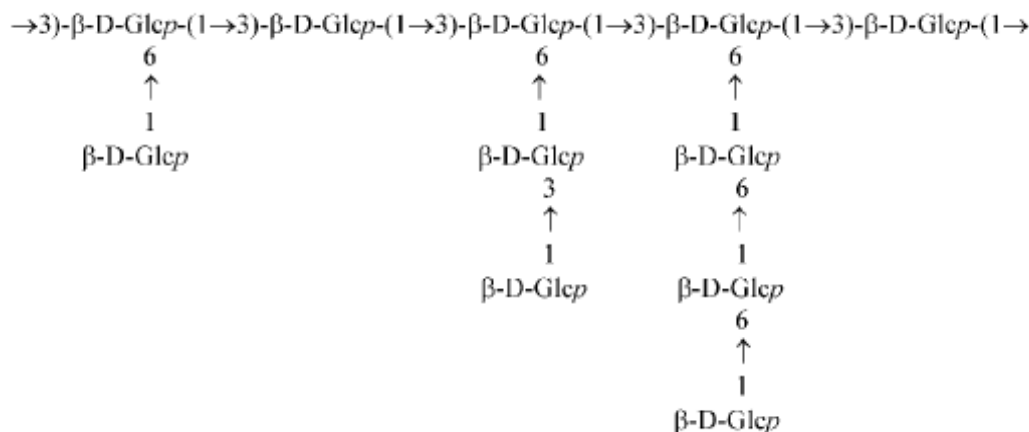
Polymers produced from	Biological activity	Cytotoxicity ^a		IL-8 production (ng/ml)
		Vero cell line	NHF	
<i>Akanthomyces pistillariiformis</i> BCC2694	-	-	-	>2.43
<i>Aschersonia samoensis</i> BCC2466	-	-	-	2.30
<i>Beauveria bassiana</i> BCC2692	-	-	-	1.58
<i>Cookeia tricholoma</i> BCC2468	**	-	+	>2.43
<i>Cordyceps dipterigena</i> BCC2073	IC ₅₀ =47.2 µg/ml against HSV-1	-	-	>2.43
<i>Cordyceps nipponica</i> BCC2092	-	-	-	0.14
<i>Fusarium coccophillum</i> BCC2415	IC ₅₀ =1 µg/ml against NCI-H187 IC ₅₀ =7.2 µg/ml against <i>C. albicans</i>	+	+	0.61
<i>Gibellula pulchra</i> BCC2711	-	-	-	0.46
<i>Hirsutella</i> sp. BCC7057	**	-	+	>2.43
<i>Hymenostilbe</i> sp. BCC2146	-	-	+	0.18
<i>Hypocrella tamurai</i> BCC2350	-	-	+	2.04
<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>majus</i> BCC2074	**	-	+	>2.43
<i>Paecilomyces tenuipes</i> BCC2656	IC ₅₀ =34.2 µg/ml against HSV-1	-	-	>2.43
<i>Phytocordyceps</i> sp. BCC2744	-	-	-	>2.43
<i>Torrubiella tenuis</i> BCC1056	-	-	+	0.52
<i>Zygosporium masonii</i> BCC7543	**	-	-	0.13

-nontoxic; ** low level of activity against HSV-1; ^a + toxic/inhibit growth >25% at 50 µg/ml. (ที่มา: Madla และคณะ, 2005)



ภาพที่ 2. ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในโพลิเมอร์จากรา *A. pistillariiformis* BCC2694(A), *C. dipterigena* BCC2073 (C) และ *Phytocordyceps* sp. BCC2744 (P) (ที่มา: Methacanon และคณะ, 2005)

จากการวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เชื้อราจากแหล่งในประเทศไทย มีคุณสมบัติที่บ่งชี้ว่ามีศักยภาพในการที่นำ จะได้รับการพัฒนาในการเป็นวัสดุปิดแผลได้ ในขั้นตอนการศึกษาวิจัยต่อไปจะต้องนำไปประยุกต์ให้อยู่ในรูปของวัสดุที่ ต้องการและทำการทดสอบทั้งคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและชีวภาพเพิ่มเติม



ภาพที่ 3. โครงสร้างของโพลิเมอร์ (ที่มา: Methacanon และคณะ, 2005)

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพ ในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ แห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_645001

เอกสารอ้างอิง

- Bae, J., J. Park, C. Song, C. Yu, M. Park and J. Yun. 2001. Effect of carbon source on the mycelial growth and exo-biopolymer production by submerged culture of *Paecilomyces japonica*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 91: 522-524.
- Bohn, J.A. and J.N. Bemiller. 1995. (1→3)-β-D-Glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. *Carbohydrate Polymers* 28: 3-14.
- Carbonero, E., G. Sasaki, P. Stuelp, P. Gorin, S. Woranovicz-Barreira and M. Iacomini. 2001. Comparative studies of the polysaccharides isolated from lichenized fungi of the genus *Cladonia*: significance as chemotypes. *FEMS Microbiology* 194: 65-69.
- Kim, D., B. Yang, S. Jeong, J. Oark, S. Cho, D. Suralit, J. Yunand and C. Song. 2001. Production of hypoglycemic, extracellular polysaccharide from submerged culture of mushroom, *Phellinus linteus*. *Biotechnology Letters* 23: 513-517.
- Madla, S., P. Methacanon, M. Prasitsil and K. Kirtikara. 2005. Characterization of biocompatible fungi-derived polymers that induce IL-8 production. *Carbohydrate Polymers* 59: 275-280.
- Methacanon, P., S. Madla, K. Kirtikara and M. Prasitsil. 2005. Structural elucidation of bioactive fungi-derived polymers. *Carbohydrate Polymers* 60: 199-203.
- Mori, T., M. Okumura, M. Matsuura, K. Ueno, S. Tokura, Y. Okamoto, S. Minami and T. Fujinaga. 1997. Effects of chitin and its derivatives on the proliferation and cytokine production of fibroblasts in vitro. *Biomaterials* 18: 947-951.
- Navarini, L., M. Stredansky, M. Matulova and C. Bertocchi. 1997. Production and characterization of an exopolysaccharide from *Rhizobium hedysari* HCNT1. *Biotechnology Letters* 19: 1231-1234.
- Strieter, R.M., S.L. Kunkel, V.M. Elner, C.L. Martonyi, A.E. Koch, P.J. Polverini and S.G. Elner. 1992. Interleukin-8. A corneal factor that induces neovascularization. *American Journal of Pathology* 141: 1279-1284.
- Sutthirand, I.W. 1998. Novel and established applications of microbial polysaccharides. *TIBTECH* 16: 41-46.
- Takagi, H. and K. Kadowaki. 1985. Flocculant production by *Paecilomyces* sp. taxonomic studies and culture condition for production. *Agricultural and Biological Chemistry* 49: 3051-3057.

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่าย “เห็ดลาบ” (*Nostoc commune*, Cyanophyta)อภารัตน์ มหาขันธ์¹, อุษา กลิ่นหอม², มยุรี ตั้งธนาพันธุ์¹, เจษฎา ทิพย์สุขศรี², วัชร กัลยาลัง¹,วิวัฒน์ ปฐมโยธิน¹, พรภัทรา ศรีนครุต¹, ปุณณภา บุญยะภักดี¹, เกศรา แซ่โค้ว¹,สุวรรณา ศรีสวัสดิ¹, วัลลภา อรุณไพโรจน์¹ และ เสียงทอง นุตาลัย¹¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150**Abstract: Research and Development on Food Products from “Hed Lab” Alga (*Nostoc commune*, Cyanophyta)****Aparat Mahakhant¹, Usa Klinhom², Mayuree Tungthananuwat¹, Chetsada Thippayasuksri², Watcharee Kunlayalung¹, Wiwat Phatomyothin¹, Pornpattara Srinorakutara¹, Poonnapha Bunyaphak¹, Kedsara Sae-khow¹, Suwanna Srisawas¹, Vullapa Arunpairojana¹ and Shiangthong Nutalai¹**¹Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Luang, Pathumthani 12120, ²Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150

“Hed Lap” alga (HLA, *Nostoc commune* Voucher, Cyanophyta) is an edible blue-green alga (cyanobacterium). It was discovered on saline soil of a unique “Dun Lampan Forest” (DLF), Na Chuak district, Maha Sarakham province. In the rainy season, the only season for growth and propagation, the HLA are picked and cooked as a popular dish among the local people. Thus the HLA is a vulnerable species. The objective of this study is to determine basal data on the optimal cultivation medium and to develop various food products from HLA.

Analysis of the characteristics of 3 soils from land that the HLA can be found: the DLF, and the areas to the north and south of the DLF, indicated that all of them were sandy-loam soil. The pH, salinity and conductivity were 7.8-8.4, 0.3 g/l and 7.2 micro Siemen/cm, respectively. The concentrations of K, Ca, S and Na were similar. The concentrations of N and P were widely different within the range of 76-352 mg/kg and 185-809 mg/kg, respectively. Analysis of nutritional values of HLA, indicated that the natural HLA contained 20% protein, 0.02% fat and up to 43% of dietary fiber. In the case of cultivated HLA, vitamin A and the essential amino acids, methionine, leucine and tryptophan, were 9-, 5-, 2- and 3- fold higher than in the natural HLA. In contrast, the dietary fiber was only 1/17 that of the natural ones. From the analysis of microbial contamination of HLA and compared with the Thai standard for instant food (volume 210, B.E. 2543), it was found that microbes that can grow at 37°C and the number of yeast and fungi of natural HLA exceeded that of the standard. In the case of the cultivated HLA, only the number of the microbes was above the standard. Analysis of heavy metal contamination in both natural and cultivated HLA indicated that the concentration of Hg, Pb and As in HLA did not exceed the standard of the Ministry of Health (volume 98, B.E. 2529). Acute oral toxicity tests of the HLA in rats according to OECD Guidelines for Testing of Chemicals 1993 showed no lethality and no adverse effect on all visceral organs. The bioactivities of HLA were also investigated. It was shown that the crude extract and cultivation broth of HLA showed good inhibition on the growth of a gram+ bacteria, *Bacillus subtilis* TISTR 008 but no inhibition was shown for the gram-bacteria, *Escherichia coli* TISTR 780 and *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781, and the filamentous fungi *Aspergillus niger* TISTR 3245. In addition, no anti-inflammatory effect was shown using the model of rats paw edema. The optimal cultivation medium of HLA was modified from agar BGA medium by not adding NaCl, increasing the concentrations of K₂HPO₄ and MgSO₄•7H₂O to 0.9 and 0.095 mg/l, respectively, and using an initial pH of 7.5-8. The modified medium increased the final biomass by up to 34.05-fold that of the initial medium while only a 12.35-fold increase was obtained from the basal BGA medium. Various food products were developed as follows: the meal --- Thai dancing (furikake), lap (spicy salad), clear soup, tofu soup, salt & sour algal sheets; sweet --- agar (green tea and coconut flavors) and jelly (fruit flavors); snacks --- gold sheet (sweet and salty taste) and testy-crispy sheet; beverages --- fruit-flavored rice drink (pineapple, rossel and

lemon flavors). Long-term preservation of HLA can be done using cryopreservation techniques at -85°C using 3% dimethyl sulfoxide as a cryoprotectant.

Key words: Hed Lap, *Nostoc*, blue-green algae, cyanobacteria, food product, *ex situ* conservation

บทนำ

ด้วยคำขวัญประจำถิ่นของ “ป่าดูลำพัน” ที่ว่า

ถิ่นปลูกแสนสวย	กล้วยไม้แสนงาม	ป่อน้ำลือไกล
สมุนไพรมากมี	พื้นที่ชุ่มน้ำ	งามพร้อมพืชพรรณ
สีสนนกกเหี่ยว	เจียวจ้าวนกกลิ้งโคร่ง	พฤษภพ “เห็ดลาลาบ”

เป็นเครื่องยืนยันอย่างดี ถึงความสมบูรณ์ของความหลากหลายทางชีวภาพของป่าดูลำพัน ประกอบเข้ากับสภาพพื้นที่เป็นระบบนิเวศที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยถิ่นเดียวของ “ปูทูลกระหม่อม” (*Thaipotamon chulabhorn Naiyetr*) ซึ่งสามารถแพร่พันธุ์ และดำรงชีวิตอยู่ได้เฉพาะในพื้นที่นี้เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ “ป่าดูลำพัน” ในเขตอำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีพื้นที่เล็ก ๆ เพียง 300 ไร่ จึงได้รับการประกาศเป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าและพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติ ตาม พ.ร.บ. สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535 เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2541

นอกจาก “ปูทูลกระหม่อม” ซึ่งเป็นปูที่สวยงามมากชนิดใหม่ของโลกที่สร้างชื่อเสียงให้กับท้องถิ่นและประเทศไทยแล้ว ยังมีชนิดดีในป่าดูลำพันอีกอย่าง ที่น้อยคนจะได้รับทราบ นั่นก็คือ “เห็ดลาลาบ” ที่ในความเป็นจริง คือ สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green alga, cyanobacterium) ที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน (N_2 -fixation) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nostoc commune* Vaucher แต่เนื่องจากสาหร่ายนี้มีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นแบนบางคล้ายเห็ดหูหนูสีเขียวที่ขึ้นบนดิน และชาวบ้านนิยมเก็บไปทำลาลาบ จึงได้ชื่อประจำท้องถิ่นว่า “เห็ดลาลาบ” อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องรายงานฉบับนี้จึงใช้ชื่อ “สาหร่ายเห็ดลาลาบ” เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องต่อไป

สาหร่ายน้ำจืดในสกุล *Nostoc* เป็นอาหารท้องถิ่นที่นิยมรับประทานในหลายประเทศทั่วโลก นอกจากจะมีการรายงานในต่างประเทศแล้ว รศ. อักษร ศรีเปล่ง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2525) เคยเขียนถึงสาหร่ายที่รับประทานได้ในสกุลนี้ในชื่อ “ไขหิน” หรือ “ดอกหิน” ในปัจจุบันได้สูญหายไปจากท้องถิ่นจนไม่เป็นที่รู้จัก ซึ่งต่างจากสาหร่ายเทา หรือเต้าน้ำ (*Spirogyra* spp.) และสาหร่ายไก่อ (*Cladophora* spp.) ที่ยังเป็นที่นิยมบริโภคในหลายพื้นที่ในแถบจังหวัดภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ

ถึงแม้ว่าสาหร่ายเห็ดลาลาบจะเจริญเติบโตบนดินเค็มในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติป่าดูลำพัน แต่เนื่องจากในฤดูฝน เมื่อเกิดฝนตกจะทำให้สาหร่ายที่อยู่ในน้ำร้อนจะหลุดตัวเป็นแผ่นบางกรอบ คล้ายกระดาษ (ซึ่งเป็นระยะพักตัว, resting stage) ดูดซับน้ำฝนขยายตัวเป็นแผ่นวุ้นบางไม่มีรสชาด มีเนื้อนิ่มหยุ่นแต่กรอบ คล้ายสาหร่ายทะเล สกุล *Undaria pinnatifida* ที่นิยมบริโภคในญี่ปุ่น อย่างไรก็ตามสาหร่ายเห็ดลาลาบมีคุณสมบัติที่ดีกว่า คือ ไม่มีกลิ่นคาว ทำให้ชาวบ้านนิยมเก็บไปบริโภคเป็นประจำทุกปีในฤดูฝนซึ่งเป็นเพียงฤดูกาลเดียวเท่านั้นที่สาหร่ายชนิดนี้จะแพร่และขยายพันธุ์ได้ จนเป็นที่น่าเกรงขามว่าความนิยมบริโภค “เห็ดลาลาบ” ของชาวบ้านในท้องถิ่นจะเป็นสาเหตุให้สาหร่ายเห็ดลาลาบสูญหายไปจากพื้นที่ในที่สุด

จากการที่ยังไม่มีผู้ทำการศึกษาวิจัยถึงความสัมพันธ์ระหว่างนิเวศวิทยาของป่าดูลำพันกับการเกิดขึ้นของสาหร่าย ประกอบกับการเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของสาหร่ายเห็ดลาลาบ ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงและผลิตผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายเห็ดลาลาบจึงเป็นแนวทางที่สำคัญเร่งด่วนในการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อการอนุรักษ์สาหร่ายเห็ดลาลาบให้คงอยู่คู่กับท้องถิ่นตลอดไป พร้อมทั้งมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์ให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจระดับชุมชน/ระดับประเทศอย่างยั่งยืน

นอสตอค (*Nostoc commune* ; “ไซ่หิน”, “ดอกหิน”, “เห็ดลาบ” (ไทย), “Koxianmi” (จีน) “Ishikurage” (ญี่ปุ่น); *N. flagelliforme*; “Fat tsai”, “Facai”, “Shi” (จีน) ; *Nostoc* spp., “Star shot”, “Star jelly”, “Witches’ butter”, “Fairies’ butter” (ยุโรป) เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่มีการเจริญเติบโตแบบเป็นเส้นสายมีเมือกห่อหุ้ม บางชนิดตุ๋นลวกก่อนเยลลี่ ชนิดที่นิยมบริโภคมาก คือ *Nostoc commune* มีการบริโภคในหลายประเทศทั่วโลก เช่น โบลิเวีย, เอกวาดอร์, ฟิจิ, อินโดนีเซีย, ญี่ปุ่น, เม็กซิโก, มองโกเลีย และจีน โดยชาวจีนนิยมนำมาทำเป็นขนมหวาน ส่วน *N. flagelliforme* เป็นอาหารที่มีราคาแพงซึ่งชาวจีนนิยมบริโภคเพื่อความเป็นสิริมงคลในวันขึ้นปีใหม่ สำหรับประเทศไทยในอดีตเคยมีการบริโภคนอสตอคโดยรู้จักกันในชื่อ “ไซ่หิน” หรือ “ดอกหิน” แล้ว ยังมีสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเยลลี่คล้ายนอสตอค แต่เมื่อดูใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเป็นเส้นสายที่มีการแตกแขนง ชาวบ้านในจังหวัดน่านนิยมนำมาบริโภคเพื่อแก้อาการร้อนใน โดยเรียกสาหร่ายชนิดนี้ว่า “ลอน” (*Nostochopsis* sp.)

ส่วน “เห็ดลาบ” เป็นสาหร่าย *N. commune* ที่บริโภคได้ของประเทศที่เพิ่งมีการเปิดตัวโดยพบในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดงพญาเย็นซึ่งเป็นป่าที่มีระบบนิเวศที่มีลักษณะเฉพาะตัวของอำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม โดยการสำรวจของ ดร. อุษา กลิ่นหอม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบว่าประชาชนในพื้นที่เก็บเห็ดลาบซึ่งเจริญเติบโตได้รวดเร็วในช่วงฤดูฝนมาบริโภค ส่วนชื่อ “เห็ดลาบ” นั้น ได้มาจากลักษณะของสาหร่ายที่เป็นแผ่นวุ้นสีเขียวคล้ายเห็ดหูหนู และการที่ชาวบ้านนิยมนำมาบริโภคโดยการทำเป็นลาบ

ความนิยมบริโภคสาหร่ายน้ำจืด สกุล *Nostoc* เปรียบเทียบกับสกุลอื่นๆ ในประเทศต่างๆ แสดงในตารางที่ 1

การวิจัยในต่างประเทศค้นพบมาเป็นเวลานานแล้วว่า สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่ตรึงไนโตรเจนได้มีบทบาทอย่างสูงในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชุ่มน้ำและนาข้าว (Sinha and Häder, 1996) โดยพบว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ดีในพื้นที่แห้งแล้ง หรือกึ่งแห้งแล้ง จะเป็นสาหร่ายที่สามารถสร้างเมือกหนา หรือมีแคปซูลเจล (capsular jelly) ห่อหุ้ม เช่น สาหร่ายสกุล *Nostoc* ซึ่งเมือกนี้จะมีความสำคัญในการก่อให้เกิดโครงสร้างของอนุภาคดินที่ดี รวมทั้งช่วยในการรักษาความชื้นไว้ในดินได้เป็นเวลานาน (Flaibani et al., 1989) นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่ายชนิดที่สายเซลล์ฝังตัวในแผ่นเมือกที่ห่อหุ้ม เช่น *Nostoc commune* จะมีความทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตสูงกว่าสกุล/ชนิดอื่นที่ไม่มีเมือกห่อหุ้ม เช่น *Anabaena* sp. (Sinha et al., 1995)

ตารางที่ 1. สาหร่ายน้ำจืดจากแหล่งธรรมชาติที่มีการบริโภคเป็นอาหารในประเทศต่างๆ

Country	Algae
Bolivia	<i>Nostoc commune</i>
Burma	<i>Spirogyra</i> spp.
Chad	<i>Arthrospira platensis</i>
China	<i>Nostoc commune</i> var. <i>flagelliforme</i> <i>Nostoc edule</i> , <i>Prasiola yunnanica</i>
Ecuador	<i>Nostoc commune</i> , <i>N. ellipsosporum</i>
Fiji	<i>Nostoc</i> spp.
“Himalayas”	<i>Prasiola</i> spp.
India	<i>Lemanea mamillosa</i> , <i>Oedogonium</i> spp., <i>Spirogyra</i> spp.
“Indochina”	<i>Spirogyra</i> spp.
Indonesia (Java)	<i>Nostoc commune</i>
Japan	<i>Aphanothece sacrum</i> , <i>Nostoc commune</i> , <i>N. verrucosum</i> , <i>Prasiola japonica</i>
Mexico	<i>Chroococcus turgidus</i> , <i>Nostoc commune</i> , <i>Phormidium tenue</i> , <i>Spirulina</i> spp.
Mongolia	<i>Nostoc commune</i> , <i>N. edule</i>
Okinawa	<i>Nostoc</i> sp.
Peru	<i>Nostoc pruniforme</i>
Thailand	<i>Nostoc verrucosum</i> , <i>Spirogyra</i> spp., <i>Cladophora</i> spp., <i>Nostochopsis</i> sp.
US (Hawaii)	<i>Enteromorpha</i> spp.
USSR (Siberia)	<i>Nostoc edule</i>

ที่มา : Lembi and Waaland (1988)

สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวบางชนิดสามารถคงความมีชีวิตได้เป็นเวลานานหลายปี และสามารถกลับมาเจริญเติบโตและสร้างกระบวนการเมแทบอลิซึมได้ภายหลังการคืนสภาพ โดยการดูดน้ำกลับเข้าไปในเซลล์ (rehydration) (Dodds et al., 1995) และยังมีรายงานว่า *N. commune* ที่แกะจากเฮอริบาเรียม (herbarium) อายุ 107 ปี ยังคงความมีชีวิตอยู่รอดได้ (Lund and Lund, 1995) ทั้งนี้สันนิษฐานว่าคุณสมบัติดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับสารพอลิแซ็กคาไรด์หรือสารไกลโคคอนจูเกต (glycoconjugates) ที่ผลิตโดยสาหร่าย เช่นเดียวกับในกรณีของจุลินทรีย์ชนิดอื่น (Huang et al., 1998)

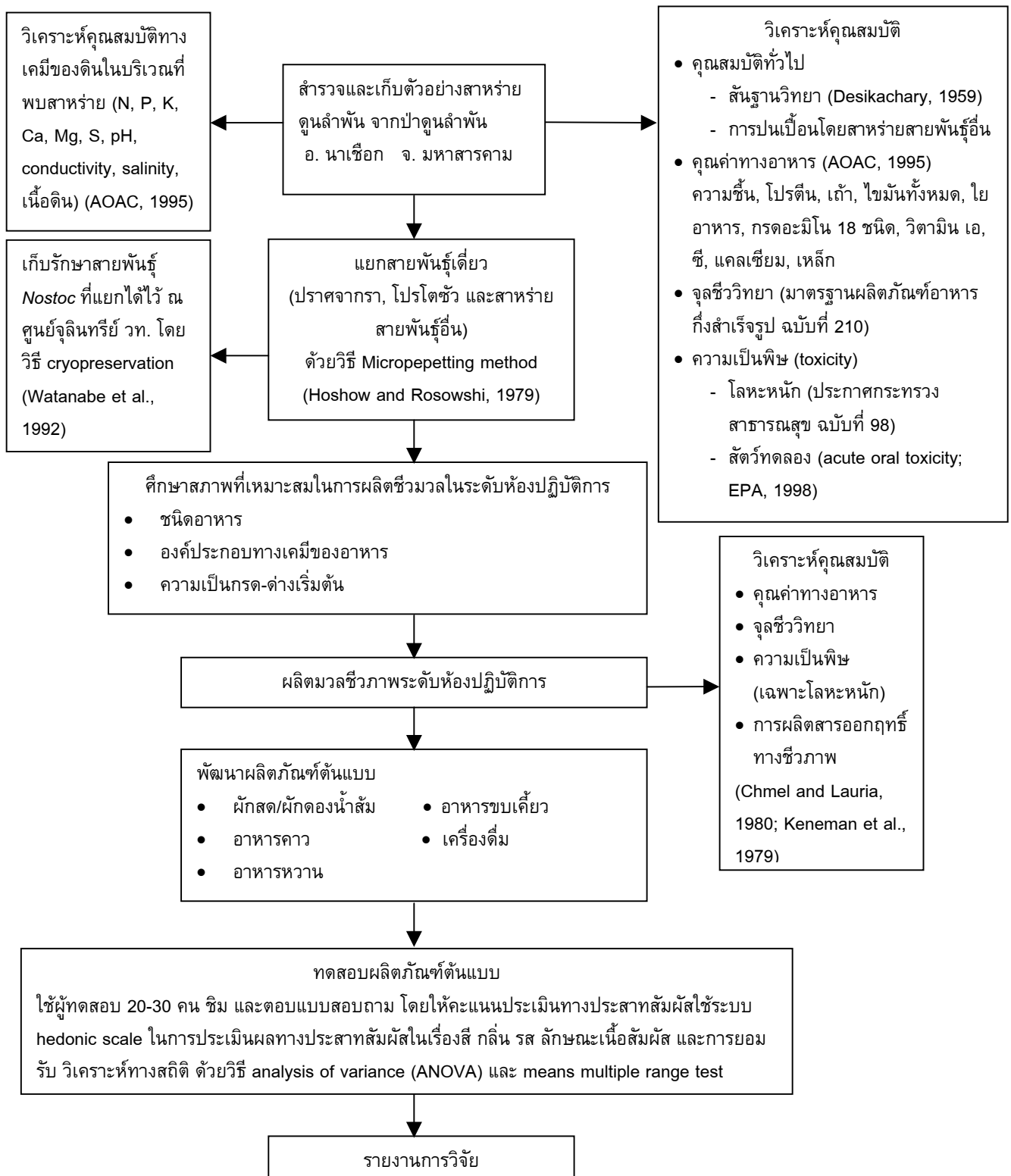
Nostoc เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่มีลักษณะเส้นสายคล้าย *Anabaena* แต่มีเส้นสายที่พันกันยุ่งเหยิง และฝังตัวอยู่ในเมือกหุ้ม ซึ่งเมือกที่ห่อหุ้มอาจมีลักษณะนุ่มหรือแน่น ทำให้มีลักษณะผิวคล้ายแผ่นหนังสามารถสร้างกลุ่มเซลล์ได้ทั้งขนาดเล็กและใหญ่ สาหร่ายในสกุล *Nostoc* สามารถแพร่กระจายอยู่ทั่วไปทั้งในที่แห้งแล้ง เช่น ทะเลทรายโกเบ หรือที่หนาวเย็น เช่น สถานที่ที่เรียกว่า “Polar Deserts” ในขั้วโลกใต้ นอกจากนี้ยังเคยมีผู้สำรวจพบก้อนวัณของ *Nostoc* ขนาดใหญ่ น้ำหนักถึง 2.6 กิโลกรัม ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Lund and Lund, 1995) Lazaroff (1973) และ Abdelahad และ Bazzichelli (1989) ได้ทำการศึกษาวงจรชีวิต การสร้างกลุ่มเซลล์ ตลอดจนลักษณะสัณฐานวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปสัณฐานในวงจรชีวิตของ *Nostoc* (polymorphic life cycle)

ในส่วนของการใช้ประโยชน์จาก *Nostoc* มีรายงานโดยสมาชิกของคณะนักสำรวจขั้วโลกใต้ของเครือจักรภพอังกฤษ (Commonwealth Transantarctic Expedition) ระหว่างปี 1955-1958 พบว่ามี *Nostoc* แพร่กระจายอย่างกว้างขวางตั้งแต่เหนือเส้นรุ้งที่ 60° ใต้ ขึ้นมา รวมทั้งมีการทดลองบริโภคเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหาร (Lund and Lund, 1995) Chu และ Tsang (1988) รายงานว่ามีการใช้ *Nostoc* เป็นอาหารในประเทศจีนมาเป็นเวลานานมาก *Nostoc* บางชนิดยังใช้เป็นยารักษาโรคมะเร็งและเกาต์ ในขณะที่ Hoppe (1979), Bloor และ England (1989), de Caire และคณะ (1987, 1990) รายงานการค้นพบสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์อย่างกว้างขวางทั้งจากสารสกัดเซลล์และอาหารเหลวที่ใช้เพาะเลี้ยงเซลล์ มีรายงานว่า *N. commune* สามารถลดโคเลสเตอรอลในซีรัมได้อย่างมีนัยสำคัญในหนูทดลอง โดยคาดว่าความสามารถในการลดโคเลสเตอรอลนี้น่าจะมาจาก “ใยอาหาร” (dietary fiber) (Hori et al., 1994) ในตำรับแพทย์แผนจีนมีการนำ *N. commune* และ *N. spiroides* มาใช้ในการบำบัดโรคตาบอดในเวลากลางคืน (night blindness), แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ตลอดจนอาการเจ็บป่วยที่ไม่รุนแรงต่างๆ มีการวิจัยพบว่าสารสกัดด้วยน้ำร้อนของ *N. flagelliforme* มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก (antitumor) ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากองค์ประกอบของสารพอลิแซ็กคาไรด์ (Takenaka et al., 1997) Huang และคณะ (1998) ศึกษาองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์จาก *Nostoc* 3 ชนิด ที่รับประทานได้ ได้แก่ *N. commune*, *N. flagelliforme*, *N. sphaeroides* ที่เจริญเติบโตในธรรมชาติ และที่ได้จากการเพาะเลี้ยง พบว่าองค์ประกอบหลักของสารพอลิแซ็กคาไรด์จากตัวอย่างกลุ่มเซลล์ของ *Nostoc* ทั้ง 3 ชนิดที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ กลูโคส ไฮโดรไลส และกาแลคโตส ในสัดส่วน 2 : 1 : 1 โดยประมาณ ทั้งยังพบว่ามีแมนโนสในระดับต่ำและมีความแปรปรวนระหว่างชนิด และพบว่าเฉพาะใน *N. flagelliforme* เท่านั้นที่มีอาราบินอส ส่วนองค์ประกอบของสารพอลิแซ็กคาไรด์จากอาหารเหลวที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายและจากเซลล์สาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยง พบว่ามีความซับซ้อนมากกว่าตัวอย่างที่เก็บจากธรรมชาติ และมีความแปรปรวนระหว่างชนิด

ในปัจจุบันในประเทศญี่ปุ่น มีผลิตภัณฑ์เซลล์แห้งของ *N. flagelliforme* ซึ่งมีสรรพคุณในการลดโคเลสเตอรอลและยับยั้งการเกิดเนื้องอกในลำไส้ โดยบริษัท Micro-algae Corporation ออกวางจำหน่ายตั้งแต่ปี 1999

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาคุณสมบัติ เทคนิคการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ พร้อมทั้งศึกษาการอนุรักษ์สายพันธุ์นอกถิ่นกำเนิดเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

วิธีการ



ผลการวิจัย

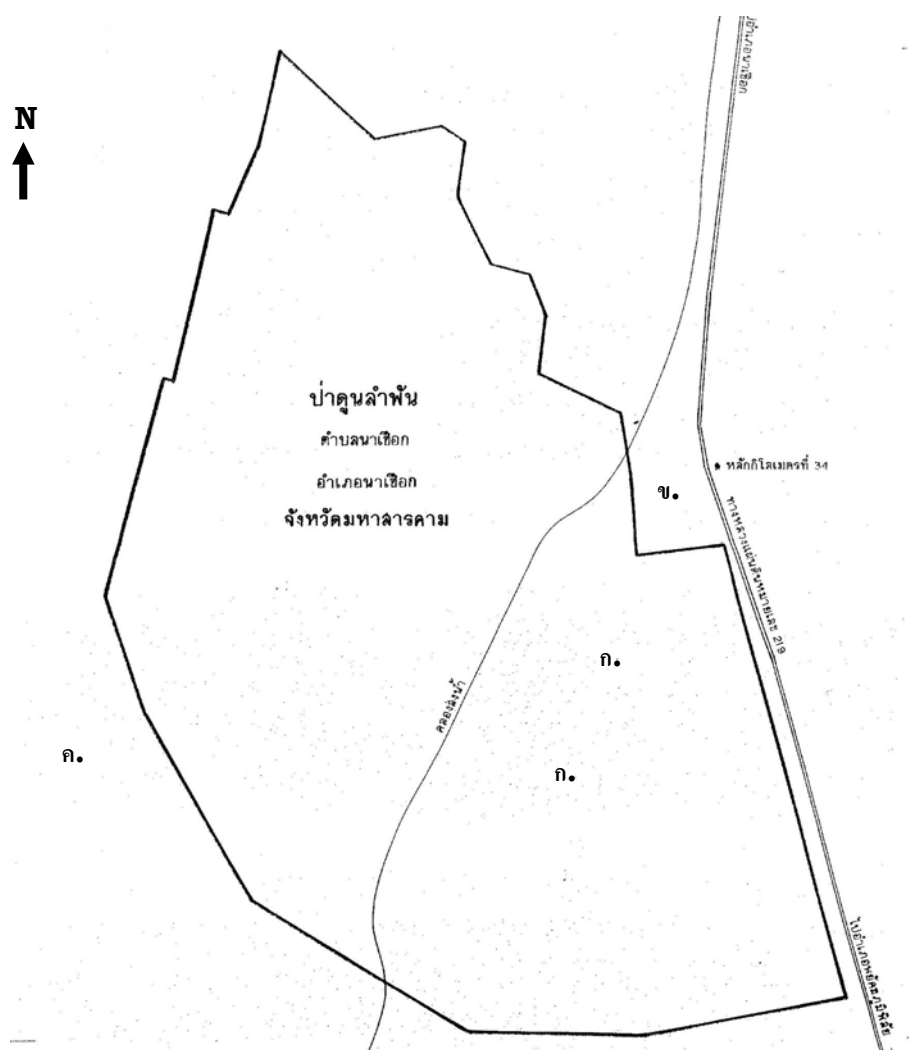
1. การสำรวจสาหร่ายเห็ดลาบบริเวณป่าดูลำพันและพื้นที่ข้างเคียง

บริเวณที่สำรวจพบสาหร่ายเห็ดลาบ แสดงในภาพที่ 1

ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูลำพันสามารถพบสาหร่ายเห็ดลาบได้บริเวณพื้นที่เสื่อมโทรมของบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูลำพันติดกับที่ทำการ ลักษณะดินเป็นดินทราย พบพรรณไม้ที่ขึ้น คือ หญ้าหางหมาจอก หญ้าแฝกไหม และหญ้าหับบ่อ ใต้ต้นรวงไข

บริเวณทิศเหนือติดกับเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูลำพัน เป็นที่เสื่อมโทรม ดินเป็นดินทรายผสมกับดินลูกรัง พบสาเกลือขึ้นใกล้เคียงกับบริเวณที่เก็บตัวอย่าง พืชที่ขึ้นเป็นพืชตระกูลหญ้า

บริเวณทางด้านทิศใต้ของเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูลำพัน เป็นที่ของเกษตรกร พบสาหร่ายเห็ดลาบขึ้นในบริเวณที่ไม่ได้มีการทำนา ดินลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย



ภาพที่ 1. บริเวณที่สำรวจพบสาหร่ายเห็ดลาบ

- ก. ในพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูลำพัน
- ข. พื้นที่ด้านทิศเหนือของป่าดูลำพัน
- ค. พื้นที่ด้านทิศใต้ของป่าดูลำพัน

ตารางที่ 2. คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำรวจพบว่ามีสาหร่ายเห็ดลาบเจริญเติบโต

จุดที่เก็บ	เนื้อดิน	อินทรีย์วัตถุ	pH	ความเค็ม (กรัมต่อลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนส์ ต่อเซนติเมตร)	ธาตุอาหารที่พบในดิน (มก./กก.)									
						N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cl	Zn	Cu
1. ดินในเขตห้ามล่าฯ	ร่วนปนทราย	0.4	7.89	0.3	7.26	76	809	13	0.07	22	36	91	32	ND	ND
2. ดินด้านทิศเหนือ	ร่วนปนทราย	0.6	7.81	0.3	7.27	352	322	13	0.09	88	36	86	326	0.37	10
3. ดินด้านทิศใต้	ร่วนปนทราย	0.8	8.36	0.3	7.28	291	185	14	0.79	165	36	71	84	0.63	17

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน บริเวณที่สำรวจพบสาหร่ายเห็ดลาบ แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงผลวิเคราะห์คุณสมบัติของดินทางกายภาพและเคมีในแง่ของปริมาณธาตุอาหาร พบว่า ดินที่สำรวจพบสาหร่ายเห็ดลาบทั้ง 3 แห่ง มีคุณสมบัติเป็นดินร่วนปนทราย มีอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 0.4-0.8% pH ระหว่าง 7.81-8.36 ความเค็มและค่าการนำไฟฟ้าที่เท่ากัน คือ 0.3 กรัมต่อลิตร และ 7.2 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตรตามลำดับ ในส่วนของธาตุอาหารในดิน พบว่า โปแตสเซียม แคลเซียม ซัลเฟอร์ โซเดียม ในทั้ง 3 แห่ง มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนธาตุสังกะสี มังกานีส และทองแดง ตรวจไม่พบในตัวอย่างดินจากเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูนลำพัน สำหรับธาตุอาหารหลักของสาหร่าย คือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส พบว่า ทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณแตกต่างกันในช่วงกว้าง โดยไนโตรเจนพบในช่วง 76-352 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ฟอสฟอรัสพบในช่วง 185-809 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยตัวอย่างดินในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูนลำพันจะมีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุด ในขณะที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเช่นกัน ส่วนธาตุอาหารรอง พบว่าปริมาณแมกนีเซียมมีความแตกต่างในช่วงกว้างระหว่าง 22-165 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ข้อมูลธาตุอาหารบ่งชี้ว่า สาหร่ายเห็ดลาบสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความแตกต่างของธาตุอาหารที่สำคัญในช่วงกว้างได้

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติสาหร่ายเห็ดลาบ

สาหร่ายเห็ดลาบสด (ภาพที่ 2) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง หนาประมาณ 1.0 มิลลิเมตร มีสีตั้งแต่สีน้ำเงินแกมเขียวจนถึงสีเหลือง ขนาดของแผ่นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสถานที่ที่พบ หากเป็นพื้นที่ที่มีน้ำขังและอยู่นานสาหร่ายที่พบจะมีลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่ ส่วนสาหร่ายเห็ดลาบแห้งจะมีลักษณะหดตัวเป็นแผ่นแข็ง สีน้ำตาลถึงดำ มีลักษณะขรุขระ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2. สาหร่ายเห็ดลาบสด

การตรวจสอบฐานฐานวิทยาของสาหร่ายเห็ดลาบได้กล้องจุลทรรศน์ (ภาพที่ 4) และจัดอนุกรมวิธานตามคู่มือของ Desikachary (1959) พบว่าเป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ ชนิด *Nostoc commune* voucher มีลักษณะของทาลัส (thallus) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีแคปซูลเจลใส (hyaline capsular jelly) ห่อหุ้มรวมตัวกันอย่างหนาแน่น (firm) และพันกันยุ่งเหยิง (entangled) ทริโคมมีความกว้าง

5-7 ไมครอน เซลล์รูปถัง (barrel-shaped) ถึงค่อนข้างกลม ขนาดกว้าง 6.69 ไมครอน ยาว 8.05 ไมครอน เฮเทอโรซิสต์ (heterocyst) รูปร่างค่อนข้างกลม กว้างประมาณ 7.25 ไมครอน

การตรวจสอบการปนเปื้อนของแผ่นสาหร่ายเห็ดจากแหล่งธรรมชาติ พบว่าการปนเปื้อนบนผิวของแผ่นสาหร่ายเห็ดจากสาหร่ายอื่นๆ คือ กลุ่มสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ได้แก่ *Phormidium* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Scytonema* sp. และกลุ่มไดอะตอม ได้แก่

Navicula sp., *Achnanthes* sp. และ *Fragilaria* sp. โดยพบการปนเปื้อนต่ำกว่า 10% ของพื้นที่ของแผ่นสาหร่ายเห็ด และสามารถลดการปนเปื้อนจากสาหร่ายได้ง่าย โดยการล้างด้วยน้ำและใช้มือถู

การศึกษาปริมาณน้ำในแผ่นสาหร่ายเห็ดสดจากแหล่งธรรมชาติ และจากการเพาะเลี้ยง โดยการอบแห้ง (55 องศาเซลเซียส), ผึ่งแดด และระเหิดแห้ง (freeze-dried) พบว่าน้ำหนักแห้งของสาหร่ายเห็ด คิดเป็น

4.45 ± 0.03 , 4.94 ± 0.12 และ

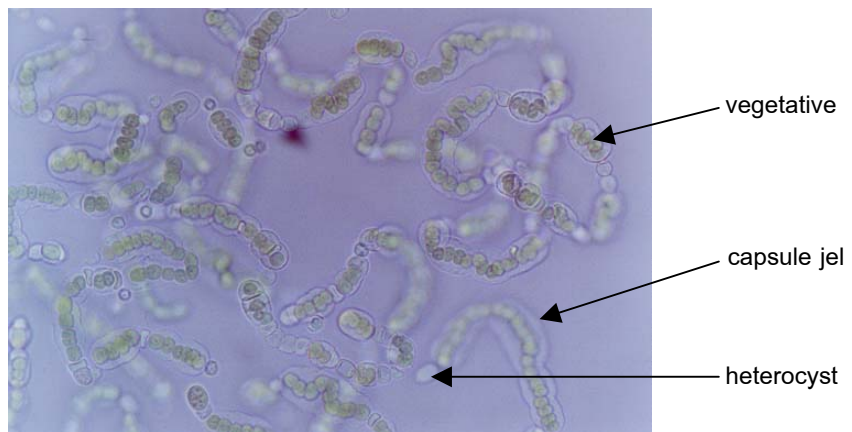
$4.10 \pm 0.02\%$ ของน้ำหนักสด

ตามลำดับ หรือสาหร่ายเห็ดสดจากแหล่งธรรมชาติจะมีความชื้นประมาณ 95-96% ในขณะที่น้ำหนักแห้งของสาหร่ายที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจะมีน้ำหนักแห้งคิดเป็น 2.65 ± 0.03 , 2.34 ± 0.11 และ $2.03 \pm 0.02\%$ ตามลำดับ หรือสาหร่ายเห็ดสดจากการเพาะเลี้ยงจะมีความชื้นประมาณ 97-98% เมื่อนำสาหร่ายเห็ดสดแห้ง

จากทั้ง 2 แหล่งไปคั้นสภาพโดยการแช่ในน้ำกลั่น พบว่าสาหร่ายเห็ดสามารถคั้นสภาพ และคงลักษณะไว้ได้เช่นเดิม



ภาพที่ 3. สาหร่ายเห็ดสดแห้ง



ภาพที่ 4. สัณฐานวิทยาของสาหร่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดสดจากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง

ผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดสดจากแหล่งธรรมชาติ แสดงในตารางที่ 3 สาหร่ายเห็ดสดมีโปรตีน 20% โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ครบถ้วน ในขณะที่มีไขมันต่ำเพียง 0.02% และที่น่าสนใจ คือ มีใยอาหารสูงถึง 43% ส่วนสาหร่ายเห็ดสดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยสูตรอาหารที่เหมาะสม (BGA ดัดแปลง) พบว่ามีวิตามินเอเพิ่มเป็น 9 เท่า มีกรดอะมิโนจำเป็น เมไทโอนีน ลูซีน และทริปโตเฟน เพิ่มขึ้นประมาณ 5, 2 และ 3 เท่าตามลำดับ ในขณะที่มีใยอาหารเหลือเพียง 1 ใน 17 ส่วนของตัวอย่างจากแหล่งธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างจากแหล่งธรรมชาติจะมีการเจริญเติบโตในลักษณะเป็นแผ่นวุ้นที่สร้างแคปซูลเจลหนาแน่นล้อมรอบเส้นสาย ในขณะที่ตัวอย่างที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจะเป็นกลุ่มเซลล์ขนาดเล็กที่มีการหลั่งสารพอลิแซ็กคาไรด์ (ซึ่งเป็นใยอาหารรูปแบบหนึ่ง) ออกสู่ภายนอก เมื่อเก็บเกี่ยวเฉพาะเซลล์จึงมีปริมาณใยอาหารน้อยกว่าจากแหล่งธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดปลาเปรียบเทียบกับสกุล *Nostoc* ทั้งชนิด *N. commune* และ *N. flagelliforme* ที่มีการศึกษาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ปักกิ่ง เจียงซู และนิงเซีย (Gao, 1998; Chu and Tsang, 1988) ในประเทศจีนแล้ว พบว่า มีปริมาณโปรตีนที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 20% อย่างไรก็ตามสาหร่ายเห็ดปลาจากแหล่งธรรมชาติของประเทศไทยมีปริมาณใยอาหารสูงกว่า 10-20 เท่า

ตารางที่ 3. คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดปลาและสกุล *Nostoc* จากแหล่งต่างๆ

รายการ (หน่วย)	<i>Nostoc commune</i>				<i>Nostoc flagelliforme</i>		
	แหล่งธรรมชาติ	เพาะเลี้ยง	แหล่งธรรมชาติ		แหล่งธรรมชาติ		
	(ตุนลำพัน)	(วว.)	(Peijing)	(Jiangsu)	(Peijing)	(Jiangsu)	(Ningxia)
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	10.19	12.97	8.40	14.90	13.80	13.10	12.10
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	20.26	20.84	18.50	14.60	20.30	20.00	21.30
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	16.20	11.40	13.70	15.20	0.60	8.00	5.38
ไขมันทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.02	1.56	0.10	0.20	0.00	0.30	¹
ใยอาหาร (กรัม/100 กรัม)	43.00	2.70	1.00	3.90	3.90	2.00	-
วิตามินเอ (ไมโครกรัม/100 กรัม)	2.31	21.40	-	-	-	-	-
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.02	0.43	-	-	-	-	-
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.01	0.13	-	-	-	-	-
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม)	ND ²	ND	-	-	-	-	3.18
แคลเซียม (กรัม/100 กรัม)	3.55	1.54	ND	0.41	2.56	0.77	1.83
เหล็ก (กรัม/100 กรัม)	0.28	0.37	ND	0.29	0.20	0.12	0.03
กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/100 กรัม)							
Alanine	1658.27	1810.43	-	-	-	-	-
Arginine	1015.52	998.85	-	-	-	-	-
Aspartic acid	3166.21	2656.94	-	-	-	-	-
Cystine	ND	ND	-	-	-	-	-
Glutamic acid	2064.97	2613.46	-	-	-	-	-
Glycine	1044.10	1107.41	-	-	-	-	-
Histidine ³	886.22	360.45	-	-	-	-	-
Isoleucine ³	797.14	660.09	-	-	-	-	-
Leucine ³	1374.11	1573.84	-	-	-	-	-
Lysine ³	450.09	810.98	-	-	-	-	-
Methionine ³	49.33	258.47	-	-	-	-	-
Phenylalanine ³	1000.05	915.99	-	-	-	-	-
Proline	486.36	745.09	-	-	-	-	-
Serine	1186.14	1217.37	-	-	-	-	-
Threonine ³	1193.92	1149.20	-	-	-	-	-
Tryptophan ³	35.62	113.87	-	-	-	-	-
Tyrosine	446.47	660.68	-	-	-	-	-
Valine ³	1220.93	853.87	-	-	-	-	-

¹ไม่ได้ทำการวิเคราะห์, ²วิเคราะห์ไม่พบ, ³เป็นกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid)

5. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของสาหร่ายเห็ดปลาจากแหล่งธรรมชาติ

ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของสาหร่ายเห็ดปลาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป ฉบับที่ 210 พ.ศ. 2543) พบว่า สาหร่ายเห็ดปลาจากแหล่งธรรมชาติแม้จะมีการทำความสะอาดแล้ว แต่ยังมีปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตที่ 37 องศาเซลเซียส และปริมาณยีสต์และราเกินกว่าข้อกำหนดของมาตรฐานฯ โดยไม่พบว่ามีกรปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ก่อโรคแต่อย่างใด ในขณะที่สาหร่ายเห็ดปลาจากการ

เพาะเลี้ยงมีปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตที่ 37 องศาเซลเซียส เกินกว่าที่กำหนด (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ มีกระบวนการฆ่าเชื้อที่สามารถทำลายจุลินทรีย์เหล่านี้ ซึ่งไม่ได้เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคได้

ตารางที่ 4. ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของสาหร่ายเห็ดlabจากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง

รายการ	แหล่งธรรมชาติ		เพาะเลี้ยง	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร กึ่งสำเร็จรูป
	สาหร่ายสด	สาหร่ายแห้ง*	สาหร่ายแห้ง*	
จุลินทรีย์ทั้งหมด				
- จุลินทรีย์ที่เติบโตที่ 37°C (หน่วยต่อกรัม)	4.7x10 ⁷	3.5x10 ⁵	7.6x10 ⁵	≤1x10 ⁵
- จุลินทรีย์ที่เติบโตที่ 55 °C (หน่วยต่อกรัม)	1x10 ³	1x10 ³	ตรวจไม่พบ	≤1x10 ⁵
ยีสต์ รา และแบคทีเรีย				
- รา (หน่วยต่อกรัม)	1.4x10 ⁴	1.4x10 ⁴	ตรวจไม่พบ	≤1x10 ²
- <i>Escherichia coli</i> (หน่วยต่อกรัม)	>1,100	240	ตรวจไม่พบ	<3
จุลินทรีย์ก่อโรค				
- <i>Salmonella</i> (125 กรัม)	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- <i>Staphylococcus aureus</i> (1 กรัม)	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- <i>Clostridium perfringens</i> (1 กรัม)	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
- <i>Bacillus cereus</i> (0.1 กรัม)	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ

*หลังทำความสะอาดสาหร่ายโดยการล้างด้วยน้ำเกลือ และน้ำเปล่าแล้ว จึงทำการอบสาหร่ายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่

6. การวิเคราะห์สารปนเปื้อนอินทรีย์ (non-biogenic toxins) ในสาหร่ายเห็ดlabจากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง

ทำการวิเคราะห์สารปนเปื้อนอินทรีย์ โดยยึดหลักตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) ที่กำหนดให้อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท มีสารปนเปื้อนจำพวกปรอท ตะกั่ว สารหนู ได้ในปริมาณจำกัด ผลการวิเคราะห์การปนเปื้อนในสาหร่ายเห็ดlab เปรียบเทียบกับปริมาณสารปนเปื้อนตามพิกัดที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าสาหร่ายเห็ดlabจากแหล่งธรรมชาติ แม้จะมีการปนเปื้อนจากโลหะหนัก แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข อย่างไรก็ตามการบริโภคสาหร่ายเห็ดlabจะบริโภคในลักษณะของสาหร่ายเห็ดlabสด หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีการคั้นตัวโดยการดูดซับน้ำเข้าสู่เซลล์ ทำให้ค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในสาหร่ายเห็ดlabเมื่อคิดเป็นต่อ กิโลกรัมสดแล้ว จะลดต่ำลงเป็นอย่างมากเนื่องจากสาหร่ายเห็ดlabสดจากแหล่งธรรมชาติ และจากการเพาะเลี้ยงมีความชื้นอยู่สูงถึง 95-96% และ 97-98% ตามลำดับ

ตารางที่ 5. เปรียบเทียบปริมาณสารปนเปื้อนอินทรีย์ในสาหร่ายเห็ดlabจากแหล่งธรรมชาติ

	(มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)		
	ปรอท	ตะกั่ว	สารหนู
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529)	0.50	1.0	2.00
สาหร่ายเห็ดlab (แห้ง) จากแหล่งธรรมชาติ	0.02	1.0	0.38
สาหร่ายเห็ดlab (แห้ง) จากการเพาะเลี้ยง	0.05	1.0	0.05

7. ความเป็นพิษของสาหร่ายเห็ดlabจากแหล่งธรรมชาติ

ผลทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากของสาหร่ายเห็ดlabในหนูทดลองตามวิธีมาตรฐานของ OECD Guide lines for Testing of Chemical (1993) พบว่าหลังจากป้อนตัวอย่างทดสอบให้หนู หนูทุกตัวแสดงอาการปกติ นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบความผิดปกติของอวัยวะภายในจากการชันสูตรซากหนูทุกตัวเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากตามวิธี Acute oral toxicity (Limit test) ของ OECD Guidelines for Testing of Chemicals (1993) เป็นการทดสอบเพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับขนาด (dosage) และความเป็นพิษของสารทดสอบนั้นๆ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการทดสอบความเป็นพิษระยะกึ่งเรื้อรังและเรื้อรังต่อไป การป้อนสารทดสอบแก่สัตว์ทดลองในขนาด 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว จัดว่าเป็นขนาดที่สูงและหากสัตว์ทดลองไม่ตายหรือไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆ ภายหลังได้รับสารทดสอบ ไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบต่อโดยใช้ขนาดที่สูงกว่านี้ (EPA, 1998; Auletta, 1995) เนื่องจากผลการทดสอบโดยให้หนูทดลองได้รับตัวอย่างทดสอบสาหร่ายเห็ดลาบอบแห้ง ขนาด 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในการศึกษาไม่ก่อให้เกิดอาการผิดปกติในหนู ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบต่อไปในขนาดที่สูงขึ้นกว่านี้

8. การแยกและการอนุรักษ์สายพันธุ์สาหร่ายเห็ดลาบ

สามารถแยกได้สาหร่ายเห็ดลาบสายพันธุ์เดี่ยว และเก็บรักษาไว้โดยวิธีการถ้ำเยลลงบนอาหารแข็ง และอาหารเหลว BGA เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่างๆ สำหรับการเก็บรักษาสาหร่ายเห็ดลาบบนอาหาร โดยวิธี cryopreservation ผลทดสอบความสามารถในการอยู่รอด หลังจากการเก็บรักษาในเดือนที่ 15 พบว่า สาหร่ายเห็ดลาบยังคงมีชีวิต และอยู่รอดได้เป็นอย่างดี

9. การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายเห็ดลาบ

9.1 การผลิตสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์

ผลการทดลองพบว่า สาหร่ายเห็ดลาบสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Bacillus subtilis* TISTR 008 ได้ดี ทั้งนี้การออกฤทธิ์โดยสารที่ได้จากน้ำเลี้ยงจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงกว่าการออกฤทธิ์โดยสารสกัดจากเซลล์ ซึ่งแสดงลักษณะการยับยั้งที่ไม่สมบูรณ์ (hazy zone) และสารที่ได้จากน้ำเลี้ยงที่อายุ 30 วัน มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์สูงกว่าสารที่ได้จากน้ำเลี้ยงที่อายุ 15 วัน อย่างไรก็ตามสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ผลิตโดยสาหร่ายเห็ดลาบนี้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แกรมลบ (*Escherichia coli* TISTR 780 และ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781) รวมทั้งเชื้อรา (*Aspergillus niger* TISTR 3245) ที่ใช้ทดสอบได้ ในขณะที่ตัวควบคุมบวก คือ gentamicin และ nystatin สามารถควบคุมได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ และเชื้อรา ได้ตามลำดับ ส่วนน้ำกลั่นซึ่งเป็นตัวควบคุมลบไม่เกิดโซนยับยั้งในจุลินทรีย์ทุกสายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ แสดงในตารางที่ 6 ซึ่งจะเห็นว่าสาหร่ายเห็ดลาบสร้างสารออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ในวงแคบ คือ เฉพาะแกรมบวกเท่านั้น ในขณะที่การศึกษาการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายในสกุล *Nostoc* ที่ผ่านมา พบว่า *N. muscorum* ออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์อย่างกว้างขวาง (broad spectrum) (Bloor and England, 1989; Piccardi et al., 2000) รวมทั้งออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเน่า (damping-off) ในพืช (de Caire et al., 1990)

9.2 การผลิตสารออกฤทธิ์ด้านการอักเสบ

หลังจากฉีดสารเหนียวทำให้เกิดการอักเสบแบบเฉียบพลัน (คาราจีแนน 1%) ที่อุ้งเท้าข้างขวาของหนูทุกกลุ่ม แล้ววัดความเปลี่ยนแปลงของปริมาตรของเท้าหนูที่เวลา 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับสารละลายมาตรฐานเฟนิลบูตาโซน ขนาด 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักหนู มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการอักเสบ (% inhibition) เป็น -2.56, 85.7 และ 73.7 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนหนูที่ได้รับสาหร่ายเห็ดลาบจากธรรมชาติพบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายเห็ดลาบจากธรรมชาติในขนาด 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักหนู มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการอักเสบ (% inhibition) ที่ 1 ชั่วโมง เป็น -20.5, -15.4 และ -21.4 ตามลำดับ ที่ 2 ชั่วโมง เป็น 34.0, 13.9 และ 12.7 ตามลำดับ ที่ 3 ชั่วโมง เป็น 12.6, -11.8 และ -1.6 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนหนูที่ได้รับสาหร่ายเห็ดลาบจากการเพาะเลี้ยงพบว่ากลุ่มที่ได้รับสาหร่ายเห็ดลาบจากการเพาะเลี้ยงในขนาด 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักหนู มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการอักเสบที่ 1 ชั่วโมง เป็น -114.0, -214.0 และ -233.3 ตามลำดับ ที่ 2 ชั่วโมง เป็น 31.4, 25.0 และ 31.1 ตามลำดับ ที่ 3 ชั่วโมง เป็น 9.3, 18.2

และ 31.1 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจากผลการทดลองนี้พบว่า สาหร่ายเห็ดลาบทั้งจากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงที่ขนาด 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตรน้ำหนักรวม ไม่สามารถยับยั้งการอักเสบที่อุ้งเท้าของหนูในชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3 ในขณะที่สารต้านการอักเสบมาตรฐาน เฟนิลบูตาโซนสามารถยับยั้งการอักเสบบริเวณอุ้งเท้าหนูได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6. ประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายเห็ดลาบในการยับยั้งจุลินทรีย์

ตัวอย่างสาร	ขนาดของโซนยับยั้ง (มิลลิเมตร)			
	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. niger</i>
น้ำเลี้ยง อายุ 15 วัน	12.79	- ¹	-	-
น้ำเลี้ยง อายุ 30 วัน	21.94	-	-	-
เซลล์สกัด อายุ 15 วัน	8.95 ²	-	-	-
เซลล์สกัด อายุ 30 วัน	10.99 ²	-	-	-
Gentamicin (5 ไมโครกรัม)	11.52	12.00	8.72	ND
Nystatin (5 ไมโครกรัม)	ND ³	ND	ND	13.67

¹ ไม่เกิดโซนยับยั้ง, ² ยับยั้งไม่สมบูรณ์ (hazy zone), ³ ไม่ได้ทำการทดสอบ

10. การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตชีวมวลสาหร่ายเห็ดลาบที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BGA และอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสม (BGA ดัดแปลง)

ในการทดลองเปรียบเทียบการผลิตชีวมวลสาหร่ายเห็ดลาบที่เพาะเลี้ยงในอาหาร BGA และอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสม คือ BGA ซึ่งดัดแปลงโดยไม่เติม NaCl เติม K_2HPO_4 เพิ่มขึ้นจาก 0.60 เป็น 0.90 กรัมต่อลิตร และลด $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ จาก 0.38 เป็น 0.095 กรัมต่อลิตร และปรับ pH ของอาหารเริ่มต้นเป็น 7.5-8.0 ทำให้ได้ชีวมวลของสาหร่ายคิดเป็นน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นจากสูตร BGA จาก 12.35 เท่า เป็น 34.05 เท่าของน้ำหนักสดเริ่มต้น มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสุดท้ายจาก 2.47 ± 0.01 เป็น 6.81 ± 0.09 กรัม และมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจาก 8.37 ± 0.01 เป็น $11.76 \pm 0.05\%$ ต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสนใจว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบในสูตรที่ไม่เติม NaCl นั้น สาหร่ายเห็ดลาบยังผลิตเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ (exopolysaccharide) ออกมานอกเซลล์ในปริมาณมากอีกด้วย (ภาพที่ 5) ซึ่งสารดังกล่าวมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด หรือสารเพิ่มความข้นเหนียว (thickening agent) ในอุตสาหกรรมอาหาร หรือใช้เป็นสารปรับโครงสร้างดิน (soil conditioner) ในทางการเกษตร



ภาพที่ 5. ลักษณะของเอกโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตโดยสาหร่ายเห็ดลาบบนอาหารรุ่นที่ไม่เติม NaCl ในสภาพของเหลว (ก) และเมื่อผ่านการระเหิดแห้ง (freeze-dried) (ข)

11. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต้นแบบจากสาหร่ายเห็ดลาบ

พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต้นแบบจากสาหร่ายเห็ดลาบทั้งจากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง โดยพัฒนาอาหารทั้งสิ้น 4 ประเภท ได้แก่ อาหารคาว อาหารหวาน อาหารขบเคี้ยว และเครื่องดื่ม อาหารคาว 5 ชนิด

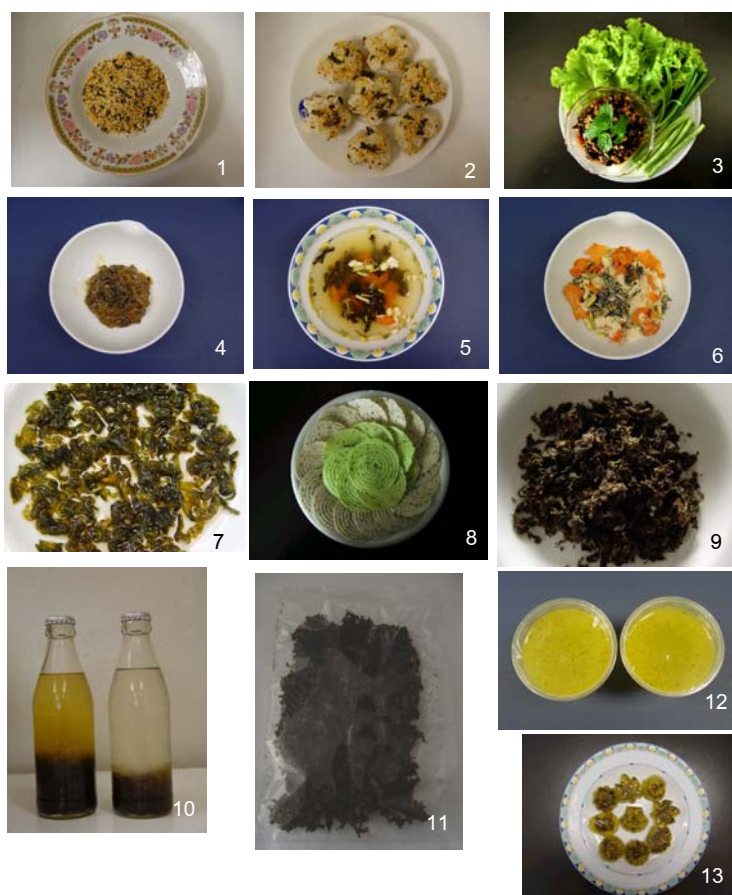
ตารางที่ 7. เปรียบเทียบการผลิตชีวมวลสาหร่ายเห็ดลาบที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตรพื้นฐาน (BGA) และสูตรอาหารที่เหมาะสม (BGA) ดัดแปลง

อาหารเลี้ยงสาหร่าย	NaCl (กรัมต่อลิตร)	K ₂ HPO ₄ (กรัมต่อลิตร)	MgSO ₄ ·7H ₂ O (กรัมต่อลิตร)	ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น	ค่าเฉลี่ย นน. สดสุดท้าย ¹ (กรัม)	ปริมาณ นน. สดที่เพิ่มขึ้น (เท่า)	อัตราการเจริญเติบโต (μ) (% ต่อวัน)
อาหารพื้นฐาน (Basal-BGA)	0.07	0.60	0.38	7.5	2.47 ± 0.01	12.35	8.37 ± 0.01
อาหารที่เหมาะสม (BGA ดัดแปลง)	0.00	0.90	0.095	7.5-8.0	6.81 ± 0.09	34.05	11.76 ± 0.05

¹ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดเริ่มต้น 0.20 ± 0.01 กรัม

ประกอบด้วย ผงโรยข้าว ลาบ ซุปใส ซุปเต้าหู้ และสาหร่ายแผ่นดองเปรี้ยว-เค็ม อาหารหวาน 2 ชนิด ประกอบด้วย วุ้นสาหร่าย (รสชาเขียวและรสกะทิ) และ เจลลี่สาหร่ายรสผลไม้ อาหารขบเคี้ยว 2 ชนิด ประกอบด้วย ทองแผ่นสาหร่าย (รสหวานและรสเค็ม) และสาหร่ายปรุงรส เครื่องดื่ม 1 ชนิด ได้แก่ น้ำข้าวผสมสาหร่ายรสผลไม้ ดังแสดงในตารางที่ 8 และภาพที่ 6

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 30 คน โดยใช้รายงานผลการทดสอบ Hedonic Scale Test ในการเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่พัฒนาขึ้น และวิเคราะห์ผลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และ Means Multiple Range Test สูตรอาหารที่นำเสนอนี้เป็นสูตรอาหารที่ผู้ทดสอบมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p=0.05)



ภาพที่ 6. ผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายเห็ดลาบ 1. ผงโรยข้าว, 2. ข้าวปั้นที่ผสมกับ ผงโรยข้าว, 3. ลาบที่ปรุงจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบเห็ดลาบกิ่งสำเร็จรูป, 4. ซุป เต้าหู้, 5. ซุปใส, 6. ผงซุป, 7. สาหร่ายเห็ดลาบแผ่นดองเปรี้ยว-เค็ม, 8. ทอง แผ่นสาหร่ายรสหวานและรสเค็ม, 9. สาหร่ายอบแห้ง, 10. เครื่องดื่มน้ำข้าว ผสมสาหร่ายรสผลไม้, 11. สาหร่ายปรุงรส, 12. เจลลี่สาหร่ายรสผลไม้ (รส สับปะรด), 13. วุ้นสาหร่ายรสชาเขียว

ตารางที่ 8. ผลิตภัณฑ์อาหารที่พัฒนาจากสาหร่ายเห็ดปลา

ประเภทอาหาร	ชนิดของอาหาร	รูปแบบ	สาหร่ายเห็ดปลา	
			ธรรมชาติ ¹	เพาะเลี้ยง ²
คาว	ผงโรยข้าว (Thai dancing, furikake)	สำเร็จรูป	✓	✓
	ลาบ	กึ่งสำเร็จรูป	✓	-
	ซูบใส	กึ่งสำเร็จรูป	✓	✓
	ซูบเต้าหู้	กึ่งสำเร็จรูป	✓	✓
	สาหร่ายแผ่นดองเปรี้ยว-เค็ม	สำเร็จรูป	✓	-
หวาน	วุ้นสาหร่าย (รสชาเขียว รสกะทิ)	สำเร็จรูป	✓	✓
	เจลลี่สาหร่ายรสผลไม้	สำเร็จรูป	✓	✓
ขบเคี้ยว	ทองแผ่นสาหร่าย (รสหวาน รสเค็ม)	สำเร็จรูป	✓	✓
	สาหร่ายแผ่นปรุงรส	สำเร็จรูป	✓	-
เครื่องดื่ม	น้ำข้าวผสมสาหร่ายรสผลไม้ (สับปะรด กระจับ มะนาว)	สำเร็จรูป	✓	✓

¹ ลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง, ² ลักษณะเป็นเม็ดกลม

บทสรุป

สาหร่ายเห็ดปลาจัดเป็นสาหร่ายที่มีศักยภาพสูงในการนำชีวมวลมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทั้งอาหารรูปแบบต่างๆ ที่รับประทานในชีวิตประจำวัน และอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีใยอาหารสูง และโดยที่กระแสมหาความนิยมในการบริโภคสาหร่ายในสังคมไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อเป็นการสร้างกระแสความนิยมบริโภคทรัพยากรชีวภาพจากภูมิปัญญาไทยอันทรงคุณค่า และทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารประเภทสาหร่ายจากต่างประเทศ จึงควรมีการศึกษาเพื่อต่อยอดการวิจัยโดยพัฒนากระบวนการผลิตชีวมวลสาหร่ายเห็ดปลาในเชิงการค้าทั้งกระบวนการผลิตบนอาหารวุ้นและในอาหารเหลว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ควรมีการวิจัยและพัฒนาการผลิตสารเพิ่มความข้นเหนียวจากสาหร่ายเห็ดปลาเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร ตลอดจนสารปรับโครงสร้างดินเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนานวัตกรรมและศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_646005

เอกสารอ้างอิง

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2529. ฉบับที่ 98.
 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2543. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป ฉบับที่ 210.
 อักษร ศรีเปล่ง. 2525. สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
 Abdelahad, N. and G. Bazzichelli. 1989. Ultrastructure and development of "coccoid cells" of *Nostoc commune* (Cyanophyta). *Br. J. Phycol.* 24: 217-22.
 Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official Method of Analysis of AOAC 16th Edition volume 1.

- Auletta, C.S. 1995. Acute, Subchronic and Chronic Toxicity. In Michael J. Derelanko and Manfred A. Holinger, (eds.), CRC Handbook of Toxicology, pp. 51-104. CRC Press.
- Bloor, S. and R.R. England. 1989. Antibiotic production by the cyanobacterium *Nostoc muscorum*. *J. Appl. Phycol.* 1: 367-72.
- Chmel, H. and D.B. Loria. 1980. Antifungal antibiotic: mechanism of action, resistance, susceptibility testing, and assays of activity in biological fluids. In Lorian, V. (ed.), Antibiotic in Laboratory Medicine. Academic Press, New York.
- Chu, H-J. and C-T. Tsang. 1988. Research and utilization of cyanobacteria in China: a report. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 80: 1-4.
- de Caire, G.Z., M.S. de Cano, M.C.Z. Mulé, D.R. de Halperin and M. Galvagno. 1987. Action of cell-free extracts and extracellular products of *Nostoc muscorum* on growth of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phyton* 47: 43-6.
- de Caire, G.Z., M.S. de Cano, M.C.Z. Mulé and D.R. de Halperin. 1990. Antimycotic products from the cyanobacterium *Nostoc muscorum* against *Rhizoctonia solani*. *Phyton* 51: 1-4.
- Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. Botany Department, University of Madras., Published by Indian Council of Agricultural Research New Delhi, p. 686.
- Dodds, W.K., D.A. Gudder and D. Mollenhauer. 1995. The ecology of *Nostoc*. *J. Phycol.* 31: 2-18.
- Flaibani, A., Y. Olsen and T.J. Painter. 1989. Polysaccharides in desert reclamation: compositions of exocellular proteoglycan complexes produced by filamentous blue-green and unicellular green edaphic algae. *Carbohydr. Res.* 190: 235-8.
- Gao, K. 1998. Chinese studies on the edible blue-green alga, *Nostoc flagelliforme*: a review. *J. Appl. Phycol.* 10: 37-49.
- Hoppe, H.A. 1979. Marine algae and their products and constituents in pharmacy. In Hoppe, H.A., T. Levring and Y. Tanaka (eds.), Marine Algae in Pharmaceutical Science, Vol. 1. pp. 25-119. Walter de Gruyter, Berlin.
- Hori, K., G. Ishibashi and T. Okita. 1994. Hypocholesterolemic effect of blue-green alga, *ishikurage* (*Nostoc commune*) in rats fed atherogenic diet. *Plant Foods Hum. Nutr.* 45: 63-70.
- Hoshaw, R.W. and J.R. Rosowski. 1979. Methods for microscopic algae. In Stein, I.R. (ed.), Handbook of Phycological Methods. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Huang, Z., Y. Liu, B.S. Paulsen and D. Klaveness. 1998. Studies on polysaccharides from three edible species of *Nostoc* (cyanobacteria) with different colony morphologies: comparison of monosaccharide compositions and viscosities of polysaccharides from field colonies and suspension cultures. *J. Phycol.* 34: 962-968.
- Keneman, E.W., S.D. Allen, V.R. Dowell and H.M. Sommers. 1979. Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology. J.B. Lippincott Company, Philadelphia.
- Lazaroff, N. 1973. Photomorphogenesis and nostocacean development In Carr, N.G. and B.A. Whitton (eds.), The Biology of Blue-Green Algae. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 279-319.
- Lembi, C.A. and J.B. Waaland. 1988. Algae and Human Affairs. Cambridge University Press, New York. 590 p.
- Lund, H.C. and J.W.G. Lund. 1995. Freshwater Algae their Microscopic World Explored. Biopress Limited, England. pp. 234-237.
- Organization for Economic Co-operation and Development. 1993. OECD Guidelines for testing of chemicals. Volume 2, Section 4: Health Effects, 401. Acute Oral Toxicity.
- Piccardi, R., A. Frosini, M.R. Tredici and M.C. Margheri. 2000. Bioactivity in free-living and symbiotic cyanobacteria of the genus *Nostoc*. *J. Appl. Phycol.* 12: 543-547.
- Sinha, R.P., H.D. Kumar, A. Kumar and D-P. Häder. 1995. Effects of UV-B irradiation on growth, survival, pigmentation and nitrogen metabolism enzymes in cyanobacteria. *Acta Protozool.* 34: 187-92.
- Sinha, R.P. and D-P. Häder. 1996. Photobiology and ecophysiology of rice field cyanobacteria. *Photochem. Photobiol.* 64: 887-96.
- Takenaka, H., T. Sumiya and H. Ito. 1997. Effects of hot water extract prepared from *Nostoc flagelliforme* on macrophage activities in tumor-bearing mice. *Med. Biol.* 135: 231-4. (In Japanese)
- United State Environmental Protection Agency (EPA). 1998. Prevention, pesticides and toxic substances (7101). Health effect test guidelines, OPPTS 870.1100 Acute oral toxicity, EPA 712-6-96-190.
- Watanabe, M.M., A. Shimizu and K.N. Satake. 1992. NIES-Microbial Collection at the National Institute for Environmental Studies: cryopreservation and database of culture strains of microalgae. In Watanabe, M.M. (ed.), Proceedings of the Symposium on Culture Collection of Algae, pp. 33-42. National Institute for Environmental Studies, Environment Agency, Tsukuba.

การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตโดย “สาหร่ายเห็ดลาบ” (*Nostoc commune*, Cyanophyta)

นารินทร์ จันทน์สว่าง¹, สุขใจ ชูจันทร์² และ อารัตน์ มหาขันธ์¹

¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Abstract: Sugar Compositions of Polysaccharide of “Hed Lap” Alga (*Nostoc commune*, Cyanophyta)

Narin Chansawang¹, Sukjai Choojun² and Aparat Mahakhant¹

¹Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Klong Luang, Pathumthani 12120, ²Department of Applied Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of

Technology (KMUTL), Ladkrabang, Bangkok 10520

Three different characteristics of “Hed Lab Alga” (*Nostoc commune* Vaucher, Cyanobacteria) were collected from 3 sources: (1) thin jelly-like sheets, from a natural habitat; (2) jelly-like spheroid colonies, from solid media cultivation; and (3) spheroid colonies containing viscous fluid, from liquid media cultivation. All samples were extracted for polysaccharides using 3 solvents, hot water, 80% ethanol, and 0.1 M EDTA. Hot water extraction yielded the highest amount of polysaccharide, followed by ethanol and EDTA extractions. The highest amount of polysaccharide of 53.03 mg.g⁻¹ dry alga was obtained from cells cultured on BGA agar medium. The polysaccharide amount of 79.48 mg. of dry (substances) released was extracted. The polysaccharides released by the cells cultured on the liquid BGA, and BG-11, in 8 litre carboy tanks, yielded water soluble polysaccharides of 52.11 and 42.53 mg.l⁻¹.day⁻¹, respectively at day 20. The 3 groups were extracted for polysaccharides using hot water, ethanol, and EDTA, and were analysed using Gas Chromatography-Mass Selective Detector for 11 monosaccharides: fucose, xylose, ribose, mannose, fructose, galactose, glucose, galacturonic acid, glucuronic acid, arabinose, and rhamnose. All of the monosaccharides were found in the 3 groups. However the amount of each monosaccharide found in each group was different.

Key words: Cyanophyta, monosaccharide, extracellular polysaccharide, sugar compositions

บทนำ

นอสตอค (*Nostoc*) *Nostoc commune* ในประเทศไทยเรียกว่า “ไขหิน” “ดอกหิน” หรือ “เห็ดลาบ” ประเทศจีนเรียกว่า “Koxianmi” และในประเทศญี่ปุ่นเรียกว่า “Ishikurage” ส่วน *N. flagelliforme* ในประเทศจีนเรียกว่า “Fat tsai”, “Facai” หรือ “Shi” และในแถบยุโรปเรียก *Nostoc* spp. ว่า “Star shot”, “Star jelly”, “Witches’ butter” หรือ “Fairies’ butter” นอสตอคเป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่มีการเจริญเติบโตแบบเป็นเส้นสายมีเมือกห่อหุ้ม บางชนิดดูคล้ายก้อนเยลลี่ ชนิดที่นิยมรับประทานมาก คือ *N. commune* มีการบริโภคในหลายประเทศทั่วโลก เช่น โบลิเวีย เอกวาดอร์ ฟิจิ อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เม็กซิโก มองโกเลียและจีน

สาหร่ายเห็ดลาบ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Nostoc commune* Vaucher เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green alga, Cyanobacterium) ที่ตรึงไนโตรเจน (N₂-fixation) ได้ มีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นแบนบางคล้ายเห็ดหูหนูสีเขียวที่ขึ้นบนดิน ชาวบ้านในพื้นที่ อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม นิยมเก็บไปทำลาบ จึงได้ชื่อประจำท้องถิ่นว่า “เห็ดลาบ” โดยมีความเชื่อตามภูมิปัญญาท้องถิ่นว่าการบริโภคเห็ดลาบจะช่วยรักษาระบบกระเพาะอาหารและลำไส้ ถึงแม้ว่าสาหร่ายเห็ดลาบจะเจริญเติบโตบนดินเค็มในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติป่าดงลำพัน แต่เนื่องจากในฤดูฝน เมื่อเกิดฝนตกจะทำให้สาหร่ายที่ในหน้าร้อนหดตัวเป็นแผ่นบางกรอบคล้ายกระดาษ (ซึ่งเป็นระยะพักตัว, resting stage) ดูดซับน้ำฝน ขยายตัวและเจริญเติบโตโดยการแบ่งเซลล์แผ่ออกเป็นแผ่นวุ้นบาง ไม่มีรสชาติ มีเนื้อนุ่มหยุ่นแต่กรอบ

คล้ายสาหร่ายทะเล *Undaria pinnatifida* หรือ Wakame ที่นิยมบริโภคในญี่ปุ่น อย่างไรก็ตามสาหร่ายเห็ดฉลามมีคุณสมบัติที่ดีกว่าคือไม่มีกลิ่นคาว ทำให้ชาวบ้านนิยมเก็บไปบริโภคเป็นประจำทุกปี ในฤดูฝนซึ่งเป็นเพียงฤดูกาลเดียวเท่านั้นที่สาหร่ายชนิดนี้จะแพร่และขยายพันธุ์ได้ จนเป็นที่น่าเกรงขามความนิยมบริโภคสาหร่ายเห็ดฉลามของชาวบ้านในท้องถิ่นจะเป็นสาเหตุให้สาหร่ายเห็ดฉลามสูญหายไปจากพื้นที่ในที่สุด

ในการใช้ประโยชน์จาก *Nostoc* พบว่า *Nostoc* บางชนิดรับประทานได้ บางชนิดใช้เป็นยารักษาโรคเมเร็ง โรคเกาต์ ลดโคเลสเตอรอลในซีรัมได้อย่างมีนัยสำคัญในหนูทดลอง ซึ่งคาดว่าความสามารถในการลดโคเลสเตอรอลนี้น่าจะมาจากใยอาหารของ *Nostoc* (Hori et al., 1994) นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการบำบัดโรคตาบอดในเวลากลางคืน แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกหรืออาการเจ็บป่วยที่ไม่รุนแรงต่างๆ มีการวิจัยพบว่าสารสกัดด้วยน้ำร้อนของ *N. flagelliforme* มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก (antitumor) ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบของสารพอลิแซ็กคาไรด์ ยังมีรายงานการวิจัยของ *N. commune* พบว่าองค์ประกอบหลักของสารพอลิแซ็กคาไรด์จากแหล่งธรรมชาติจะมีกลูโคส ไซโรส และกาแลคโตส ในสัดส่วน 2:1:1 โดยประมาณ (Huang et al., 1998)

พอลิแซ็กคาไรด์มีโมเลกุลขนาดใหญ่ สามารถใช้เป็นตัวจับในการดึงเอาโลหะหนักออกจากน้ำหรือชะโลหะหนักที่มีคุณค่าออกจากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังให้ค่าความหนืดสูงและมีลักษณะเป็น pseudoplastic ใช้ประยุกต์ทางการเกิดสารแขวนลอย การเกิดอิมัลชันหรือสารให้ความข้นเหนียว (thickening agent) (De philippis et al., 2000)

รายงานดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงคุณประโยชน์ของ *Nostoc* จากคุณสมบัติที่สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ อย่างไรก็ตามรายงานการวิจัยเหล่านี้เป็นของต่างประเทศทั้งสิ้น ยังไม่มีรายงานการศึกษา *N. commune* ในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์จาก *Nostoc* ในห้องปฏิบัติการจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการนำไปใช้ทางการแพทย์ เกษตรกรรม อุตสาหกรรมอาหารและอื่นๆ ได้อย่างยั่งยืน ในขณะเดียวกันข้อมูลที่ได้ยังสามารถใช้เปรียบเทียบกับรายงานการวิจัยของต่างประเทศ เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ตระหนักถึงคุณค่าอาหารประจำท้องถิ่นและเกิดการอนุรักษ์สาหร่ายเห็ดฉลามให้คงอยู่คู่ท้องถิ่น วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อ

1. เปรียบเทียบพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติ และที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตร BGA และ BG-11
2. เปรียบเทียบองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตโดยสาหร่ายเห็ดฉลามด้วยเทคนิค Gas Chromatography จากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงซึ่งมีลักษณะสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน
3. เป็นองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เกษตรกรรม อุตสาหกรรมอาหารและอื่นๆ ได้
4. ตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาประจำท้องถิ่น และเกิดการอนุรักษ์สาหร่ายเห็ดฉลามให้คงอยู่คู่ท้องถิ่น

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างสาหร่ายเพื่อใช้ในการศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาไรด์

1.1 ตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งธรรมชาติ

เก็บ *N. commune* จากแหล่งธรรมชาติ ปาดูนลำพัน อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง ล้างเซลล์ให้สะอาดปราศจากทรายด้วยน้ำเกลือ น้ำประปา และล้างน้ำสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปทำแห้งแข็ง (freeze-dried)

1.2 ตัวอย่างจากการเพาะเลี้ยงเซลล์สาหร่ายในอาหารเหลว

นำเซลล์สาหร่าย *N. commune* ที่แยกได้สายพันธุ์เดี่ยวแล้ว (ปราศจากรา โปรโตซัว และสาหร่ายสายพันธุ์อื่นๆ) เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร BGA (Antarikanonda et al., 1980) (ในสภาพการตรึงไนโตรเจน) และ BG-11 (Stainer

and Bazize, 1971) (ในสภาพที่ไม่มีการตรึงไนโตรเจน) ในถังคาร์บอย (carboy) ปริมาตร 8 ลิตร บ่มภายใต้แสงไฟฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสง 60 ไมโครไอสไดน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งพ่นอากาศผสมคาร์บอนไดออกไซด์ 5% ด้วยอัตราการไหล 1,000 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 20 วัน จะได้สาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตในลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์ทรงกลมห่อหุ้มของเหลวหนืดอยู่ภายในกลุ่มเซลล์ แยกตัวเซลล์จากอาหารโดยการกรองผ่านตาข่ายพลาสติกตอขนาด 108 ไมครอน ล้างเซลล์ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แบ่งกลุ่มเซลล์สาหร่ายออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นกลุ่มเซลล์ทรงกลมที่มีของเหลวหนืดภายในนำไปทำแห้งแข็ง ส่วนที่สอง นำกลุ่มเซลล์สาหร่ายจากการเพาะเลี้ยงในแต่ละสูตรอาหาร จุ่มด้วยเข็มเพื่อให้กลุ่มเซลล์ที่ห่อหุ้มของเหลวหนืดแตกก่อนปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จะได้ของเหลวหนืดและส่วนของเซลล์สาหร่าย แยกทั้งสองส่วนด้วยการกรองผ่านพลาสติกตอ แล้วนำส่วนที่เป็นเฉพาะของเหลวหนืด ทำแห้งแข็ง ส่วนอาหารเพาะเลี้ยง (culture broth) นำไปกรองผ่าน glass-fiber filter (Whatman เบอร์ GFC) แล้วนำมาลดปริมาตรลงด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

1.3 ตัวอย่างจากการเพาะเลี้ยงเซลล์สาหร่ายบนอาหารแข็ง

เชื้อเซลล์สาหร่ายเห็ดลาบบนอาหารวุ้น BGA BGA+N (ดัดแปลงโดยการเติม NaNO_3) BG-11 และ BG-11-N (BG-11 ที่ปราศจากไนโตรเจน) ในจานเพาะเลี้ยงแก้ว ปิดขอบจานเพาะเลี้ยงเชื้อด้วยพาราฟิล์ม บ่มภายใต้สภาวะเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้ว จะได้เซลล์ที่มีการเจริญเติบโตในลักษณะเป็นก้อนวุ้นคล้ายเยลลี่ ล้างเซลล์ทั้งหมดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น

2. การสกัดสารพอลิแซ็กคาไรด์ออกจากเซลล์ กลุ่มเซลล์ของสาหร่าย ส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ อาหารเพาะเลี้ยง และพอลิแซ็กคาไรด์ ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ (Huang et al., 1998)

2.1 การสกัดด้วยเอทานอล

นำพอลิแซ็กคาไรด์แห้งจากรูปแบบที่แตกต่างกัน คือ แผ่นสาหร่ายจากธรรมชาติ จากกลุ่มเซลล์ทรงกลมที่มีของเหลวหนืดภายใน จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในของกลุ่มเซลล์สาหร่าย ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว จากกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นก้อนวุ้นคล้ายเยลลี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็ง และจากอาหารเพาะเลี้ยงเหลว มาสกัดด้วยเอทานอล 80% (ปริมาตรต่อปริมาตร) โดยใช้เอทานอล 40 มิลลิลิตรต่อกรัมสาหร่ายแห้งจากแหล่งธรรมชาติและ 100 มิลลิลิตรต่อกรัมแห้งจากเซลล์เพาะเลี้ยงและเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ ส่วนอาหารเพาะเลี้ยงใช้เอทานอล 40 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักแห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำการสกัดซ้ำ 2 ครั้ง โดยใช้เวลาในการสกัด 3 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ แล้วหาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ทั้งหมดด้วยวิธี Phenol-sulfuric acid (Dubois et al., 1956) ทำไอโอะไลซ์ ในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ปั่นเหวี่ยงที่ 4,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เก็บส่วนใส นำไปทำแห้ง

2.2 การสกัดด้วยน้ำร้อน

วิธีการสกัดเหมือนกับข้อ 2.1 แต่เปลี่ยนตัวทำละลายเป็นน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ น้ำร้อน 100 มิลลิลิตรต่อกรัมสาหร่ายแห้ง

2.3 การสกัดด้วย EDTA

วิธีการสกัดเหมือนกับข้อ 2.1 แต่เปลี่ยนตัวทำละลายเป็น 0.1 โมลาร์ EDTA อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ EDTA 40 มิลลิลิตรต่อกรัมสาหร่ายแห้ง

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี (ดัดแปลงจาก Morvai et al., 1991 and Molnár-Perl and Horváth, 1997)

การหาปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิด จะใช้วิธีสลายมาตรฐานภายใน สำหรับวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี โดยมีสภาวะการวิเคราะห์สารตัวอย่าง ดังนี้ คอลัมน์ที่ใช้เป็น Dimethylpolysiloxane (J&W Scientific) ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร แก๊สพาหีเลียม 50 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เครื่องตรวจวัดเป็น Mass Selective Detector

ผลการวิจัย

1. ปริมาณสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้

เมื่อทำการเตรียมตัวอย่างสาหร่ายที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ และจากอาหารเพาะเลี้ยงเหลว นำมาสกัดสารพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยเอทานอล น้ำร้อน และ EDTA แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. พอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากแหล่งสาหร่ายต่าง ๆ

ตัวอย่างจาก	สูตรอาหาร	ลักษณะ	พอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง)		
			น้ำร้อน	เอทานอล	EDTA
ธรรมชาติ		แผ่นแบนบาง	12.18±0.24	10.40±1.17	9.33±1.40
อาหารแข็ง	BGA	กลุ่มเซลล์เป็นก้อนวันคล้ายเยลลี่	53.03±1.59	29.52±1.01	10.74±0.61
		EPS	79.48±1.53	nd	nd
	BGA+N		14.00±1.30	27.54±1.71	9.28±0.59
	BG-11	กลุ่มเซลล์เป็นก้อนวันคล้ายเยลลี่	42.62±0.63	15.80±1.18	22.78±0.81
อาหารเหลว	BG-11-N		45.40±1.86	24.74±0.86	22.99±0.97
	BGA	กลุ่มเซลล์ + ของเหลวหนืด	35.80±0.97	21.99±0.74	9.98±0.37
		อาหารเพาะเลี้ยงเหลว	nd	41.74±0.91	nd
		เฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์	20.88±0.87	nd	nd
	BG-11	กลุ่มเซลล์ + ของเหลวหนืด	30.08±1.09	20.61±0.50	19.07±0.19
		อาหารเพาะเลี้ยงเหลว	nd	36.78±0.67	nd
		เฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์	18.57±0.74	nd	nd

EPS : Exopolysaccharides และ nd : not determined

จากผลการทดลองพบว่าส่วนใหญ่การใช้ น้ำร้อน สกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากตัวอย่างกลุ่มเซลล์จากธรรมชาติ จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและอาหารเหลว ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและ EDTA ดังนั้นจึงเลือกใช้เฉพาะ น้ำร้อน ในการสกัดเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ (EPS) บนอาหารแข็ง

พอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าที่สกัดด้วยเอทานอลและ EDTA โดยให้ปริมาณเท่ากับ 12.18 10.40 และ 9.33 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งสาหร่าย ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่านี้สำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่า การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยน้ำร้อน เอทานอล และ EDTA ไม่ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าที่สกัดด้วยเอทานอลและ EDTA โดยให้ปริมาณ 53.03 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง และมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำร้อนสูงกว่าสูตรอาหาร BG-11-N BG-11 และ BGA+N ตามลำดับ ส่วนพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ (EPS) จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร BGA พบว่ามีพอลิแซ็กคาไรด์สูงถึง 79.48 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้งพอลิแซ็กคาไรด์ คิดเป็น 1.50 เท่าของกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อน ในขณะที่พอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ของสาหร่ายบนอาหารแข็ง มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์คิดเป็น 1.90 และ 2.16 เท่า เมื่อเทียบกับปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์จากอาหารเพาะเลี้ยงเหลวทั้งสูตร BGA และ BG-11 ตามลำดับ แสดงว่าสาหร่ายที่สภาวะการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง มีการปล่อยพอลิแซ็กคาไรด์ออกนอกเซลล์ได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA+N สกัดด้วยเอทานอล

ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน และ EDTA โดยให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์เท่ากับ 27.54 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA BG-11 และ BG-11-N ที่สกัดด้วยน้ำร้อน ให้ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BG-11 และ BG-11-N ที่สกัดด้วยน้ำร้อนจะให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและ EDTA เช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์เท่ากับ 42.62 และ 45.40 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ตามลำดับ

พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งของเหลวหนืดที่อยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและ EDTA โดยให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ เท่ากับ 35.80 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ส่วนอาหารเพาะเลี้ยงเหลวที่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ เท่ากับ 41.74 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง พอลิแซ็กคาไรด์จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์เท่ากับ 20.88 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง จากการทดลองพบว่าพอลิแซ็กคาไรด์จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ มีปริมาณน้อยกว่าอาหารเพาะเลี้ยงเหลว แสดงว่า พอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตโดยเซลล์สาหร่ายส่วนใหญ่จะถูกปลดปล่อยมากกว่าสะสมอยู่ใน โดยการปล่อยออกนอกเซลล์ลงสู่อาหารเพาะเลี้ยง

พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งของเหลวหนืดที่อยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว สูตร BG-11 สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและ EDTA เช่นเดียวกับสูตรอาหารเหลว BGA โดยให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ เท่ากับ 30.08 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ส่วนอาหารเพาะเลี้ยงเหลว มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ เท่ากับ 36.78 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง พอลิแซ็กคาไรด์จากเฉพาะส่วนของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์เท่ากับ 18.57 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งของเหลวหนืดที่อยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG-11 เมื่อเทียบกับพอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งของเหลวหนืดที่อยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อนและ EDTA และจากอาหารเพาะเลี้ยงเหลวที่สกัดด้วยเอทานอล ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พอลิแซ็กคาไรด์จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ มีปริมาณน้อยกว่าอาหารเพาะเลี้ยงเหลว แสดงว่าเซลล์สาหร่ายมีการปล่อยพอลิแซ็กคาไรด์ออกนอกเซลล์ เช่นเดียวกับสูตรอาหารเหลว BGA ในการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยสู่อาหารเพาะเลี้ยงเหลวทั้ง BGA และ BG-11 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากการเพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งสูตร BGA BGA+N BG-11 และ BG-11-N พร้อมทั้งจากอาหารเหลวสูตร BGA และ BG-11 ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บมาจากธรรมชาติ เนื่องจากสาหร่ายที่ขึ้นตามสภาพธรรมชาติอยู่ในแหล่งดินเค็ม ไม่ค่อยมีสารอาหารที่สมบูรณ์ ต้องรักษากระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ ให้คงความมีชีวิตรอด จึงไม่มีพลังงานมากเพียงพอที่จะผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ออกมาเท่าการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (Dodds et al., 1995)

จากการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ กลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร BGA ที่ไม่มีการเติมไนโตรเจน จะให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำร้อนในปริมาณที่มากกว่าสูตร BGA+ N ที่มีการเติมไนโตรเจน ให้ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสาหร่ายมีการสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ในสูตรอาหารที่ไม่มีการเติมไนโตรเจนมากกว่าสูตรที่มีการเติมไนโตรเจน ส่วนปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BG-11-N ไม่มีการเติมไนโตรเจน สกัดด้วยน้ำร้อน และสูตร BG-11 มีการเติมไนโตรเจน ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าสามารถเลือกเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารสูตร BG-11 หรือ BG-11-N ก็ได้ซึ่งให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ไม่แตกต่างกัน

พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร BGA กับสูตร BG-11 ที่สกัดด้วยน้ำร้อน เอทานอล และ EDTA ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อน เทียบกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งและในอาหารเหลว

สูตร BG-11 ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวสูตร BGA ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวสูตร BG-11 ส่วนใหญ่การใช้ EDTA สกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็ง และจากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งของเหลวหนืดที่อยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ต่ำกว่าน้ำร้อนและเอทานอล ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติความมีขั้ว (polarity) น้อยกว่าน้ำและเอทานอล

จากการทดลองพบว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BGA สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์แล้วปล่อยออกนอกเซลล์ลงสู่อาหารเพาะเลี้ยง คิดเป็น 52.11 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน ซึ่งให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้มากกว่าการศึกษาของ Fischer และคณะ (1997) ได้ศึกษา *N. insulare* 54.79 ในฟลาสก์ขนาด 8 ลิตร อายุ 52 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 47.00 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน ส่วนสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BGA สามารถผลิตพอลิแซ็กคาไรด์แล้วปล่อยออกนอกเซลล์ลงสู่อาหารเพาะเลี้ยง คิดเป็น 42.53 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน ซึ่งให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้มากกว่าการศึกษาของ Fischer และคณะ (1997) ศึกษา *N. insulare* 54.79 ในถังหมัก 12 ลิตร อายุ 70 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 18.40 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน Gantar และคณะ (1995) ศึกษา *Nostoc* sp. 2S9B ใน ฟลาสก์ขนาด 10 ลิตร อายุ 30 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.40 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน Moore และ Tischer (1964) ศึกษา *Nostoc* sp. ในคอลัมน์ไฟเร็กซ์ 2 ลิตร อายุ 12 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 34.60 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน แต่การศึกษาของ Mehta และ Vaidya (1978) เลี้ยง *Nostoc* sp. 221 ในฟลาสก์ขนาด 0.25 ลิตร อายุ 20 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 45.4 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ที่ผ่านมาพบที่เคยศึกษามาแล้วสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. เปรียบเทียบผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ที่ศึกษาครั้งนั้นกับรายงานผลการศึกษาที่ผ่านมา

ชนิด	วิธีเพาะเลี้ยง และระยะเวลา (วัน)	ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ ที่ละลายน้ำได้ (มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน)	แหล่งอ้างอิง
<i>N. commune</i>	อาหารสูตร BGA ถึงคาร์บอน 8 ลิตร อายุ 20 วัน	52.11	การศึกษานี้
<i>N. commune</i>	อาหารสูตร BG-11 ถึงคาร์บอน 8 ลิตร อายุ 20 วัน	42.53	การศึกษานี้
<i>N. insulare</i> 54.79	ฟลาสก์ 8 ลิตร อายุ 52 วัน	47.00	Fischer et al. (1997)
<i>N. insulare</i> 54.79	ถังหมัก 12 ลิตร อายุ 70 วัน	18.40	Fischer et al. (1997)
<i>Nostoc</i> sp.	คอลัมน์ไฟเร็กซ์ 2 ลิตร อายุ 12 วัน	34.60	Moore and Tischer (1964)
<i>Nostoc</i> sp. 221	ฟลาสก์ 0.25 ลิตร อายุ 20 วัน	45.40	Mehta and Vaidya (1978)
<i>Nostoc</i> sp. 2S9B	ฟลาสก์ 10 ลิตร อายุ 30 วัน	1.40	Gantar et al. (1995)

2. ผลการวิเคราะห์น้ำตาลในสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

ปริมาณน้ำตาลจากสารตัวอย่างต่างๆ คำนวณจากเทคนิคสารมาตรฐานภายใน (internal standard) โดยใช้แมนนิทอลเป็นสารมาตรฐานภายใน การวิเคราะห์น้ำตาลในสารตัวอย่างใช้ค่า Retention time และการตรวจสอบสเปกตรัมที่ตรงกับน้ำตาลมาตรฐาน ซึ่งสเปกตรัม เทียบจาก Library ของ Wiley7n.I การวิเคราะห์จะใช้พื้นที่ใต้กราฟในการคำนวณหาปริมาณน้ำตาล

การคำนวณค่าน้ำตาลเป็นอัตราส่วนโมลาร์ของน้ำตาลแต่ละชนิดเทียบกับน้ำตาลแมนโนสจากสาหร่ายที่เก็บจากธรรมชาติ สกัดด้วยน้ำร้อน แสดงดังตารางที่ 3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS Version 11 วิธี Duncan' s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คำนวณค่าสำคัญ เท่ากับ 0.05

สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของสาหร่ายเห็ดลาบที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารแข็งสูตร BGA กับ BG-11 ทั้งที่มีและไม่มีไนโตรเจน จากอาหารเหลว BGA กับ BG-11 และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA พบว่าไฮดรอกซีประกอบน้ำตาล 11 ชนิด ได้แก่ ฟิวคอส ไซโลส ไรโบส แมนโนส ฟรุคโตส กาแลคโตส กลูโคส กรดกาแลคทีวโรนิก กรดกลูคิวโรนิก อะราบินอส และ แรมโนส นั้นมีความแตกต่างจากการศึกษาของ Huang และคณะ (1998) ที่พบว่า *N. commune* ที่เก็บจากธรรมชาติมีองค์ประกอบน้ำตาลเพียง 4 ชนิด คือไซโลส แมนโนส กาแลคโตส และกลูโคส ส่วนสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงทั้งที่มีไนโตรเจนและไม่มีไนโตรเจน ไฮดรอกซีประกอบน้ำตาล 8 ชนิด ได้แก่ ฟิวคอส ไซโลส แมนโนส กาแลคโตส กลูโคส กรดกลูคิวโรนิก อะราบินอสและแรมโนส ส่วนพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์โดยสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงจากสูตรที่มีไนโตรเจน (EPS) พบว่ามีน้ำตาล ฟิวคอส ไซโลส แมนโนส กาแลคโตส กลูโคส กรดกลูคิวโรนิก และอะราบินอส ส่วนพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์โดยสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงจากสูตรที่ไม่มีการเติมไนโตรเจน (EPS-N) พบน้ำตาลไซโลส แมนโนส กาแลคโตส กลูโคส และอะราบินอส สาหร่าย *N. flagelliforme* ที่เก็บจากธรรมชาติ พบน้ำตาลไซโลส แมนโนส กาแลคโตส กลูโคส และอะราบินอส ส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีและไม่มีไนโตรเจน พบแมนโนส กาแลคโตส กลูโคส และกรดกลูคิวโรนิก เหมือนกัน พอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์จากสูตรที่มีและไม่มีไนโตรเจน พบแมนโนส กาแลคโตส และกลูโคส เหมือนกัน แต่พอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์จากสูตรที่มีไนโตรเจน จะพบไซโลส และกรดกลูคิวโรนิกอีกด้วย ส่วน *N. sphaeroides* ทั้งจากธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงจะพบไซโลส แมนโนส กาแลคโตส และกลูโคส เหมือนกัน แต่จากการเพาะเลี้ยงนั้นยังพบ แรมโนส และฟรุคโตส ด้วย

จากการทดลองพบว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร BGA และ BG-11-N ที่ไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าในสูตรอาหาร BGA+N และ BG-11 ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากสภาวะที่ไม่มีไนโตรเจน เป็นสภาวะที่กระตุ้นการปล่อยพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยการเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่เหมาะสม ซึ่งการศึกษาพอลิแซ็กคาไรด์ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับผลของการขาดไนโตรเจน แต่อย่างไรก็ตามการตอบสนองของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวบางสายพันธุ์ไม่ได้มีผลต่อภาวะขาดไนโตรเจน เช่น *A. nidulan* และ *Cyanotheca* หลายชนิด ปล่อยพอลิแซ็กคาไรด์ภายใต้ภาวะที่มีไนโตรเจนจำกัด (Sangar and Dugan, 1972; De Philippis et al., 1993, 1998) *A. cylindrica* และ *A. flos-aquae* ผลิตพอลิเมอร์ออกมาเพิ่มขึ้นกับแหล่งไนโตรเจนที่ใช้ (Lama et al., 1996; Tischer and Davis, 1971) ส่วน *Synechocystis Cyanotheca* บางสายพันธุ์ *C. capsulata* และ *Phormidium* การขาดไนโตรเจนไม่มีผลต่อการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์แล้วปล่อยออกนอกเซลล์ (Panoff et al., 1988; De Philippis et al., 1998, 1996; Fattom and Shilo, 1984)

De Philippis และคณะ (2000) ศึกษา *Nostoc* PCC 25 สายพันธุ์ พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ของ *Nostoc* ทุกสายพันธุ์เป็น complex anionic heteropolymer ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 6-9 ชนิด ในทุกสายพันธุ์ พบกลูโคสและฟิวคอส มี 24 สายพันธุ์ พบกาแลคโตส แมนโนส และแรมโนส และ 7 สายพันธุ์ ที่พบ ไรโบส ซึ่งมีรายงานน้อยมากที่พบไรโบสในสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่ปล่อยพอลิแซ็กคาไรด์ และในปี 1995 ศึกษา *Nostoc* sp. WV2 พบน้ำตาลกาแลคโตส กลูโคส แรมโนส ไซโลส กรดกลูคิวโรนิก และกรดกาแลคทีวโรนิก

Fischer และคณะ (1997) และ Flaibani และคณะ (1989) ศึกษา *N. insulare* 54.79 *N. calcicola* 79WA01 และ *N. commune* UTEX584 พบน้ำตาลอะราบินอส ฟิวคอส กาแลคโตส กลูโคส แมนโนส แรมโนส ไซโลส กรดกาแลคทีวโรนิก กรดกลูคิวโรนิก แต่ไม่พบไรโบส

Gantar และคณะ (1995) ศึกษา *Nostoc* sp. 221 พบน้ำตาล 4 ชนิด ได้แก่ ฟิวคอส กลูโคส แมนโนส และกรดกลูคิวโรนิก

Mehta และ Vaidya (1978) ศึกษา *Nostoc* sp. 221 พบน้ำตาลเพียง 3 ชนิด ได้แก่ กลูโคส ไซโลส และกรดกลูคิวโรนิก

Moore และ Tischer (1964) ศึกษา *Nostoc* sp. พบน้ำตาล 4 ชนิด ได้แก่ อะราบินอส ฟิวคอส กลูโคส และกรดกลูคิวโรนิก เมื่อเทียบผลการศึกษาที่ผ่านมากับผลการศึกษาในครั้งนี้ สรุปได้ดังตารางที่ 4

บทสรุป

เมื่อนำสาหร่ายเห็ดปลาที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง สาหร่ายสายพันธุ์เดี่ยวเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งซึ่งมีการเจริญเติบโตลักษณะเป็นก้อนนุ่มคล้ายเยลลี่ และที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว สูตร BGA และ BG-11 ซึ่งมีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์ทรงกลมห่อหุ้มของเหลวหนืดอยู่ภายในกลุ่มเซลล์ มาสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำร้อน เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และ EDTA 0.1 โมลาร์ พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงที่สุดเท่ากับ 53.08 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง พอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ (EPS) จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร BGA สกัดด้วยน้ำร้อน ให้พอลิแซ็กคาไรด์สูงถึง 79.48 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง คิดเป็น 1.5 เท่าของกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA+N สกัดด้วยเอทานอล ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากที่สุด เท่ากับ 27.54 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BG-11 และ BG-11-N สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากที่สุดเท่ากับ 42.62 และ 45.40 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ตามลำดับ พอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งมีของเหลวหนืดอยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BGA กับ BG-11 สกัดด้วยน้ำร้อน ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากที่สุด เท่ากับ 35.80 และ 30.08 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ตามลำดับ อาหารเพาะเลี้ยงเหลวสูตร BGA กับ BG-11 สกัดด้วยเอทานอล ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ เท่ากับ 41.74 และ 36.78 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ตามลำดับ สำหรับส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์จากอาหารเหลวสูตร BGA กับ BG-11 สกัดด้วยน้ำร้อน ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ เท่ากับ 20.88 และ 18.57 มิลลิกรัมต่อกรัมแห้ง ตามลำดับ

จากการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากธรรมชาติ สกัดด้วยน้ำร้อน เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และ EDTA 0.1 โมลาร์ ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ใกล้เคียงกัน กลุ่มเซลล์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร BGA ที่ไม่มีการเติมไนโตรเจน จะให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำร้อนในปริมาณที่มากกว่าสูตรอาหาร BGA+N ที่มีการเติมไนโตรเจน ส่วนกลุ่มเซลล์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BG-11-N ไม่มีการเติมไนโตรเจน และสูตร BG-11 มีการเติมไนโตรเจน ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ใกล้เคียงกัน

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากกลุ่มเซลล์สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง สูตร BGA BG-11 BG-11-N และจากกลุ่มเซลล์ห่อหุ้มรวมทั้งมีของเหลวหนืดอยู่ภายในจากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารเหลวสูตร BGA กับ BG-11 ที่สกัดด้วยน้ำร้อน ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล และ EDTA ยกเว้นกลุ่มเซลล์จากสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร BGA+N ที่สกัดด้วยเอทานอล ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายบนอาหารแข็งและในอาหารเหลวสูตร BGA ที่สกัดด้วยน้ำร้อน ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเหลวสูตร BG-11

เมื่อทำการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติ จากกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายเยลลี่ จากกลุ่มเซลล์ทรงกลมที่มีของเหลวหนืดอยู่ภายในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์สาหร่าย จากอาหารเพาะเลี้ยง และจากพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์บนอาหารแข็งด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำร้อน เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ และ EDTA 0.1 โมลาร์ มาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำตาลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เครื่องตรวจจับชนิด mass selective detector พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติ และทุกการเพาะเลี้ยงให้องค์ประกอบน้ำตาลเช่นเดียวกันทั้ง 11 ชนิด ได้แก่ ฟรุคโตส ไซโลส ไรโบส แมนโนส ฟรุคโตส กาแลคโตส กลูโคส กรดกาแลคทิโคโรนิก กรดกลูโคนิก อะราบินอส และแรมโนส ในปริมาณที่ต่างกันไป

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลจากพอลิแซ็กคาไรด์จากแหล่งเพาะเลี้ยงต่าง ๆ นั้นมีองค์ประกอบของน้ำตาลถึง 11 ชนิด แสดงถึงลักษณะของโครงสร้างที่มีความซับซ้อน ดังนั้นควรมีการศึกษามวลโมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์ เพื่อใช้ในการประกอบกับโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์และควรมีการศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืด สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดอิมัลชัน เกิดรูปเจลที่มีความยืดหยุ่น เกิดความหนืดของสารละลาย

อุตสาหกรรมเกษตร ทำให้เกิดโครงสร้างดินที่ดีจากการรวมตัวของอนุภาคเม็ดดิน อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ช่วยให้
การจับตัวของแป้งเสถียรขึ้น อุตสาหกรรมปิโตรเลียม ใช้ดินน้ำมันให้ขึ้นจากพื้นใต้ดิน เป็นต้น นอกจากนี้สำหรับเห็ด
ลาบ มี คุณ สม บัติ ในการ ปล อย พ อลิ แฉก ค าว ไรต์ ออก นอก เซลล์ สามารถ เก็บ เกี่ยว ผล ผลิต
พอลิแซ็กคาไรด์ได้ง่าย โดยไม่ต้องทำให้เซลล์แตก จึงเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพ
ในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่ง
ชาติ รหัสโครงการ BRT T_646002

เอกสารอ้างอิง

- Antarikanonda, P., H. Berndt and F. Mayer. 1980. Hydrogen: a new inhibitor of photosynthesis in the blue-green alga (Cyanobacterium) *Anabaena* sp. TA.1. *J. Archive Microbiol.* 145: 1-10.
- De Philippis, R., C. Faraloni, M.C. Margheri, C. Sili, M. Herdman and M. Vincenzini. 2000. Morphological and biochemical characterization of the exocellular investments of polysaccharide-producing *Nostoc* from the Pasteur Culture Collection. *World J. Microbiol & Biotechnol.* 16: 655-661.
- De Philippis, R., C. Sili and M. Vincenzini. 1996. Response of an exopolysaccharide-producing heterocystous cyanobacterium *Anabaena cylindrica*. *Plant physiol.* 80: 698-701.
- De Philippis, R., M.C. Margheri, C. Sili and M. Vincenzini. 1995. Cyanobacteria: a promising group of exocellular proteoglycan complexes produced by filamentous blue-green and unicellular green edaphic algae. *Carbohydr. Res.* 190: 235-248.
- De Philippis, R., M.C. Margheri, E. Pelosi and S. Ventura. 1993. Exopolysaccharide production by a unicellular cyanobacterium isolated from a hypersaline habitat. *J. Appl. Phycol.* 5: 387-394.
- De Philippis, R., M.C. Margheri, R. Materassi and M. Vincenzini. 1998. Potential of unicellular cyanobacteria from saline environments as exopolysaccharide producers. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 1130-1132.
- Dodds, W.K., D.A. Gudder and D. Mollenhauer. 1995. The ecology of *Nostoc*. *J. Phycol.* 31: 2-18.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.
- Fattom, A. and M. Shilo. 1984. Hydrophobicity as an adhesion mechanism of benthic cyanobacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 135-143.
- Fischer, D., U.G. Schlosser and P. Pohl. 1997. Exopolysaccharide production by cyanobacteria grown in closed photobioreactors and immobilized using white cotton towelling. *J. Appl. Phycol.* 9: 205-213.
- Flaibani, A., Y. Olsen and T.J. Painter. 1989. Polysaccharides in desert reclamation: composition of exocellular proteoglycan complexes produced by filamentous blue-green and unicellular green edaphic algae. *Carbohydr. Res.* 190: 235-248.
- Gantar, M., P. Rowell, N.W. Kerby and I.W. Sutherland. 1995. Role of extracellular polysaccharide in the colonization of wheat (*Triticum vulgare* L.) roots by N₂-fixing cyanobacteria. *Biol. Fertil. Soils.* 19: 41-48.
- Hori, K., G. Ishibashi and T. Okita. 1994. Hypocholesterolemic effect of blue-green alga, *Ishikurage* (*Nostoc commune*) in rats fed atherogenic diet. *Plant Foods Hum. Nutr.* 45: 63-70.
- Huang, A., Y. Liu, B.S. Paulsen and D. Klaveness. 1998. Studies on polysaccharides from three edible species of *Nostoc* (cyanobacteria) with different colony morphologies: comparison of monosaccharide compositions and viscosities of polysaccharide from field colonies and suspension cultures. *J. Phycol.* 34: 962-968.
- Lama, L., B. Nicolaus, V. Calanfrelli, M.C. Manca, I. Romano and A. Gambacorta. 1996. Effect of growth conditions on endo- and exopolymer biosynthesis in *Anabaena cylindrica* 10 C. *Phytochem.* 42: 655-659.
- Mehta, V.B. and B.S. Vaidya. 1978. Cellular and extracellular polysaccharides of the blue-green alga *Nostoc*. *J. Exp. Bot.* 29: 1423-1430.
- Molnár-Perl, I. and K. Horváth. 1997. Simultaneous quantitation of Mono-, Di- and Trisaccharides as their TMS ether oxime derivatives by GC-MS. *Chromatographia.* 45: 1997.
- Moore, B.G. and R.G. Tischer. 1964. Extracellular polysaccharides of algae: effects on life-support systems. *Science.* 145: 586-587.
- Morvai, M., I. Molnár-Perl and D. Knausz. 1991. Simultaneous gas-liquid chromatographic determination of sugars and organic acids as trimethylsilyl derivatives in vegetables and strawberries. *J. Chromatogr.* 552: 337-344.
- Panoff, J.M., B. Priem, H. Morvan and F. Joset. 1988. Sulphated exopolysaccharides produced by two unicellular strains of cyanobacteria, *Synechocystis* PCC 6803 and 6714. *Arch. Microbiol.* 150: 558-563.
- Sangar, V.K. and P.R. Dugan. 1972. Polysaccharide produced by *Anacystis nidulans*: its ecological implication. *Appl. Microbiol.* 24: 732-734.
- Stainer, R.Y. and G. Bazize. 1971. Purification and properties of unicellular blue-green algae (order Chlorococcales). *J. Bact. Review.* 35: 171-205.
- Tischer, R.G. and E.B. Davis. 1971. The effect of various nitrogen sources upon the production of exocellular polysaccharide by the blue-green alga *Anabaena flos-aquae* A-37. *J. Exp. Bot.* 22: 546-551.

ความหลากหลายของโรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคพีพอดในแหล่งน้ำชั่วคราว ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี

พรรณนา วันชวง และ ละออศรี เสนาะเมือง

ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract: Species Diversity of Rotifers, Cladocerans and Copepods in Temporary Waters in Ubon Ratchathani Province

Panna Wansuang and La-orsri Sanoamuang

Applied Taxonomic Research Center, Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

The species diversities of rotifers, cladocerans and copepods in Ubon Ratchathani Province were investigated. Qualitative samples were collected using a 60 μ m mesh net from 163 habitats with 198 samples taken in the pre-rainy season (June 2002) and post-rainy season (October 2002). Twenty-nine genera and 101 species of rotifers were identified. The most diverse genus was *Lecane* (23.8%), followed by *Trichocerca* (13.7%) and *Brachionus* (15.9%). One (*Brachionus dichotomus* f. *reductus* Koste and Shiel) is considered endemic to Asia and Australia. The species frequently encountered were *Polyarthra vulgaris* Carlin (77.9%), followed by *Brachionus falcatus* Zacharias (47.9%), *Anuraeopsis fissa* (Gosse) (42.9%) and *Filinia opoliensis* (Zacharias) (42.9%). Most rotifers were cosmopolitan and pantropical. The number of rotifers recorded in both periods were not different ($t_{34} = -0.165$, $p > 0.05$). Twenty-three species from 17 genera of cladocerans were recorded. The most diverse genus was *Alona* (21.7%), followed by *Macrothrix* (13%). The most common species were *Diaphanosoma excisum* Sars (60.1%), followed by *Moina micrura* Kurz (36.2%), *Ceriodaphnia cornuta* Sars (27.0%) and *Moinodaphnia macleayi* (King) (20.9%). Most cladocerans were circumtropical. The number of cladocerans recorded in both periods were not different ($t_{34} = 2.749$, $p > 0.05$). Seven genera and 19 species of calanoid copepods were identified. *Mongolodiptomus* sp. is new to science and *Eodiaptomus phuvongi* Sanoamuang and Sivongxay is a new record for Thailand. The species frequently encountered were *E. phuvongi* (52.1%), followed by *M. malaindosinensis* (Lai and Fernando) (23.9%) and *Neodiaptomus blachei* (Brehm) (23.3%). The numbers of calanoid copepods recorded in both periods were not different ($t_{34} = 0.269$, $p > 0.05$). Six species from 3 genera of cyclopoid copepods were recorded. The most common species were *Mesocyclops thermocyclopoides* (Harada) (41.1%), followed by *M. aspericornis* (Daday) (30.1%) and *Thermocyclops crassus* (Fischer) (19.6%). The numbers of cyclopoid copepods recorded in both periods were not different ($t_{34} = -0.725$, $p > 0.05$). In addition, the species diversity of rotifers showed a significant positive correlation with conductivity. The species diversity of rotifers showed a significant positive correlation with conductivity ($r = 0.230$, $p < 0.05$).

Key words: zooplankton, rotifers, cladocerans, copepods, temporary waters

บทนำ

โรติเฟอร์ (rotifers) คลาโดเซอรา (cladocerans) และโคพีพอด (copepods) เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีความสำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำและการประมง โดยเป็นอาหารของกุ้ง หอย ปู ปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ ระบบนิเวศแหล่งน้ำจะไม่สมดุลหากขาดแพลงก์ตอนสัตว์เหล่านี้ (ละออศรี, 2545) แพลงก์ตอนสัตว์บางชนิดใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำได้ เช่น โรติเฟอร์ที่มักพบในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก (eutrophic lake) ได้แก่ *Brachionus calyciflorus* Pallus, *B. urceolaris* (Müller) และ *Keratella tecta* (Gosse) แต่การใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำมักใช้ควบคู่กับปริมาณที่พบด้วย (Ruttner-Kolisko, 1974) ด้านการเพาะเลี้ยงเพื่อการค้า เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์เหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารสูง (ลัดดา, 2541) จึงนิยมเพาะเลี้ยงเป็นอาหารอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น โรติเฟอร์ชนิด

B. plicatilis (Müller) โรติเฟอร์น้ำจืดที่นำมาเพาะเลี้ยงคือ *B. calyciflorus* แต่การเพาะเลี้ยงยังไม่แพร่หลายมากนัก คลาโดเซอราที่นิยมเพาะเลี้ยง ได้แก่ ไรแดง (*Moina micrura* Kurz) นอกจากนี้แพลงก์ตอนสัตว์สามารถใช้เป็นสัตว์ทดลองด้านพิษวิทยาทางน้ำ เช่น คลาโดเซอราชนิด *Daphnia magna* โรติเฟอร์ชนิด *B. calyciflorus* (Preston et al., 1999) และในปัจจุบันได้มีการทดลองนำไซโคลพอยด์โคฟีพอดมาควบคุมลูกน้ำยุงลายซึ่งเป็นการควบคุมทางชีวภาพ (biocontrol) เพื่อลดการใช้สารเคมีในการกำจัดลูกน้ำยุง

แหล่งน้ำชั่วคราว (temporary waters) เป็นแหล่งน้ำที่มีน้ำท่วมขังชั่วคราวเฉพาะในฤดูฝนเท่านั้น ได้แก่ บ่อชั่วคราว คลองข้างถนนที่น้ำไม่ลึกนัก บ่อขนาดเล็กที่พบตามทุ่งนา และนาข้าว แพลงก์ตอนสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำชั่วคราวจะมีการปรับตัวให้สามารถอาศัยอยู่ในน้ำตื้นที่มีน้ำขังเฉพาะในฤดูฝน ก่อนน้ำจะเริ่มแห้งแพลงก์ตอนสัตว์เพศเมียจะปล่อยไข่ที่มีเปลือกหนาเรียกว่าไข่พัก (resting eggs) จำนวนมากลงสู่พื้น ซึ่งไข่พักนี้จะทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เมื่อถึงฤดูฝนในปีถัดไป ไข่เหล่านี้จะฟักเป็นตัวอ่อนและเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่อไป

การศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของโรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอดที่ผ่านมาเน้นศึกษาในแหล่งน้ำถาวร โดยเฉพาะกลุ่มโรติเฟอร์มีการศึกษามากกว่ากลุ่มอื่น โดย ละออศรี (2537), วิจารณ์ (2546), Segers และ Sanoamuang (1994), Sanoamuang และคณะ (1995), Sanoamuang (1996, 1998a) Sanoamuang และ Savatenalinton (1999, 2001) เป็นต้น การศึกษาคลาโดเซอรายังมีน้อย เช่น Sanoamuang (1998b), จุฑามาส (2544), พรรณี (2545) และศิริชัย (2547) ส่วนโคฟีพอดเริ่มมีการศึกษามากขึ้นโดยเฉพาะคาลานอยด์โคฟีพอด เช่น ละออศรี (2537, 2539), วีระ (2545), Dumont และคณะ (1996), Proongkiat และ Sanoamuang (2002) และ Sanoamuang (1999, 2001a, 2001b, 2001c) เป็นต้น การศึกษาในแหล่งน้ำชั่วคราวยังมีน้อย ซึ่งจากที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเฉพาะในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางจังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น อุดรธานี (ศุจิกรณ์, 2545) ร้อยเอ็ด มหาสารคาม (สุพัศตรา, 2545) สกลนคร นครพนม (ปริญาดา, 2546) เท่านั้น ทำให้พบคาลานอยด์โคฟีพอดสปีชีส์ใหม่ของโลกหลายสปีชีส์ เช่น การศึกษาของศุจิกรณ์ (2545) พบ *Neodiaptomus songkhamensis* Sanoamuang and Athibai, 2002 การศึกษาของสุพัศตรา (2545) พบ *Dentodiaptomus sarakhamensis* Sanoamuang and Faitakham และ *Phyllodiaptomus roietensis* Sanoamuang and Lekchan ส่วนปริญาดา (2546) พบ *Heliodiaptomus phuthaiorum* Sanoamuang and Tungpunyaporn เป็นต้น จึงเป็นที่น่าสนใจว่าหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่ที่ยังไม่มีการสำรวจมาก่อนคาดว่าจะมีโอกาสมพบแพลงก์ตอนสัตว์สปีชีส์ใหม่และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

ดังนั้นในการศึกษครั้งนี้ได้เลือกศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของโรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอดในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ข้อมูลที่ได้จากการศึกษครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความหลากหลายและการแพร่กระจายของโรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอดในแหล่งน้ำชั่วคราวของประเทศไทยและนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคต

วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างโรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด

ทำการเก็บตัวอย่างเชิงคุณภาพ (qualitative sampling) ของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้ง 3 กลุ่มจากแหล่งน้ำชั่วคราว ได้แก่ คลองข้างถนนซึ่งมักจะมีควมยาวมากกว่าบ่อชั่วคราวและขนานไปตามความยาวถนน บ่อน้ำชั่วคราวขนาดเล็กที่มีน้ำขังเฉพาะฤดูฝน (ภาพที่ 1) ในเขตจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 163 แหล่งน้ำ 198 ตัวอย่าง (ภาพที่ 2) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงต้นฤดูฝน (มิถุนายน 2545) และปลายฤดูฝน (ตุลาคม 2545) โดยใช้ถุงลากลากแพลงก์ตอนที่มีขนาดตา 60 ไมโครเมตร เก็บรักษาตัวอย่างด้วยฟอร์มาลินความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการตรวจวัดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S cm}^{-1}$) และค่าพีเอช (pH) ของทุกแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างโรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคพีพอดในห้องปฏิบัติการ

2.1 โรติเฟอร์ และคลาโดเซอรา

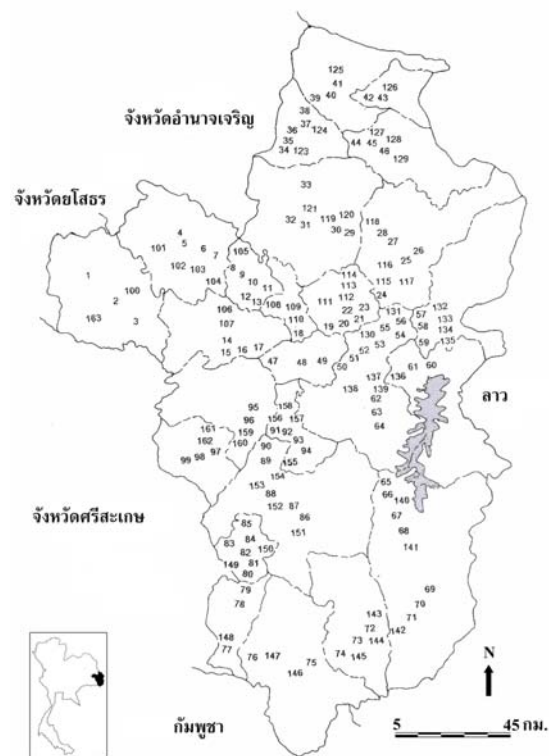
ใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างซึ่งตกตะกอนที่ก้นขวดใสในจานหลุมแก้ว เติมน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อให้ความเข้มข้นของฟอร์มาลินเจือจางมากที่สุด จากนั้นไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กำลังขยาย 40 และ 100 เท่า เพื่อแยกตัวอย่างโรติเฟอร์ และคลาโดเซอราที่พบออกมาโดยใช้คอปิลลารีปิเปตดูดตัวอย่างที่ต้องการ เป่าลงบนสไลด์ที่หยดกลีเซอริน 1 หยด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ที่หนุนด้วยดินน้ำมันทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันตัวอย่างไม่ให้โดนทับ จากนั้นนำไปจัดจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 400 และ 1,000 เท่า โดยเทียบกับเอกสารประกอบการจำแนกชนิด (keys) ลักษณะที่ใช้จำแนกโรติเฟอร์ เช่น รูปร่างภายนอก ลวดลายของเปลือก (cuticle) การมีหนาม (spine) ช่องเปิดเท้า (foot opening) และโทรฟี (troph) เป็นต้น ส่วนคลาโดเซอราใช้ลักษณะรูปร่างภายนอก โปสแอบโดเมน (postabdomen) ลวดลายบนเปลือก (valve) ช่องเปิดบริเวณหัว (head pore) ลักษณะของลาบรัมเพลท (labrum plate) เป็นต้น จากนั้นนำสไลด์ตัวอย่างบางสปีชีส์มาวาดรูปและถ่ายรูปและทำเป็นสไลด์ถาวร

2.2 คาลานอยด์และไซโคลพอยด์โคพีพอด

ใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างซึ่งตกตะกอนที่ก้นขวดใสในจานแก้ว เติมน้ำกลั่นเล็กน้อยจากนั้นไปตรวจสอบภายใต้กล้องสเตอริโอ เพื่อคัดแยกคาลานอยด์โคพีพอดตัวเต็มวัยออกมาโดยใช้เข็มปักแมลงเขี่ยตัวผู้ให้ติดเข็มออกมาวางบนสไลด์ที่หยดกลีเซอริน 1 หยด ใช้เข็มปักแมลงตัดหนวดคู่ที่ 1 ข้างขวา และขาคู่ที่ 5 ให้หลุดออกมา ส่วนไซโคลพอยด์โคพีพอดใช้เข็มปักแมลงเขี่ยตัวเมียตัวเต็มวัยให้ติดเข็มออกมาวางบนสไลด์ที่หยดกลีเซอริน 1 หยด ใช้เข็มปักแมลงตัดหนวดคู่ที่ 2 ตัดส่วนนอกที่มีขาคู่ที่ 5 ติดอยู่ และตัดขาคู่ที่ 4 ให้หลุดออกมา ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ที่หนุนด้วยดินน้ำมันทั้ง 4 ด้าน จากนั้นนำไปจัดจำแนกภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 400 และ 1,000 เท่า เทียบลักษณะตัวอย่างกับเอกสารประกอบการจำแนกชนิด จากนั้นนำสไลด์ตัวอย่างบางสปีชีส์มาวาดรูปและถ่ายรูปและทำเป็นสไลด์ถาวร



ภาพที่ 1. แหล่งน้ำชั่วคราวที่ทำการเก็บตัวอย่าง

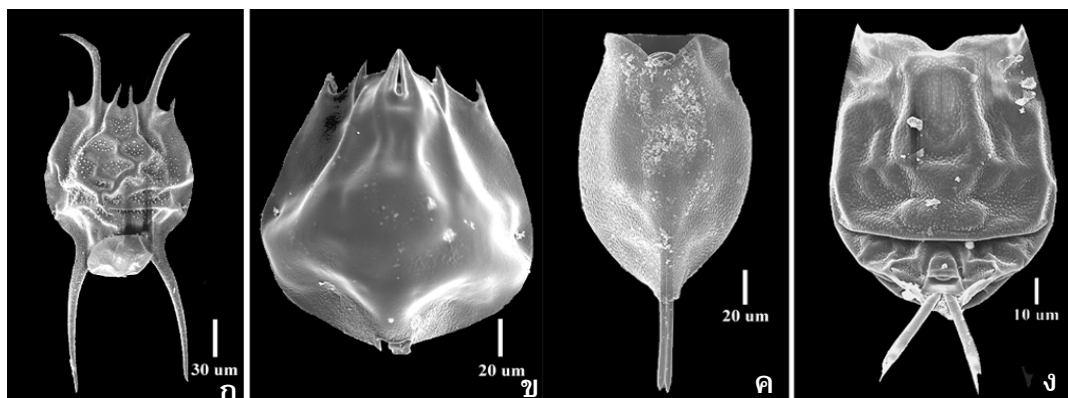


ภาพที่ 2. จุดเก็บตัวอย่างที่เป็นแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดอุบลราชธานี

ผลการวิจัย

1. โรติเฟอร์

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบโรติเฟอร์ทั้งหมด 19 วงศ์ 29 สกุล 101 สปีชีส์ (ภาพที่ 3) คิดเป็นร้อยละ 30.5 ของโรติเฟอร์ที่พบทั้งหมดในประเทศไทย ช่วงต้นฤดูฝนพบ 28 สกุล 87 สปีชีส์ ช่วงปลายฤดูฝนพบ 26 สกุล 87 สปีชีส์ สกุลที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Lecane* 24 สปีชีส์ (23.8%) รองลงมาได้แก่ *Trichocerca* 14 สปีชีส์ (13.7%) *Brachionus* 12 สปีชีส์ (11.9%) และ *Lepadella* 8 สปีชีส์ (7.9%) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของละออศรี (2537, 2539) ศุจิภรณ์ (2545) สุพัศตรา (2545) Sanoamuang และ Savatenalinton (2001) Segers (2001) Sanoamuang และคณะ (1995) และ Segers และ Pholpunthin (1997) ที่พบว่าสกุล *Lecane* เป็นสกุลที่มีความหลากหลายชนิดมากกว่าสกุลอื่น ในจำนวนนี้เป็นสปีชีส์ที่อาศัยเฉพาะในเขตเอเชียและออสเตรเลีย 1 สปีชีส์ ได้แก่ *Brachionus dichotomus* f. *reductus* Koste and Shiel สปีชีส์ที่พบในซีกโลกตะวันออก 4 สปีชีส์ ได้แก่ *Lecane unguitata* (Fadeev), *Lepadella discoidea* Segers, *L. vandenbrandei* Gillard, *Testudinella brevicaudata* Yamamoto และ *T. greeni* Koste



ภาพที่ 3. โรติเฟอร์ที่พบในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ (ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด)

ก. *Brachionus falcatus* Zacharias, 1898 ด้านหลัง, ข. *B. rubens* Ehrenberg, 1838 ด้านหลัง

ค. *Dipleuchlanis propatula* (Gosse, 1886) ด้านท้อง, ง. *Lecane curvicornis* (Murray, 1913) ด้านท้อง

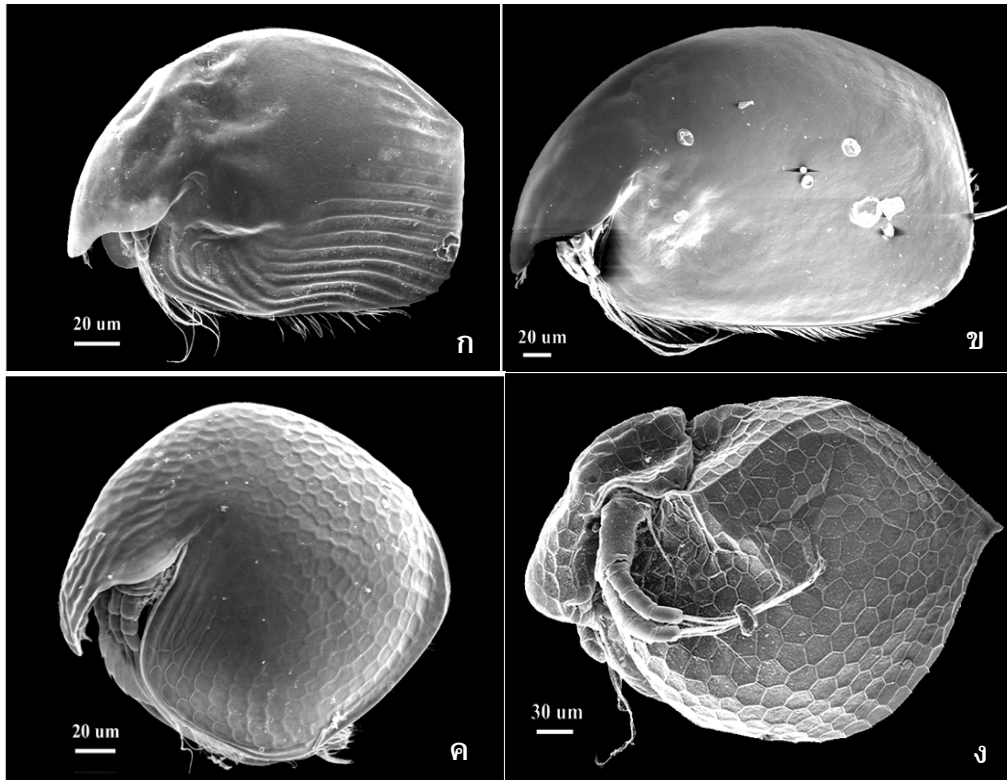
สปีชีส์ที่พบแพร่กระจายมากเรียงตามลำดับความถี่ ได้แก่ *Polyarthra vulgaris* Carlin (127 แหล่งน้ำ คิดเป็น 77.9%) *Brachionus falcatus* Zacharias (78 แหล่งน้ำ คิดเป็น 47.9%) *Anuraeopsis fissa* (Gosse) (70 แหล่งน้ำ คิดเป็น 42.9%) และ *Filinia opoliensis* (Zacharias) (70 แหล่งน้ำ คิดเป็น 42.9%) ตามลำดับ จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบโรติเฟอร์ในบ่อชั่วคราว 68 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อยในบ่อชั่วคราว ได้แก่ *A. fissa*, *L. papuana* และ *P. patulus* พบ 71 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบแพร่กระจายมากในนาข้าว ได้แก่ *P. patulus*, *Platyias quadricornis* และ *F. longisetia* และคลองข้างถนนพบ 80 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *A. sieboldi*, *D. propatula* และ *P. patulus* ความหลากหลายชนิดของโรติเฟอร์อยู่ในช่วง 0-30 สปีชีส์ต่อแหล่งน้ำ (เฉลี่ย 9.4 ± 5.7 สปีชีส์) จากการเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดของโรติเฟอร์ในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง 70 ตัวอย่าง (แหล่งที่ 4, 5, 9, 11, 12, 14, 15, 23, 26, 27, 31, 33, 36, 35, 42, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 56, 57, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 77, 83, 85, 86, 91, 94) ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างซ้ำทั้งต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่า ความหลากหลายชนิดของโรติเฟอร์ในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = -0.165$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบ 62 สปีชีส์ ความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 1-22 สปีชีส์ (เฉลี่ย 9.65 ± 3.97 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบ 67 สปีชีส์ ความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 2-30 สปีชีส์ (เฉลี่ย 9.85 ± 5.14 สปีชีส์)

โรติเฟอร์ที่พบในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นสปีชีส์ที่พบแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน (circumtropical) และเคยมีรายงานไว้แล้วในประเทศไทยโดย ละออศรี (2537, 2539) สุนทรทิพย์ (2542) ศุจิภรณ์ (2545) สุพัศตรา (2545) Sanoamuang (1998a) Sanoamuang และ Savatenalinton (2001) Sanoamuang และคณะ (1995) และ Segers และ Pholpunthin (1997) เมื่อเปรียบเทียบชนิดของโรติเฟอร์ที่พบในแหล่งน้ำชั่วคราวกับชนิดที่พบในแหล่งน้ำ

ถาวรพบว่ามีคล้ายคลึงกัน แต่ความหลากหลายชนิดอาจจะน้อยกว่าที่พบในแหล่งน้ำถาวรอาจเนื่องมาจากกระยะพักตัวของไข่พักในแต่ละสปีชีส์มีความแตกต่างกัน และสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำถาวรที่มีพืชน้ำอาศัยอยู่มาก มีปริมาณอาหารมาก จึงมีโอกาสมพบโรติเฟอร์มากกว่า

2. คลาโดเซอรา

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคลาโดเซอรา พบคลาโดเซอรา 7 วงศ์ 17 สกุล 23 สปีชีส์ (ภาพที่ 4) คิดเป็นร้อยละ 27.4 ของคลาโดเซอราที่พบทั้งหมดในประเทศไทย สกุลที่พบมากที่สุดได้แก่ *Alona* (5 สปีชีส์ คิดเป็น 25%) รองลงมาได้แก่ *Macrothrix* (3 สปีชีส์ คิดเป็น 12.5%) ตามลำดับ ส่วนสกุลอื่นพบเพียงสกุลละ 1 สปีชีส์เท่านั้น ช่วงต้นฤดูฝนพบ 13 สกุล 16 สปีชีส์ ช่วงปลายฤดูฝนพบ 14 สกุล 20 สปีชีส์



ภาพที่ 4. คลาโดเซอราที่พบในการศึกษาค้างนี้

ก. *Alona monacantha* Sars, 1901

ข. *A. verrucosa* Sars, 1901

ค. *Ephemeroporus barroisi* (Richard, 1894)

ง. *Ceriodaphnia comuta* Sars, 1885

คลาโดเซอราที่พบบ่อยในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ *Diaphanosoma excisum* (98 แหล่งน้ำ คิดเป็น 60.1%) รองลงมาได้แก่ *Moina micrura* (59 แหล่งน้ำ คิดเป็น 36.2%) *Ceriodaphnia cornuta* (44 แหล่งน้ำ คิดเป็น 27.0%) และ *Moinodaphnia macleayi* (34 แหล่งน้ำ คิดเป็น 20.9%) ตามลำดับ สปีชีส์ที่พบไม่บ่อยนักโดยพบเพียง 1-2 แหล่งน้ำเท่านั้นได้แก่ *Alona intermedia*, *Chydorus parvus*, *Dadaya macrops*, *Karualona karua*, *Scaphoreberis kingi*, *M. triserialis* และ *Latonopsis australis*

จากการศึกษาค้างนี้พบคลาโดเซอราในบ่อชั่วคราว 19 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *D. excisum*, *M. micrura* และ *M. macleayi* ในนาข้าวพบ 15 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *D. excisum*, *M. micrura* และ *M. macleayi* และคลองข้างถนนพบ 15 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *D. excisum*, *M. micrura* และ *M. macleayi* ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอราอยู่ในช่วง 0-8 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.3 ± 1.7) เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอราในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง 70 ตัวอย่าง พบว่าความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอราในช่วงต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 2.749$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบ 12 สปีชีส์ ความ

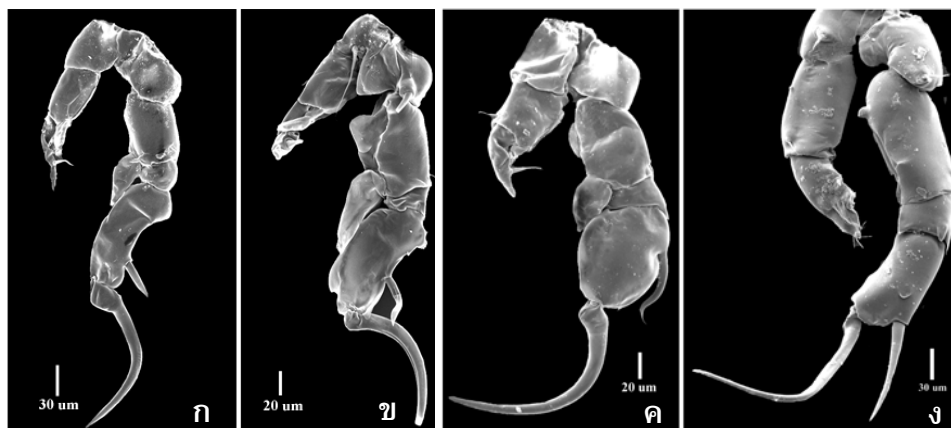
หลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 0-7 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.62 ± 1.63 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบ 15 สปีชีส์ ความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 0-4 สปีชีส์ (เฉลี่ย 1.74 ± 0.85 สปีชีส์)

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในแหล่งน้ำชั่วคราวที่ผ่านมาของศุจิภรณ์ (2545) สุพัสดรา (2545) และปริญดา (2546) พบว่าคลาโดเซอราที่พบส่วนใหญ่คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันบางสปีชีส์เท่านั้น และจำนวนที่พบใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบสปีชีส์ที่พบแพร่กระจายมากคือ *D. excisum* และ *M. micrura* เหมือนกัน และคลาโดเซอราที่พบในการศึกษานี้ทั้งหมดเคยมีรายงานไว้แล้วโดย Sanoamuang (1998b) จุฑามาส (2544) พรณี (2545) และศิริชัย (2547) และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของคลาโดเซอราที่พบในแหล่งน้ำชั่วคราวกับชนิดที่พบในแหล่งน้ำถาวร พบว่าไม่แตกต่างกัน แต่สปีชีส์ที่ค่อนข้างพบมากในแหล่งน้ำถาวร ได้แก่ *B. deitersi* (ละอศรี, 2539; จุฑามาส, 2544) ส่วนการศึกษานี้พบเพียง 8 แหล่งน้ำเท่านั้น ในด้านความหลากหลายชนิดพบว่าในแหล่งน้ำถาวรมีความหลากหลายชนิดมากกว่าเนื่องมาจากการที่แหล่งน้ำชั่วคราวมีพืชน้ำน้อยหรือไม่มีเลย ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก เช่น สาหร่ายชนิดต่างๆ คลาโดเซอราบางชนิดชอบอาศัยอยู่กับพืชน้ำที่ขึ้นตามขอบของทะเลสาบหรือแม่น้ำหรือบางชนิดชอบอาศัยบริเวณพื้นท้องน้ำ เช่น สกุล *Alona* และ *Chydorus*

3. โคพีพอด

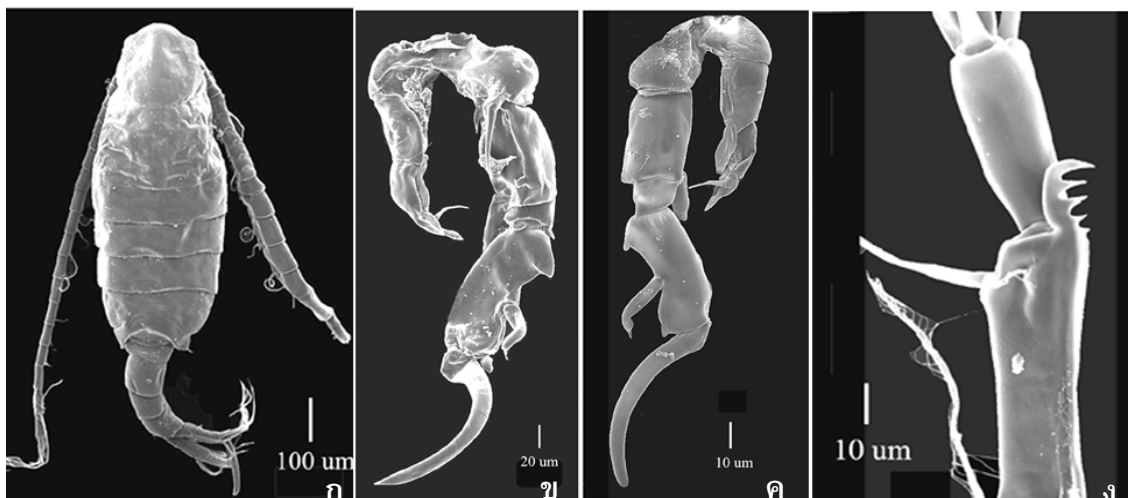
3.1 คาลานอยด์โคพีพอด

จากการศึกษาพบคาลานอยด์โคพีพอด 1 วงศ์ 7 สกุล 19 สปีชีส์ (ภาพที่ 5) คิดเป็นร้อยละ 51.3 ของคาลานอยด์โคพีพอดที่พบทั้งหมดในประเทศไทย โดยช่วงต้นฤดูฝนพบ 6 สกุล 17 สปีชีส์ ปลายฤดูฝนพบ 7 สกุล 17 สปีชีส์ สกุลที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Mongolodiptomus* (7 สปีชีส์ คิดเป็น 36.8%) รองลงมาได้แก่ *Neodiptomus* (4 สปีชีส์ คิดเป็น 21.0%) และ *Eodiptomus* (3 สปีชีส์ คิดเป็น 15.8%) ตามลำดับ จากการศึกษานี้พบคาลานอยด์โคพีพอดสปีชีส์ใหม่ของโลก (new species) ได้แก่ *Mongolodiptomus* sp. (ภาพที่ 6) และเป็นชนิดที่พบครั้งแรกในประเทศไทย (new record) 1 สปีชีส์ ได้แก่ *Eodiptomus phuvongi* Sanoamuang and Sivongxay (ภาพที่ 7) ซึ่งรายงานพบครั้งแรกที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ในจำนวนนี้เป็นสปีชีส์ที่อาศัยเฉพาะในประเทศไทยและลาว (endemic to Thailand and Laos) 4 สปีชีส์ ได้แก่ *D. sarakhamensis* Sanoamuang and Faitakham, *E. phuphanensis* Sanoamuang, *E. phuvongi* และ *Phyllodiptomus christineae* Dumont, Reddy and Sanoamuang เป็น สปีชีส์ประจำถิ่นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ *E. draconisignivomi* Brehm, *M. botulifer* (Kiefer), *M. malaindosinensis* (Lai and Fernando), *N. blachei* (Brehm) และ *N. laii* Kiefer เป็นสปีชีส์ที่อาศัยอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และตอนกลางและใต้ของจีน ได้แก่ *D. javanus*, *H. elegans*, *N. yangtsekiangensis* Mashiko, *M. uenoi* (Kikuchi),



ภาพที่ 5. ขาคู่ที่ 5 ของคาลานอยด์โคพีพอดเพศผู้ถ่ายทำ (ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด) ก. *Mongolodiptomus dumonti* Sanoamuang, 2001, ข. *M. malaindosinensis* (Lai and Fernando, 1978), ค. *Phyllodiptomus christineae* Dumont, Reddy and Sanoamuang, 1995, ง. *Tropodiptomus oryzanus* Kiefer, 1937

M. pectinidactylus (Shen and Tai) และ *M. calcarus* เป็นสปีชีส์ที่อาศัยเฉพาะในแหล่งน้ำชั่วคราวได้แก่ *D. sarakhamensis*, *N. songkhramensis* Sanoamuang and Athibai และ *Tropodiptomus oryzanus* Kiefer (ละออศรี, 2545)



ภาพที่ 6. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด *Mongolodiptomus* sp. เพศผู้ ก. เต็มตัว (ด้านหลัง), ข. ขาคู่ที่ 5 (ด้านท้าย), ค. ขาคู่ที่ 5 (ด้านหน้า), ง. รยางค์หนวดข้างขาปล้องที่ 20



ภาพที่ 7. ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด *Eodiptomus phuvongi* Sanoamuang and Sivongxay เพศผู้ ก. เต็มตัว (ด้านหลัง), ข. ขาคู่ที่ 5 (ด้านท้าย), ค. ขาคู่ที่ 5 ข้างซ้าย แสดงกลุ่มหนามบนเบซิส (ด้านหน้า), ง. รยางค์หนวดข้างขาปล้องที่ 20

สปีชีส์ที่พบบ่อยเรียงตามลำดับความถี่ที่พบ ได้แก่ *E. phuvongi* (85 แหล่งน้ำ คิดเป็น 52.1%) รองลงมาได้แก่ *M. malaindosinensis* (39 แหล่งน้ำ คิดเป็น 23.9%), *N. blachei* (38 แหล่งน้ำ คิดเป็น 23.3%) และ *Mongolodiptomus* sp. (31 แหล่งน้ำ คิดเป็น 19.0%) ตามลำดับ สปีชีส์ที่พบไม่บ่อยนักโดยพบเพียง 1-2 แหล่งน้ำเท่านั้น ได้แก่ *E. draconisignivomi*, *M. pectinidactylus*, *M. calcarus*, *N. songkhramensis* และ *T. oryzanus* ความหลากหลายชนิดของคาลานอยด์โคฟีพอดอยู่ในช่วง 0-6 สปีชีส์ต่อแหล่งน้ำ (เฉลี่ย 2.0 ± 1.5) เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายชนิดของคาลานอยด์โคฟีพอดในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง 70 ตัวอย่าง พบว่าความหลากหลายชนิดของคาลานอยด์โคฟีพอดในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 0.269$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบ 13 สปีชีส์ ความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 0-5 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.22 ± 0.98 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบ 13 สปีชีส์ ความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 0-6 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.17 ± 1.12 สปีชีส์)

จากการศึกษาครั้งนี้พบคาลานอยด์โคฟีพอดในบ่อชั่วคราว 14 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *E. phuvongi*, *N. blachei* และ *N. laii* นาน้ำพบ 15 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *E. phuvongi*, *M. botulifer* และ *N. laii* และคลองข้างถนนพบ 17 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *E. phuvongi*, *N. blachei* และ *N. laii*

คาลานอยด์โคฟีพอดที่พบส่วนใหญ่เคยมีรายงานพบแล้วในประเทศไทย โดย ละอองศรี (2537, 2539) ศุจิภรณ์ (2545) สุพัศตรา (2545) ปริญดา (2546) Sanoamuang, 2001a, 2001b, 2001c ยกเว้น *Mongolodiptomus* sp. และ *E. phuvongi* เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของศุจิภรณ์ (2545) สุพัศตรา (2545) และปริญดา (2546) พบว่า สปีชีส์ที่พบแพร่กระจายมากมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา โดยศุจิภรณ์ (2545) พบ *P. praedictus* Dumont and Reddy, *N. blachei* และ *M. dumonti* มากที่สุด สุพัศตรา (2545) พบ *M. calcarus*, *P. praedictus* และ *P. christineae* มากที่สุด ส่วนปริญดา (2546) พบ *N. blachei* และ *N. songkhramensis* มากที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบ *P. praedictus* อาจเนื่องมาจากอยู่ในระยะที่เป็นตัวอ่อนทำให้ไม่สามารถจำแนกชนิดได้

3.2 ไชโคลพอยด์โคฟีพอด

การศึกษาในครั้งนี้พบไชโคลพอยด์โคฟีพอด 1 วงศ์ 4 สกุล 6 สปีชีส์ ได้แก่ *Mesocyclops aspericornis* (Daday), *M. ferjemurami* Holynska and Nam, *M. thermocyclopoides* (Harada), *Microcyclops* sp., *Thermocyclops crassus* (Fishcher) และ *T. decipiens* (Kiefer) คิดเป็น 37.5% ของไชโคลพอยด์ที่พบทั้งหมดในประเทศไทย ส่วนปลายฤดูฝนพบ 4 สปีชีส์ ได้แก่ *M. aspericornis*, *M. thermocyclopoides*, *T. crassus* และ *T. decipiens*

สปีชีส์ที่พบบ่อยเรียงตามความถี่ที่พบ ได้แก่ *M. thermocyclopoides* (67 แหล่งน้ำ คิดเป็น 41.1%) รองลงมาได้แก่ *M. aspericornis* (49 แหล่งน้ำ คิดเป็น 30.1%) *T. crassus* (32 แหล่งน้ำ คิดเป็น 19.6%) และ *T. decipiens* (26 แหล่งน้ำ คิดเป็น 15.9%) ตามลำดับ

ความหลากหลายของไชโคลพอยด์โคฟีพอดอยู่ในช่วง 0-3 สปีชีส์ต่อแหล่งน้ำ (เฉลี่ย 1.0 ± 0.8 สปีชีส์) แหล่งน้ำที่มีความหลากหลายมากที่สุด มีจำนวน 8 แหล่งน้ำ ไชโคลพอยด์โคฟีพอดที่พบในการศึกษานี้เป็นสปีชีส์ที่พบแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน (Sanoamuang, 1999) เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายของไชโคลพอยด์โคฟีพอดในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง 70 ตัวอย่าง พบว่าความหลากหลายของไชโคลพอยด์โคฟีพอดในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = -0.725$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบ 5 สปีชีส์ ความหลากหลายอยู่ในช่วง 0-3 สปีชีส์ (เฉลี่ย 0.77 ± 0.70 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบ 5 สปีชีส์ ความหลากหลายอยู่ในช่วง 0-2 สปีชีส์ (เฉลี่ย 0.88 ± 0.35 สปีชีส์)

จากการศึกษาครั้งนี้พบไชโคลพอยด์โคฟีพอดในบ่อชั่วคราว 5 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *M. aspericornis* และ *M. thermocyclopoides* นาน้ำ 4 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *M. thermocyclopoides* และ *M. aspericornis* คลองข้างถนนพบ 6 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *M. thermocyclopoides* และ *T. crassus*

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ศุจิภรณ์ (2545) สุพัศตรา (2545) และ ปริญดา (2546) พบว่า สปีชีส์ที่พบบ่อยมีความคล้ายคลึงกันคือ พบ *M. thermocyclopoides* บ่อยที่สุด แต่แตกต่างกันโดยการศึกษาครั้งนี้พบ *M. ferjemurami* และ *Microcyclops* sp. ซึ่ง *M. ferjemurami* เคยมีรายงานพบแพร่กระจายที่ประเทศเวียดนามด้วย (Holynska, 2000) การที่พบความหลากหลายของไชโคลพอยด์โคฟีพอดในแหล่งน้ำชั่วคราวน้อยกว่าแหล่งน้ำถาวรอาจเนื่องมาจากไชโคลพอยด์โคฟีพอดไม่สามารถผลิตไข่ระยะพักตัวได้ แต่มีการผลิตเปลือกหนาหุ้มตัวอ่อนไว้เพื่อป้องกันอันตรายจากสภาวะแห้งแล้งเท่านั้น (ปริญดา, 2546 อ้างจาก Frisch, 2001) และมีจำนวนสปีชีส์น้อยมากที่สามารถปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งสนิทได้

4. การจัดกลุ่มแหล่งน้ำโดยวิเคราะห์จากข้อมูลการพบไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด จากแหล่งน้ำ 163 แหล่ง

การจัดกลุ่มแหล่งน้ำชั่วคราวโดยวิธี cluster analysis โดยวิเคราะห์จากข้อมูลการพบไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด จากแหล่งน้ำ 163 แหล่ง ผลการจัดกลุ่มด้วยวิธี cluster analysis โดยพิจารณาความคล้ายคลึงกัน (Sorensen distance) ของสปีชีส์ที่พบของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอดในแหล่งน้ำที่ประมาณ 42% สามารถจัดแหล่งน้ำออกเป็น 22 กลุ่มใหญ่ (ตารางที่ 1)

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการที่มีผลต่อความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด

5.1 อุณหภูมิของน้ำ (temperature) อุณหภูมิของน้ำมีค่าระหว่าง $24.5-37.9^{\circ}\text{C}$ (เฉลี่ย $32.1\pm 2.28^{\circ}\text{C}$) อุณหภูมิของน้ำต่ำสุด คือ 24.2°C วัดได้ที่คลองข้างถนน บ้านซำสะกายน้อย ต.โฆง อ.น้ำยืน (เก็บตัวอย่างวันที่ 22 ตุลาคม 2545) มีแพลงก์ตอนสัตว์อาศัยอยู่ 12 สปีชีส์ แบ่งเป็นไรติเฟอร์ 11 สปีชีส์ และไซโคลพอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ ส่วนอุณหภูมิของน้ำสูงสุดวัดได้ 37.9°C ที่คลองข้างถนน กิโลเมตรที่ 3 ถนนหมายเลข 2337 ต.โพธิ์ไทร อ.โพธิ์ไทร (เก็บตัวอย่างวันที่ 9 ตุลาคม 2545) พบแพลงก์ตอนสัตว์อาศัยอยู่ 24 สปีชีส์ แบ่งเป็นไรติเฟอร์ 14 สปีชีส์ คลาโดเซอรา 6 สปีชีส์ คาลานอยด์โคฟีพอด 3 สปีชีส์ และไซโคลพอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างซ้ำทั้งต้นและปลายฤดูฝน พบว่าอุณหภูมิของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = -1.533, p > 0.05$)

5.2 ค่าพีเอช (pH) ค่าพีเอชของน้ำมีค่าระหว่าง 6.1-8.3 (เฉลี่ย 7.2 ± 0.31) ค่าพีเอชของน้ำต่ำสุด คือ 6.1 วัดได้ที่คลองข้างถนน บ้านทองสวัสดิ์ ต.หนองอัม อ.ทุ่งศรีอุดม (เก็บตัวอย่างวันที่ 11 ตุลาคม 2545) พบแพลงก์ตอนสัตว์อาศัยอยู่ 25 สปีชีส์ แบ่งเป็นไรติเฟอร์ 21 สปีชีส์ คลาโดเซอรา 2 สปีชีส์ คาลานอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ และไซโคลพอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ ส่วนค่าพีเอชสูงสุดวัดได้ 8.3 ที่บ่อชั่วคราว บ้านเหล่าข้าวดอนก่อ ต.ม่วงสามสิบ อ.ม่วงสามสิบ (เก็บตัวอย่างวันที่ 8 ตุลาคม 2545) พบแพลงก์ตอนสัตว์อาศัยอยู่ 20 สปีชีส์ แบ่งเป็นไรติเฟอร์ 13 สปีชีส์ คลาโดเซอรา 4 สปีชีส์ คาลานอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ และไซโคลพอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพีเอชของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง พบว่าค่าพีเอชของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 1.103, p > 0.05$)

5.3 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (conductivity) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำอยู่ระหว่าง $11-816\ \mu\text{S cm}^{-1}$ (เฉลี่ย $54.5\pm 53.59\ \mu\text{S cm}^{-1}$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำต่ำสุดคือ $11\ \mu\text{S cm}^{-1}$ ได้แก่ บ่อชั่วคราว กิโลเมตรที่ 9 ถนนหมายเลข 24 ต.เมืองเดช อ.เดชอุดม (เก็บตัวอย่างวันที่ 11 ตุลาคม 2545) พบแพลงก์ตอนสัตว์อาศัยอยู่ 21 สปีชีส์ เป็นไรติเฟอร์ 13 สปีชีส์ คลาโดเซอรา 2 สปีชีส์ คาลานอยด์โคฟีพอด 4 สปีชีส์ และไซโคลพอยด์โคฟีพอด 2 สปีชีส์ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ บ่อชั่วคราว บ้านเหล่าข้าวดอนก่อ ต.ม่วงสามสิบ อ.ม่วงสามสิบ (เก็บตัวอย่างวันที่ 8 ตุลาคม 2545) วัดได้ $816\ \mu\text{S cm}^{-1}$ พบแพลงก์ตอนสัตว์อาศัยอยู่ 19 สปีชีส์ แบ่งเป็นไรติเฟอร์ 13 สปีชีส์ คลาโดเซอรา 4 สปีชีส์ คาลานอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ และไซโคลพอยด์โคฟีพอด 1 สปีชีส์ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน จำนวน 35 แหล่ง พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 0.294, p > 0.05$) จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายชนิดของไรติเฟอร์ และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และความหลากหลายชนิดของไรติเฟอร์ พบว่าความหลากหลายชนิดของไรติเฟอร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = 0.230, p < 0.05$) กล่าวคือ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ความหลากหลายชนิดของไรติเฟอร์จะเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 1. การจัดกลุ่มแหล่งน้ำด้วยวิธี cluster analysis โดยอาศัยความคล้ายคลึงกันของสปีชีส์ที่พบของไรดิเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคพีพอดในแหล่งน้ำที่ประมาณ 42%

กลุ่มที่	ความหลากหลาย ชนิดเฉลี่ย (สปีชีส์)	อุณหภูมิ (°C)	พี เอช	ค่าการนำ ไฟฟ้า ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	สปีชีส์ที่พบทั่วไป
1	14±3.14	33.4	7.12	168	<i>A. sieboldi</i> , <i>P. patulus</i> , <i>F. longiseta</i> , <i>M. thermocyclopoides</i>
2	13.7±1.7	29.4	7.17	69.9	<i>A. sieboldi</i> , <i>P. patulus</i> , <i>L. bulla</i> , <i>L. curvicornis</i> , <i>L. acanthocercoides</i>
3	21±2	32.8	7.43	123.3	<i>A. coelata</i> , <i>B. quadridentatus</i> , <i>C. obtusa</i>
4	19±3.3	30.11	7.33	89.5	<i>B. forficula</i> , <i>E. dilatata</i> , <i>L. salpina</i> , <i>Monomata</i> sp., <i>E. phuphanensis</i>
5	21.3±1	31.23	7.2	77	<i>B. dichotomus reductus</i> , <i>L. furcata</i> , <i>L. pyriformis</i> , <i>E. incisa</i>
6	20.2±4.64	31.78	6.92	46	<i>L. closteroerca</i> , <i>M. sericus</i> , <i>T. tetractis</i> , <i>S. kingi</i> , <i>M. ferjemurami</i>
7	22±1.2	30.18	7.28	43.8	<i>T. tenoir</i> , <i>L. patella</i> , <i>D. sarakhamensis</i>
8	18±4.6	30.2	7.0	27.0	<i>L. discoidea</i> , <i>L. obtusa</i>
9	27.5±1.5	32.85	7.85	59.5	<i>T. cylindrica</i> , <i>T. flagellata</i>
10	26.6±7.5	28.3	7.36	53	<i>B. budapestinensis</i> , <i>L. costatoides</i> , <i>S. spinosa</i> , <i>T. brevicaudata</i>
11	27±1.2	31.86	7.24	87.2	<i>C. adriatica</i> , <i>L. ludwigii</i> , <i>T. bidens</i> , <i>T. inermis</i> , <i>K. karua</i>
12	18±5.3	29.95	7.15	60.14	<i>L. vandenbrandei</i> , <i>L. monostyla</i> , <i>M. collinsi</i>
13	18±1.6	31.75	7.4	55.85	<i>F. camasecla</i> , <i>A. affinis</i> , <i>M. calcarus</i>
14	11±2.3	31.66	7.32	90.6	<i>T. capucina</i>
15	17±4	29.20	7.2	131.6	<i>A. ovalis</i> , <i>L. apsicora</i> , <i>L. haliclysta</i> , <i>L. ruttneri</i>
16	3.18±1.2	28.11	7.25	52.81	<i>K. tropica</i> , <i>D. excisum</i> , <i>M. thermocyclopoides</i>
17	11.6±3.2	31.76	7.34	49.66	<i>L. unguitata</i> , <i>M. triserialis</i> , <i>D. macrops</i>
18	11±3.5	30.75	7.33	61.15	<i>A. fissa</i> , <i>B. angularis</i> , <i>B. falcatus</i> , <i>L. papuana</i> , <i>T. pusilla</i>
19	15.5±2.8	30.9	7.48	231	<i>A. sieboldi</i> , <i>B. angularis</i> , <i>L. patella</i>
20	13±2	32.13	7.5	30.0	<i>K. tropica</i> , <i>F. novaezealandiae</i> , <i>F. opoliensis</i> ,
21	13.2±2.8	32.33	57.0	7.26	<i>B. angularis</i> , <i>C. cornuta</i> , <i>N. blachei</i> , <i>M. aspericornis</i>
22	21.6±2.9	33.66	7.18	34.83	<i>K. tropica</i> , <i>L. curvicornis</i> , <i>Mongolodiptomus</i> sp.

บทสรุป

1. ไรดิเฟอร์พบไรดิเฟอร์ทั้งหมด 19 วงศ์ 29 สกุล 101 สปีชีส์ คิดเป็นร้อยละ 30.5 ของไรดิเฟอร์ที่พบทั้งหมดในประเทศไทย สกุลที่พบมากที่สุดได้แก่ *Lecane* 24 สปีชีส์ (23.8%) รองลงมาได้แก่ *Trichocerca* 14 สปีชีส์ (13.7%) และ *Brachionus* 12 สปีชีส์ (11.9%) ตามลำดับ เป็นสปีชีส์ที่อาศัยเฉพาะในเขตเอเชียและออสเตรเลีย 1 สปีชีส์ได้แก่ *Brachionus dichotomus* f. *reductus* Koste and Shiel

สปีชีส์ที่พบแพร่กระจายมากได้แก่ *Polyarthra vulgaris* Carlin (127 แหล่งน้ำ คิดเป็น 77.9%) *Brachionus falcatus* Zacharias (78 แหล่งน้ำ คิดเป็น 47.9%) *Anuraeopsis fissa* (Gosse) (70 แหล่งน้ำ คิดเป็น 42.9%) และ *Filinia opoliensis* (Zacharias) (70 แหล่งน้ำ คิดเป็น 42.9%) ตามลำดับ ความหลากหลายชนิดของไรดิเฟอร์อยู่ในช่วง 0-30 สปีชีส์ต่อแหล่งน้ำ ไรดิเฟอร์ที่พบในการศึกษานี้ส่วนใหญ่เป็นสปีชีส์ที่พบแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน ความหลากหลายชนิดของไรดิเฟอร์ในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = -0.165$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบความหลากหลายชนิดในช่วง 1-22 สปีชีส์ (เฉลี่ย 9.65 ± 3.97 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบความหลากหลายชนิดในช่วง 2-30 สปีชีส์ (เฉลี่ย 9.85 ± 5.14 สปีชีส์) จากการศึกษาครั้งนี้พบไรดิเฟอร์ในบ่อชั่วคราว 68 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อยในบ่อชั่วคราว ได้แก่ *A. fissa*, *L. papuana*, และ *P. patulus* นกข้าวพบ 71 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบแพร่กระจายมากในนาข้าว ได้แก่ *P. patulus*, *Platytia quadricornis* และ *F. longiseta* และคลองข้างถนนพบ 80 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *A. sieboldi* และ *D. propatula*

2. **คลาโดเซอรา** พบคลาโดเซอรา 7 วงศ์ 17 สกุล 23 สปีชีส์ คิดเป็นร้อยละ 27.4 ของคลาโดเซอราที่พบทั้งหมดในประเทศไทย สกุลที่พบมากที่สุดได้แก่ *Alona* (5 สปีชีส์) รองลงมาได้แก่ *Macrothrix* (3 สปีชีส์) คลาโดเซอราที่พบบ่อยในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ *Diaphanosoma excisum* Sars (98 แหล่งน้ำ คิดเป็น 60.1%) รองลงมาได้แก่ *Moina micrura* Kuze (59 แหล่งน้ำ คิดเป็น 36.2%) *Ceriodaphnia cornuta* Sars (44 แหล่งน้ำ คิดเป็น 27.0%) และ *Moinodaphnia macleayi* (King) (34 แหล่งน้ำ คิดเป็น 20.9%) ตามลำดับ สปีชีส์ที่พบไม่บ่อยนักโดยพบเพียง 1-2 แหล่งน้ำเท่านั้นได้แก่ *Alona intermedia* Sars, *Chydorus parvus* Daday, *Dadaya macrops* (Daday), *Karualona karua* (King), *Scapholeberis kingi* Sars, *Macrothrix triserialis* Brady และ *Latonopsis australis* Sars ตามลำดับ ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอราอยู่ในช่วง 0-8 สปีชีส์ ความหลากหลายชนิดของคลาโดเซอราในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 2.749$, $p > 0.05$) ต้นฤดูฝนพบความหลากหลายชนิดในช่วง 0-7 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.62 ± 1.63 สปีชีส์) ส่วนปลายฤดูฝนพบความหลากหลายชนิดในช่วง 0-4 สปีชีส์ (เฉลี่ย 1.74 ± 0.85 สปีชีส์) จากการศึกษาครั้งนี้พบคลาโดเซอราในบ่อชั่วคราว 19 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *D. excisum*, *M. micrura* และ *M. macleayi* ในนาข้าวพบ 15 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *D. excisum*, *M. micrura* และ *M. macleayi* และคลองข้างถนนพบ 15 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *D. excisum* และ *M. micrura*

3. โคพีพอด

3.1 **คาลานอยด์โคพีพอด** พบคาลานอยด์โคพีพอด 1 วงศ์ 7 สกุล 19 สปีชีส์ คิดเป็นร้อยละ 51.3 ของคาลานอยด์โคพีพอดที่พบทั้งหมดในประเทศไทย สกุลที่พบมากที่สุดได้แก่ *Mongolodiptomus* (7 สปีชีส์) รองลงมาได้แก่ *Neodiptomus* (4 สปีชีส์) และ *Eodiptomus* (3 สปีชีส์) ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้พบคาลานอยด์โคพีพอดสปีชีส์ใหม่ของโลก 1 สปีชีส์ ได้แก่ *Mongolodiptomus* sp. และเป็นชนิดที่พบครั้งแรกในประเทศไทย 1 สปีชีส์ ได้แก่ *Eodiptomus phuvongi* Sanoamuang and Sivongxay สปีชีส์ที่พบบ่อยได้แก่ *E. phuvongi* (85 แหล่งน้ำ คิดเป็น 52.1%) รองลงมาได้แก่ *M. malaindosinensis* (Lai and Fernando) (39 แหล่งน้ำ คิดเป็น 23.9%) และ *Neodiptomus blachei* (Brehm) (38 แหล่งน้ำ คิดเป็น 23.3%) ตามลำดับ สปีชีส์ที่พบไม่บ่อยนักโดยพบเพียง 1-2 แหล่งน้ำเท่านั้นได้แก่ *E. draconisignivomi* Brehm, *M. pectinidactylus* (Shen and Tai), *M. calcarus* (Shen and Tai), *N. songkhamensis* Sanoamuang and Athibai และ *Tropodiptomus oryzanus* Kiefer

ความหลากหลายชนิดของคาลานอยด์โคพีพอดอยู่ในช่วง 0-6 สปีชีส์ต่อแหล่งน้ำ คาลานอยด์โคพีพอดที่พบส่วนใหญ่เคยมีรายงานพบแล้วในประเทศไทย ยกเว้น *Mongolodiptomus* sp. และ *E. phuvongi* ความหลากหลายชนิดของคาลานอยด์โคพีพอดในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 0.269$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบความหลากหลายชนิดในช่วง 0-5 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.22 ± 0.98 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบความหลากหลายชนิดในช่วง 0-6 สปีชีส์ (เฉลี่ย 2.17 ± 1.12 สปีชีส์) จากการศึกษาครั้งนี้พบคาลานอยด์โคพีพอดในบ่อชั่วคราว 14 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *E. phuvongi*, *N. blachei* และ *N. laii* นาข้าวพบ 15 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *E. phuvongi*, *M. botulifer* และ *N. laii* และคลองข้างถนนพบ 17 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *E. phuvongi*, *N. blachei* และ *N. laii*

3.2 **ไซโคลพอยด์โคพีพอด** การศึกษาในครั้งนี้พบไซโคลพอยด์โคพีพอด 1 วงศ์ 4 สกุล 6 สปีชีส์ ได้แก่ *Mesocyclops aspericornis* (Daday), *M. ferjemurami* Holynska, *M. thermocyclopoides* (Harada), *Microcyclops* sp., *Thermocyclops crassus* (Fishcher) และ *T. decipiens* (Kieffer) คิดเป็น 37.5% ของไซโคลพอยด์โคพีพอดที่พบทั้งหมดในประเทศไทย ช่วงปลายฤดูฝนไม่พบ *Microcyclops* sp. และ *M. ferjemurami* สปีชีส์ที่พบบ่อยเรียงตามความถี่ที่พบ ได้แก่ *M. thermocyclopoides* (67 แหล่งน้ำ คิดเป็น 41.1%) รองลงมา ได้แก่ *M. aspericornis* (49 แหล่งน้ำ คิดเป็น 30.1%), *T. crassus* (32 แหล่งน้ำ คิดเป็น 19.6%) และ *T. decipiens* (26 แหล่งน้ำ คิดเป็น 15.9%) ตามลำดับ

ความหลากหลายของไซโคลพอยด์โคฟีพอดอยู่ในช่วง 0-3 สปีชีส์ต่อแหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่มีความหลากหลายมากที่สุด มีจำนวน 8 แหล่งน้ำ ไซโคลพอยด์โคฟีพอดที่พบในการศึกษานี้เป็นสปีชีส์ที่พบแพร่กระจายทั่วไปในเขตร้อน ความหลากหลายของไซโคลพอยด์โคฟีพอดในช่วงต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = -0.725$, $p > 0.05$) โดยต้นฤดูฝนพบความหลากหลายในช่วง 0-3 สปีชีส์ (เฉลี่ย 0.77 ± 0.70 สปีชีส์) และปลายฤดูฝนพบความหลากหลายในช่วง 0-2 สปีชีส์ (เฉลี่ย 0.88 ± 0.35 สปีชีส์) จากการศึกษาครั้งนี้พบไซโคลพอยด์โคฟีพอดในบ่อชั่วคราว 5 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *M. aspericornis* และ *M. thermocyclopoides* นาข้าว 4 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *M. thermocyclopoides* และ *M. aspericornis* คลองข้างถนนพบ 6 สปีชีส์ สปีชีส์ที่พบบ่อย ได้แก่ *M. thermocyclopoides* และ *T. crassus*

4. การจัดกลุ่มแหล่งน้ำโดยวิเคราะห์จากข้อมูลการพบไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด จากแหล่งน้ำ 163 แหล่ง

การจัดกลุ่มแหล่งน้ำชั่วคราวโดยวิธี cluster analysis โดยวิเคราะห์จากข้อมูลการพบไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด จากแหล่งน้ำ 163 แหล่ง ผลการจัดกลุ่มด้วยวิธี cluster analysis โดยพิจารณาความคล้ายคลึงกัน (Sorensen distance) ของสปีชีส์ที่พบของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอดในแหล่งน้ำที่ประมาณ 42% สามารถจัดแหล่งน้ำออกเป็น 22 กลุ่มใหญ่

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำบางประการที่มีผลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา และโคฟีพอด

5.1 อุณหภูมิของน้ำ มีค่าระหว่าง $24.5-37.9^{\circ}\text{C}$ (เฉลี่ย $32.1 \pm 2.28^{\circ}\text{C}$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = -1.533$, $p > 0.05$) จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหลากหลายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา คาลานอยด์โคฟีพอด และไซโคลพอยด์โคฟีพอด พบว่าความหลากหลายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา คาลานอยด์โคฟีพอด และไซโคลพอยด์โคฟีพอดไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น $r = -0.143$, $p > 0.05$, $r = -0.027$, $p > 0.05$, $r = 0.095$, $p > 0.05$ และ $r = 0.027$, $p > 0.05$ ตามลำดับ

5.2 ค่าพีเอชของน้ำ มีค่าระหว่าง 6.1-8.3 (เฉลี่ย 7.2 ± 0.31) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 1.103$, $p > 0.05$) จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายกับค่าพีเอชของน้ำ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชของน้ำกับความหลากหลายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา คาลานอยด์โคฟีพอด และไซโคลพอยด์โคฟีพอด พบว่าความหลากหลายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา คาลานอยด์โคฟีพอด และไซโคลพอยด์โคฟีพอดไม่มีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชของน้ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น $r = 0.113$, $p > 0.05$, $r = -0.026$, $p > 0.05$, $r = -0.35$, $p > 0.05$ และ $r = -0.119$, $p > 0.05$ ตามลำดับ

5.3 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ อยู่ระหว่าง 11-816 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (เฉลี่ย $54.5 \pm 53.59 \mu\text{S cm}^{-1}$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($t_{34} = 0.294$, $p > 0.05$) จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์กับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกับความหลากหลายของไรติเฟอร์ คลาโดเซอรา คาลานอยด์โคฟีพอด และไซโคลพอยด์โคฟีพอด พบว่าความหลากหลายของไรติเฟอร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = 0.230$, $p < 0.05$) กล่าวคือถ้าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเพิ่มขึ้น ความหลากหลายของไรติเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนคลาโดเซอรา คาลานอยด์โคฟีพอด และไซโคลพอยด์โคฟีพอดไม่มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น $r = 0.001$, $p > 0.05$, $r = -0.39$, $p > 0.05$ และ $r = 0.149$, $p > 0.05$ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145024

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาส แสงอรุณ. 2544. ความหลากหลายและความชุกชุมของคลาโดเซอร่าในบึงกุตหิง จังหวัดหนองคาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- ปริญดา ตั้งปัญญาพร. 2546. การแพร่กระจายของไร่น้ำนางฟ้าและแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดสกลนครและนครพนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- พรรณี สอดฤทธิ์. 2545. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของคลาโดเซอร่าในแหล่งน้ำจืด จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.
- ละออศรี เสนาะเมือง. 2537. การศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์ในเขตจังหวัดขอนแก่นและกาฬสินธุ์. รายงานการวิจัย. กองทุนพัฒนาและส่งเสริมด้านวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ละออศรี เสนาะเมือง. 2539. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์น้ำจืดกลุ่มโรติเฟอร์ คลาโดเซอร่า และโคฟีพอดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการวิจัย. กองทุนพัฒนาและส่งเสริมด้านวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ละออศรี เสนาะเมือง. 2545. แพลงก์ตอนสัตว์น้ำจืด: คาลานอยด์โคฟีพอดในประเทศไทย. ศูนย์อนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา ขอนแก่น.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2541. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วิราวรรณ โคตรทิพย์. 2546. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของโรติเฟอร์ในบึงทามบริเวณลุ่มน้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- วีระ ยินดี. 2545. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของโคฟีพอดในเขตจังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- ศิริชัย ไผ่ทองคำ. 2547. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของคลาโดเซอร่า และโคฟีพอดในบึงทามบริเวณลุ่มแม่น้ำมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- ศุภิภรณ์ อธิบาย. 2545. การแพร่กระจายของไร่น้ำนางฟ้าและแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- สุนันท์ทิพย์ เศวตณลินทล. 2542. ความหลากหลายของโรติเฟอร์ในเขตจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- สุพัสตรา เหล็กจาน. 2545. การแพร่กระจายของไร่น้ำนางฟ้าและแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดมหาสารคามและร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- Dumont, H.J., Y.R. Reddy and L. Sanoamuang. 1996. Description of *Phyllodiaptomus christineae* n. sp. from Thailand, and distribution of two subgenera within *Phyllodiaptomus* Kiefer, 1936 (Copepoda, Calanoida). *Hydrobiologia* 323: 139-148.
- Holynska, M.A. 2000. A new species of *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) from Vietnam. *Annales Zoologici (warszawa)* 48 (3/4): 337-347.
- Preston, B.L., T.W. Snell and R. Kneisel. 1999. UV-B exposure increases acute toxicity of pentachlorophenol and mercury to the rotifer *Brachionus calyciflorus*. *Environmental Pollution* 106: 23-31.
- Proongkiat, I. and L. Sanoamuang. 2002. The diaptomid copepods (Copepoda, Calanoida) of northern Thailand. The 8th International conference on Copepoda. Keelung, Taiwan, 21-26 July 2002, Abstract Book. 138 p.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton rotifers: biology and taxonomy. *Die Binnengewässer* 26 (suppl): 1-146.
- Sanoamuang, L. 1996. *Lecane segersi* n. sp. (Rotifera, Lecanidae) from Thailand. *Hydrobiologia* 339: 23-25.
- Sanoamuang, L. 1998b. Contributions to the knowledge of the cladocera of north-east Thailand. *Hydrobiologia* 362: 45-53.
- Sanoamuang, L. 1999. Species composition and distribution of freshwater Calanoida and Cyclopoida (Copepoda) of North-east Thailand. In Schram, F.R. and J.C.V. Klein (eds.), *Crustaceans and Biodiversity Crisis*, Brill Academic Publishers, Leiden, vol I: 217-230.
- Sanoamuang, L. 2001a. *Eodiaptomus phuphanensis* n. sp., a new freshwater copepod (Calanoida: Diaptomidae) from the Phuphan National Park, Thailand. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 86: 587-593.

- Sanoamuang, L. 2001b. *Mongolodiptomus dumonti* n. sp., a new freshwater copepod (Calanoida: Diaptomidae) from Thailand. *Hydrobiologia* 448: 41-52.
- Sanoamuang, L. 2001c. Distribution of the three *Eodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in Thailand, with redescription of *E. draconisignivomi* Brehm, 1952. *Hydrobiologia* 453/454: 565-576.
- Sanoamuang, L. and H. Segers. 1997. Additions to the *Lecane* fauna (Rotifera: Monogononta) of Thailand. *International Revue der Gesamten Hydrobiologie* 82: 525-530.
- Sanoamuang, L. and N. Sivongxay. 2002. Culinary Copepoda: first report of an edible calanoid from central Laos. The 8th International Conference on Copepoda. Keelung, Taiwan, 21-26 July 2002, Abstract Book, 149.
- Sanoamuang, L. and S. Athibai. 2002. A new species of *Neodiaptomus* (Copepoda, Diaptomidae) from temporary waters in Northeast Thailand. *Hydrobiologia* 489: 71-82.
- Sanoamuang, L. and S. Savatnalinton. 1999. New records of rotifers from Nakhon Ratchasima Province, North-east Thailand, with a description of *Lecane baimaii* n. sp. *Hydrobiologia* 412: 95-101.
- Sanoamuang, L. and S. Savatnalinton. 2001. The rotifer fauna of Lake Kud-Thing, a shallow lake in Nong Khai Province, Northeast Thailand. *Hydrobiologia* 446/447: 297-304.
- Sanoamuang, L., H. Segers and H.J. Dumont. 1995. Addition to the rotifer fauna of South-east Asia: new and rare species from north-east Thailand. *Hydrobiologia* 313/314: 35-45.
- Sanoamuang, L. 1998a. Rotifera from some freshwater habitats in the floodplain of the River Nan, Northern Thailand. *Hydrobiologia* 387/388: 27-33.
- Segers, H. 2001. Zoogeography of the Southeast Asian Rotifera. *Hydrobiologia* 446/447: 233-246.
- Segers, H. and L. Sanoamuang. 1994. Two more new species of *Lecane* (Rotifera, Monogonota) from Thailand. *Belg. J. Zool.* 124: 39-46.
- Segers, H. and P. Pholpunthin. 1997. New and rare Rotifera from Thale-Noi Lake, Pattalung Province, Thailand, with a note on the taxonomy of *Cephalodella* (Notommatidae). *Annls. Limnol.* 33: 13-21.

Numerical Taxonomy of Some Fern Species in the Genus *Thelypteris* Schmidel *sensu lato* in Thailand

Pankamon Sornsuwan, Thaweesakdi Boonkerd and Tosak Seelanan

Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand

Thelypteris Schmidel s.l. is a genus of the Thelypteridaceae. It is comprised of about one thousand species that mostly occur in tropical and subtropical regions of the world. Up to now, the genera within the Thelypteridaceae have not been clearly classified due to different generic concepts held by pteridologists. Some authors treat all species in a single genus, whilst others segregate *Thelypteris* s.l. into two or more genera. *Thelypteris* s.l. is commonly found in various habitats throughout Thailand. Fifty one species have been reported and placed into two genera. In contrast, these same species would be classified into 16 genera according to Holttum's classification. In order to clarify this taxonomic inconsistency, 518 OTUs from 27 species were analysed using cluster and canonical discriminant analyses. A total of 21 quantitative and 11 qualitative characters were employed. In the cluster analysis, using only quantitative characters, the 518 OTUs could be separated into three taxa or genera, i.e. *Thelypteris* s.s., *Macrothelypteris* and *Pronephrium* using an average taxonomic distance of 1.50. The same result was obtained when both quantitative and qualitative characters were used. Likewise, canonical discriminant analysis suggested that there were three groups within the genus *Thelypteris* s.l. The three groups/genera can be distinguished on the basis of scale width, angle of basal pinnae to rachis, number of annulus cells, spore height and spore diameter. In all, the results from these morphometric analyses support the segregation of *Thelypteris* s.l. into three genera, viz. *Thelypteris* s.s., *Macrothelypteris* and *Pronephrium*.

Key words: *Thelypteris*, cluster analysis, canonical discriminant analysis

Introduction

Thelypteridaceae is one of the largest families of seedless vascular plants, comprising nearly a thousand species mostly in tropical and subtropical regions; less than 2% are found in temperate areas. Diagnostic characters of the family Thelypteridaceae include the possessing of two meristeles throughout the length of stipe (compared to many meristeles in Dryopteroid ferns) and the presence of acicular hairs on many parts of the frond. Spores are bilateral with a prominent perispore. Chromosome base numbers of Thelypteridaceae range from 27 to 36 (Mickel and Beitel, 1988). In contrast, those of its related groups, i.e. Dryopteroids and Athyrioids, have 40 and 41 chromosome base numbers, respectively.

Up to now, the Thelypteridaceae can not be clearly classified, so that some genera are included or excluded from this fern family due to different concepts of various pteridologists. So far, the treatment concerning the circumscription and relationships of the Thelypteroid ferns are those given by Christensen (1938), Copeland (1947), Ching (1963), Morton (1963), Iwatsuki (1964) and Holttum (1971). Some authors, for example Morton (1963) treated all species as a single genus, i.e. *Thelypteris* Schmidel, whilst the others segregated the genus *Thelypteris* s.l. into two to more genera, for example Christensen (1938), Copeland (1960), Ching (1963), Iwatsuki (1964) and Holttum (1971).

The Thelypteridaceae is commonly found throughout Thailand. Fifty one species have been reported and treated in two genera, viz. *Thelypteris* and *Meniscium* (Tagawa and Iwatsuki, 1988), while Boonkerd and Pollawatn (2000) proposed a segregation of *Thelypteris* s.l. into 14 genera. It can be seen that classification within the Thelypteridaceae so far is not clear and is waiting for re-investigation.

Methodology

1. Specimen collections

Complete specimens of *Thelypteris* species were collected from their natural habitats (Table 1). They were determined to species using the key to species in the Flora of Thailand (Tagawa and Iwatsuki, 1988). Corresponding taxa according to Holttum's classification (Holttum, 1971 and 1981) were also determined. Then they were confirmed by comparing with the voucher specimens deposited at BCU, BKF, E, L, P, and K (Herbarium abbreviations according to Holmgren and Holmgren (2005).

Table 1. Twenty seven taxa of *Thelypteris* s.l. used in multivariate analyses

No.	Botanical Name (Tagawa & Iwatsuki, 1988)	Corresponding taxa after Holttum (1971, 1981)
1.	<i>Meniscium proliferum</i> (Retz.) Sw.	<i>Ampelopteris prolifera</i> (Retz.) Copel.
2.	<i>Thelypteris arida</i> (D. Don) Morton	<i>Christella arida</i> (D. Don) Holttum
3.	<i>Thelypteris ciliata</i> (Wall. ex Benth.) Ching	<i>Trigonospora ciliata</i> (Wall. ex Benth.) Holttum
4.	<i>Thelypteris confluens</i> (Thunb.) C. V. Morton	<i>Thelypteris confluens</i> (Thunb.) Morton
5.	<i>Thelypteris crassifolia</i> (Blume) Ching	<i>Mesophlebion crassifolium</i> (Blume) Holttum
6.	<i>Thelypteris crinipes</i> (Hook.) K. Iwats.	<i>Christella crinipes</i> (Hook.) Holttum, B. Nayar & Kaur
7.	<i>Thelypteris dentate</i> (Forsskal) St. John	<i>Christella dentata</i> (Forsskal) Brownsey & Jermy
8.	<i>Thelypteris falciloba</i> (Hook.) Ching	<i>Pseudocyclosorus falcilobus</i> (Hook.) Ching
9.	<i>Thelypteris ferox</i> (Blume) Tagawa & K. Iwats.	<i>Chingia ferox</i> (Blume) Holttum
10.	<i>Thelypteris flaccida</i> (Blume) Ching	<i>Metathelypteris flaccida</i> (Blume) Ching
11.	<i>Thelypteris hirsutipes</i> (Clarke) Ching	<i>Coryphopteris hirsutipes</i> (Clarke) Holttum
12.	<i>Thelypteris hirtisora</i> (C. Chr.) K. Iwats.	<i>Sphaerostephanos hirtisorus</i> (C. Chr.) Holttum
13.	<i>Thelypteris interrupta</i> (Willd.) K. Iwats.	<i>Cyclosorus interruptus</i> (Willd.) H. Ito
14.	<i>Thelypteris larutensis</i> (Bedd.) Tagawa & K. Iwats.	<i>Sphaerostephanos larutensis</i> (Bedd.) C. Chr.
15.	<i>Thelypteris megaphylla</i> (Mett.) K. Iwats.	<i>Sphaerostephanos penniger</i> (Hook.) Holttum
16.	<i>Thelypteris nudata</i> (Roxb.) Morton	<i>Pronephrium nudatum</i> (Roxb.) Holttum
17.	<i>Thelypteris polycarpa</i> (Blume) K. Iwats.	<i>Sphaerostephanos polycarpus</i> (Blume) Copel.
18.	<i>Thelypteris repanda</i> (Fée) Tagawa & K. Iwats.	<i>Pronephrium repandum</i> (Fée) Holttum
19.	<i>Thelypteris siamensis</i> Tagawa & K. Iwats.	<i>Christella siamensis</i> (Tagawa & K. Iwats.) Holttum
20.	<i>Thelypteris singalanensis</i> (Baker) Ching	<i>Metathelypteris singalanensis</i> (Baker) Ching
21.	<i>Thelypteris sumatrana</i> (v.A.v.Ros.) K. Iwats.	<i>Pseudophegopteris sumatrana</i> Holttum
22.	<i>Thelypteris terminans</i> (Hook.) Tagawa & K. Iwats.	<i>Amphineuron terminans</i> (Hook.) Holttum
23.	<i>Thelypteris torresiana</i> (Gaud.) Alston	<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaud.) Ching
24.	<i>Thelypteris truncata</i> (Poir.) K. Iwats.	<i>Pneumatopteris truncata</i> (Poir.) Holttum
25.	<i>Thelypteris viscosa</i> (Baker) Ching	<i>Coryphopteris viscosa</i> (Baker) Holttum
26.	<i>Thelypteris xylodes</i> (Kunze) Ching	<i>Pseudocyclosorus xylodes</i> (Kunze) Ching
27.	<i>Thelypteris</i> sp.	<i>Trigonospora</i> sp.

2. Character measurements

In total, 21 quantitative and 11 qualitative characters of the collected specimens were studied and selected for multivariate analyses (Table 2-3). Measurements of morphological characters were carried out on fertile fronds. Measurements of macroscopic characters were performed using a standard ruler or a digital caliper, while microscopic characters were measured with the aid of a light microscope equipped with a 10X lens coupled to a micrometer disc and 10X or 40X objectives.

3. Data analyses

Cluster analyses (CA) and Canonical discriminant analysis (CDA) were performed to determine the pattern of grouping of the collected specimens (OTUs).

In cluster analysis when only quantitative characters were used, the original data matrix were standardized (STAND) and the resultant matrix was used to produce the distance matrix based on average taxonomic distance (DIST). Then, cluster analysis was conducted using the unweighted pair-group method arithmetic (UPGMA) in SAHN. These procedures are available in NTSYS-pc version 2.11S (Exeter Software © 2002 by Applied Biostatistics, Inc.).

When mixed characters, i.e. quantitative and qualitative morphological characters, were measured altogether, the Gower similarity coefficient was calculated and clustered by the group-

average method as suggested by Gower (1971). For these proposes, a statistic package, MVSP (Kovach Computing Services, MVSP Plus, version 3.1) was used.

Canonical discriminant analysis was performed with SPSS 11.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Stepwise discriminant analysis was used to select a subset of characters that maximized differences among the groups determined by clusters analysis. Correct classification rates were used as indicators of separation among the groups.

Table 2. Twenty one quantitative characters of fertile frond used in multivariate analyses of *Thelypteris* s.l. with their methods of scoring.

No.	Character	Details of measurements and counts
1.	scale width (mm)	width of scale at base of stipe
2.	scale length (mm)	length of scale at base of stipe
3.	stipe length (mm)	length of stipe
4.	rachis length (cm)	length of rachis
5.	basal pinnae width (cm)	width of basal pinnae
6.	basal pinnae length (cm)	length of basal pinnae
7.	angle of basal pinnae to rachis	-
8.	number of pinnae/frond	-
9.	distance between the pair of the largest pinnae (cm)	-
10.	lateral pinnae width (cm)	width of the largest lateral pinnae
11.	lateral pinnae length (cm)	length of the largest lateral pinnae
12.	pinnae lobe depth (mm)	perpendicular distance between margin and base of lobe
13.	number of sori per lobe	number of sori per lobe of the largest lateral pinnae
14.	lateral vein length (cm)	length of lateral vein of the largest lateral pinnae
15.	pair number of lateral veins/pinnae	-
16.	sporangium width (mm)	the longest distance measured from side to side of sporangium at the equatorial axis
17.	sporangium length (mm)	the longest distance measured from base to top of sporangium (without stalk)
18.	number of annulus cell	number of annulus cell/ sporangium
19.	stalk length (mm)	length of sporangium stalk
20.	spore height (mm)	height of spore from lateral view
21.	spore diameter (mm)	diameter of spore from lateral view

Table 3. Eleven qualitative characters of fertile frond used in multivariate analyses of *Thelypteris* s.l. with their methods of scoring.

No.	Character	Details of measurements and counts
1.	form of rhizome	erect (1), suberect (2), short creeping (3), long creeping (4)
2.	buds on rachis	absent (0), present (1)
3.	basal pinnae	not or slightly reduced (1), extremely reduced (2), suddenly reduced to form butterfly shaped auricles (3)
4.	form of frond	once-pinnate (1), bi-pinnate-tri-pinnatifid (2)
5.	upper-surface of costae	not grooved (0), grooved (1)
6.	margin of pinnae	subentire (1), pinnae lobed less than half way to costae (2), pinnae lobed to half way towards costae (3), pinnae always deeply lobed (4)
7.	venation pattern	vein free (1), vein anastomosing (2), vein in several pairs all anastomosing and joining to form zigzag composite vein alternating with the costules (3)
8.	Sori	exindusiate (0), indusiate (1)
9.	acicular hairs or glandular hairs on sporangium	absent (0), present (1)
10.	acicular hairs or glandular hairs on sporangium stalk	absent (0), present (1)
11.	spore type	monolete (1), trilete (2)

Results and Discussion

1. Cluster analysis

In cluster analysis, two similarity (or distance) coefficient matrices were produced. The first matrix was the average taxonomic distance derived from 21 quantitative characters and the second one was the Gower's similarity coefficient matrix derived from 21 quantitative characters plus 11 qualitative characters.

The results of the first cluster analysis using the average taxonomic distance matrix is shown in Figure 1. The dendrogram split the 518 specimens into three groups (Group A-C) using an average taxonomic distance of 1.50. The first group (A) consisted of twenty three species (*Meniscium proliferum*, *Thelypteris arida*, *T. ciliata*, *T. confluens*, *T. classifolia*, *T. crinipes*, *T. dentata*, *T. falciloba*, *T. ferox*, *T. flaccida*, *T. hirsutipes*, *T. hirtisora*, *T. interrupta*, *T. larutensis*, *T. megaphylla*, *T. polycarpa*, *T. siamensis*, *T. singalanensis*, *T. terminans*, *T. truncata*, *T. viscosa*, *T. xylodes*, *T. sp.*). The second group (B) comprised two taxa, namely *T. torresiana* and *T. sumatrana*, whilst the third group (C) included two species: *T. nudata* and *T. repanda*.

Similar results were obtained when both quantitative and qualitative characters were used. The dendrogram derived from the second cluster analysis is shown in Figure 2. Using the 70% similarity phenon line as a reference (Sneath and Sokal, 1973), three main groups could be distinguished in the UPGMA phenogram. Members of the three groups (Group A-C) were the same as those of the three groups obtained from the first cluster analysis.

In group A, there were 13 genera according to Holttum's classification (1971 and 1981). They are *Ampelopteris*, *Amphineuron*, *Chingia*, *Christella*, *Coryphopteris*, *Cyclosorus*, *Metathelypteris*, *Mesophlebion*, *Pneumatopteris*, *Pseudocyclosorus*, *Sphaerostephanos*, *Thelypteris* and *Trigonospora*. Holttum (1971, 1981) used a combination of characters to distinguish the 13 mentioned genera. In contrast, according to Tagawa and Iwatsuki (1988), 23 species of group A were subdivided into 22 species of *Thelypteris* and one species of *Meniscium* (Table 1). They used a proliferous character of the rachis to separate *Meniscium* from *Thelypteris*.

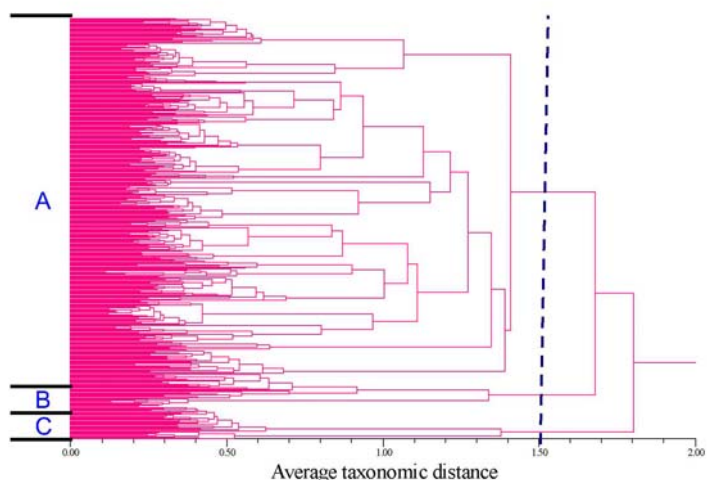


Figure 1. UPGMA clustering of 518 OTUs based on 21 characters of *Thelypteris* s. l. in Thailand.

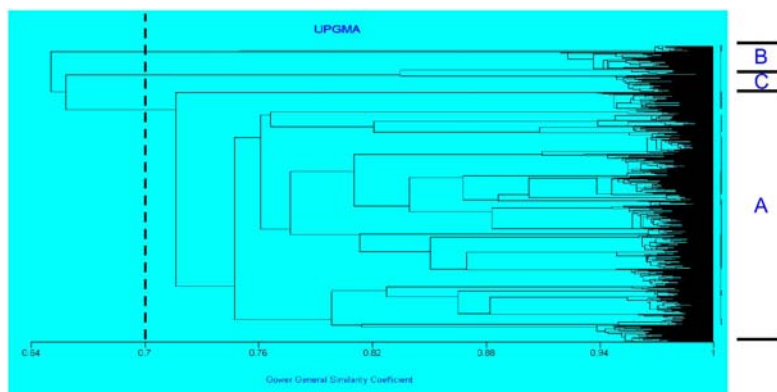


Figure 2. UPGMA phenogram base on Gower's general similarity coefficient calculated between means of 21 quantitative and 11 qualitative morphological characters of the genus *Thelypteris* s.l. in Thailand.

In the light of both cluster analyses, it is evident that group A should be sorted only into one genus/taxon, preferably grouped into the genus *Thelypteris* since the type genus "*Thelypteris*" is in this cluster and this taxon has higher priority than the others.

A close examination of the dendrogram in Figure 2 reveals that two subclusters could be established. Subcluster 1 comprised *T. prolifera*, corresponding to *Ampelopteris* sensu Holttum or *Meniscium*

sensu Tagawa and Iwatsuki. It is noteworthy that both authors used the same characters to classify this taxon, i.e. proliferous character on the rachis. The other cluster contained the remaining 12 genera as mentioned earlier.

Two taxa in group B conformed to the genera *Pseudophegopteris* and *Macrothelypteris* according to Holttum's classification (1971). Holttum recognized these two genera based on characters of scales on fronds and spore morphology. However, Pichi Sermolli (1970) recognized only one genus, and transferred all species of *Pseudophegopteris* to *Macrothelypteris*. Unification of these two genera was based on bi-pinnate fronds. It is evident that the results of cluster analyses from this study support Pichi Sermolli's classification.

All OTUs in group C were members of the genus *Pronephrium* sensu Holttum. Holttum (1971) used venation pattern as an important character to separate the genus *Pronephrium* from the other genera in his classification. He noted that when pinnae lobes are not deep, veins from adjacent costules joined to form an excurrent straight or zigzag vein. These united veins run to the translucent membrane at the base of a sinus between two lobes (Holttum, 1971). It can be seen that the results of cluster analyses clearly supports the separation of the genus *Pronephrium* from the majority of *Thelypteris* s.l.

In all, the results of cluster analyses supported the recognition of the three genera, i.e., *Thelypteris* s.s., *Macrothelypteris* and *Pronephrium*.

2. Canonical discriminant analysis

In canonical discriminant analysis, 21 characters were evaluated by stepwise discriminant analysis to determine which characters were important in discriminating among these three groups as suggested by cluster analyses. The following 19 out of 21 characters, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, and 21 were selected as important characters in giving the best separation of the groups (Table 4). In addition, the specimens were correctly classified into their respective groups (A, B, or C) with 100% accuracy. These classification rates are extremely high considering the existing variation among the three groups. The result was the same when the original group (27 taxa) was used as *a priori* in canonical discriminant analysis, i.e., yielding 3 groups in an ordination plot (Fig. 3).

The ordination plot of the 518 OTUs was presented on the two canonical axes (Fig. 3). It can be seen that group B is clearly separated from groups A and C on canonical axis 1. Likewise, group C is evidently separated from groups A and B on canonical axis 2. So, the three groups appear distinct. Canonical variable 1 (axis 1) is most highly influenced by five characters (Table 4), viz. scale width (1), angle of basal pinnae to rachis (7), number of annulus cells (18), spore height (20) and spore diameter (21). The canonical correlation of the

Table 4. Pooled within canonical structure of 3 groups/taxa (A-C) according to the result of canonical discriminant analysis.

Character	Axis 1	Axis 2
1. scale width	-0.018*	0.004
2. scale length	0.022	0.053*
3. stipe length ^a	-0.026	0.165*
4. rachis length	-0.020	0.081*
5. basal pinnae width	0.306	0.448*
6. basal pinnae length	0.064	0.243*
7. angle of basal pinnae to rachis	0.038*	0.020
8. number of pinnae/frond ^a	-0.003	-0.106*
9. distance between the pair of the largest pinnae	0.015	0.190*
10. lateral pinnae width	0.269	0.428*
11. lateral pinnae length	0.025	0.154*
12. pinnae lobe depth	0.081	-0.171*
13. number of sori per lobe	-0.156	0.232*
14. lateral vein length	-0.086	0.349*
15. pair number of lateral veins/ pinnae	-0.114	0.228*
16. sporangium width	0.067	-0.187*
17. sporangium length	0.050	-0.210*
18. number of annulus cell	0.075*	0.019
19. stalk length	0.004	-0.094*
20. spore height	0.042*	-0.020
21. spore diameter	0.099*	0.076

* Largest absolute correlation between each variable and any discriminant function

^a This variable not used in the analysis

first canonical discriminant function is 98% with all the variables and the variance explained by it is 77%. Thus, these two axes are effective for separating the three morphological groups of the genus *Thelypteris* s.l. in Thailand.

From the ordination plot in Figure 3, it can be seen that, among the three groups, group B was rather heterogeneous, while group C and group A were less variable in descending order of variation.

It can be concluded that cluster analyses and canonical discriminant analyses from this study do not support a separation of *Thelypteris* s.l. in Thailand into neither the two genera proposed by Tagawa and Iwatsuki (1988), nor the 16 genera (Table 1) according to Holttum's classification (1971, 1981). In contrast, the results from this study do support the separation of *Thelypteris* s.l. in Thailand into 3 genera, i.e. *Thelypteris* s.s., *Macrothelypteris* and *Pronephrium* based on both quantitative and qualitative characters. Corresponding results were presented by Smith and Cranfill (2002), they recognized 5 genera, namely *Macrothelypteris*, *Pseudophegopteris*, *Phegopteris*, *Thelypteris* s.s. and *Cyclosorus* sensu Smith based on data from four chloroplast genes (*rps4* gene + *rbcL* gene + *trnS* spacer, + *trnL* spacer; 2,600 base pairs) of specimens from 23 genera according to Holttum's classification. They noted that their sampling was as yet insufficient to favor one classification over another. It is pertinent to note that the present analysis suggested that recognition of an intermediate number of genera may be the most suitable for classification in the Thelypteridaceae.

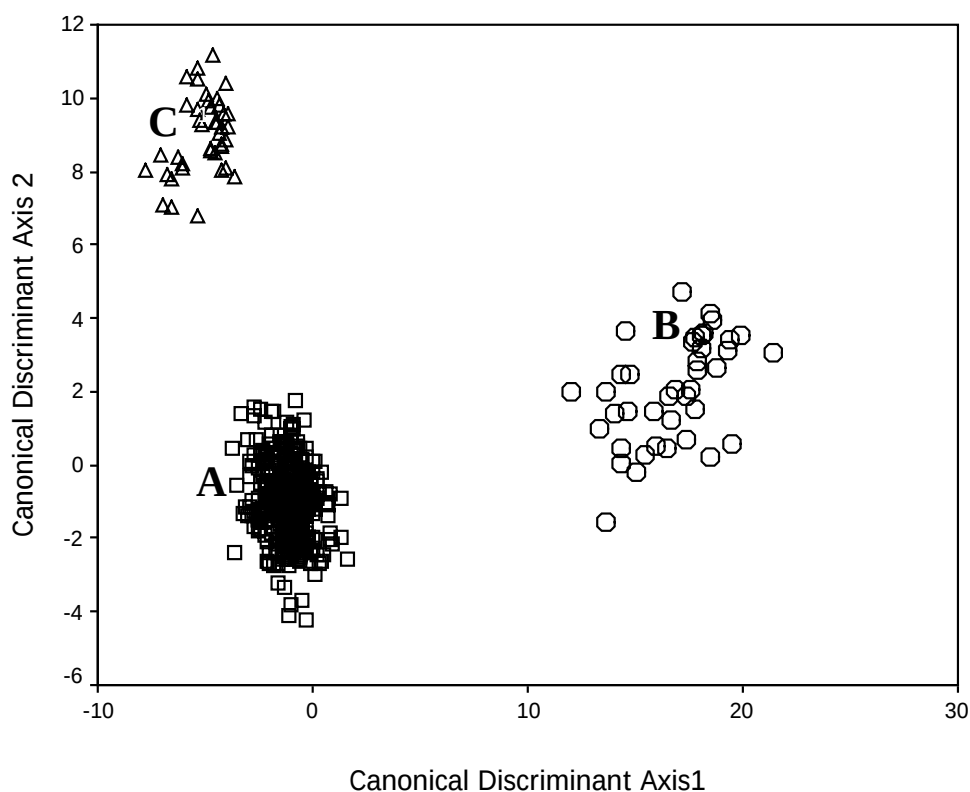


Figure 3. Ordination plot of 518 specimens from 27 taxa of *Thelypteris* s.l. in Thailand based on 21 quantitative characters.

3. Important characters

Univariate analysis of 21 quantitative characters was performed (Table 5). It can be seen that there were statistical significant differences ($P < 0.05$) in all characters among the three proposed genera, viz. *Thelypteris*, *Macrothelypteris* and *Pronephrium*. The F-values (Table 5) indicate by their magnitude the relative order of importance of the characters in general. It is clear that the F-values almost reflect the association of characters with canonical axis 1 because of its high correlation and high explained variance. Basic statistics for the three proposed genera are summarized in Table 5. It

can be concluded that the vegetative characters of *Thelypteris* s.s. and *Pronephrium* were generally larger than those of *Macrothelypteris*. In contrast, the reproductive characters of *Macrothelypteris* were larger than those of *Thelypteris* and *Pronephrium*.

Table 5. F-values, means and standard errors of 21 quantitative characters of the three genera

No.	Character	F-value	Sign.	<i>Thelypteris</i> s.s.		<i>Macrothelypteris</i>		<i>Pronephrium</i>	
				mean	± SE	mean	± SE	mean	± SE
1	scale width	3.406	0.034	0.989	0.022	0.802	0.012	0.987	0.029
2	scale length	4.653	0.010	7.122	0.220	8.938	0.288	8.463	0.341
3	stipe length	64.369	0.000	34.694	1.052	42.962	2.127	73.290	1.419
4	rachis length	12.643	0.000	78.026	3.116	62.292	1.407	125.337	8.030
5	basal pinnae width	1389.034	0.000	1.209	0.025	8.205	0.379	3.647	0.071
6	basal pinnae length	180.645	0.000	6.951	0.340	21.170	0.974	24.115	0.473
7	angle of basal pinnae to rachis	9.105	0.000	109.431	41.786	136.250	0.557	107.000	1.761
8	basal pinnae length	180.645	0.000	6.951	0.340	21.170	0.974	24.115	0.473
9	angle of basal pinnae to rachis	9.105	0.000	109.431	41.786	136.250	0.557	107.000	1.761
10	lateral pinnae width	1086.859	0.000	1.683	0.035	8.402	0.348	4.455	0.065
11	lateral pinnae length	50.752	0.000	14.984	0.430	22.202	0.890	27.727	0.601
12	pinnae lobe depth	78.586	0.000	4.015	0.086	5.597	0.095	1.051	0.032
13	number of sori per lobe	358.855	0.000	10.774	0.241	3.175	0.607	30.700	0.782
14	lateral vein length	373.739	0.000	0.861	0.017	0.700	0.018	2.416	0.059
15	pair number of lateral veins/ pinnae	241.801	0.000	35.641	0.766	17.325	0.430	84.775	0.844
16	sporangium width	80.274	0.000	0.192	0.001	0.213	0.001	0.130	0.008
17	sporangium length	74.180	0.000	0.243	0.002	0.253	0.001	0.155	0.012
18	number of annulus cell	37.463	0.000	15.016	0.078	17.275	0.277	14.800	0.130
19	stalk length	17.531	0.000	0.189	0.003	0.175	0.011	0.121	0.007
20	spore height	13.198	0.000	0.030	0.000	0.033	0.001	0.028	0.000
21	spore diameter	81.385	0.000	0.041	0.000	0.052	0.001	0.043	0.000

Conclusions

Thelypteris s.l. is a large and complex genus comprising about 1,000 species and has been a single genus in the family Thelypteridaceae (Vasudeva and Bir, 1993), since its separation from the dryopteroid ferns about 60 years ago. Although generally recognized as a natural monophyletic group, there are still some differences in opinion among pteridologists on generic circumscription.

This study was focused on numerical taxonomy. 518 specimens (OTUs) from 27 species of *Thelypteris* s.l. in Thailand were subjected to cluster analyses and canonical discriminant analysis. Based on 21 quantitative characters and supported by 11 qualitative characters, cluster analysis strongly indicated the presence of three distinct groups, i.e. *Thelypteris* s.s., *Macrothelypteris* and *Pronephrium*. The 3 groups were subsequently evaluated by canonical discriminant analyses. It was found that 5 characters, i.e. scale width, angle of basal pinnae to rachis, number of annulus cells, spore height and spore diameter collectively supported the segregation of 3 groups or genera from the *Thelypteris* s.l.

The following is an identification key to the genera segregated from the *Thelypteris* s.l. in Thailand.

- 1a Frond 2-3 pinnate; number of annulus cells equal to or more than 17..... 1. *Macrothelypteris*
- 1b Frond 1-pinnate; number of annulus cells less than 17
 - 2a Spore diameter less than 0.43 mm 2. *Thelypteris*
 - 2b Spore diameter equal to or more than 0.43 mm 3. *Pronephrium*

In all, numerical taxonomy can re-examine the principles of taxonomy, especially the proposed classification. This computerized processing technique has proven useful for the classification of *Thelypteris* s.l. in Thailand.

Acknowledgements

Our sincere thanks to the curator and staff of BCU, BKF, BM, E, P, K and L for their kind permission to study *Thelypteris* specimens. This work was partially supported by The TRF/BIOTEC Special Program for Biodiversity Research and Training grant BRT T_147012 and Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund, Chulalongkorn University through Plant of Thailand research unit.

References

- Boonkerd, T. and R. Pollawatn. 2000. Pteridophytes in Thailand. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok.
- Ching, R.C. 1963. A reclassification of the family Thelypteridaceae from the mainland of Asia. *Acta Phytotax. Sin.* 8: 289-335.
- Christensen, C. 1938. Filicinae. In Verdoorn, F. (ed.), Manual of Pteridology. The Hague, Martinus Nijhoff.
- Copeland, E.B. 1947. Genera Filicum. Chronica Botanica Co., Waltham, Massachusetts.
- Gower, J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*. 27: 857-872.
- Holmgren, P.K. and N.H. Holmgren. 2005. *Index Herbariorum* [Online]. Available from: <http://www.nybg.org/bsci/ih/> [2005, July 5].
- Holtum, R.E. 1971. Studies in the family Thelypteridaceae III. A new system of genera in the Old World. *Blumea* 19: 17-52.
- Holtum, R.E. 1981. Thelypteridaceae. In van Steenis, C.G.G.J. and R.E. Holtum (eds.), Flora of Malesiana Series II. I. Lembaga Biologi Nasional Botanic Gardens of Indonesia, Indonesia.
- Iwatsuki, K. 1964. Taxonomy of the Thelypteroid ferns, with special reference to the species of Japan and adjacent region IV. Classification. *Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto*. B 31: 12-40.
- Mickel, J. T. and J.M. Beitel. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.* 46: 1-568.
- Morton, C.V. 1963. The classification of *Thelypteris*. *Amer. Fern J.* 48: 136-142.
- Pichi Sermolli, R.E. 1970. Fragmenta Pteridologiae – II. *Webbia*. 24: 699-722.
- Smith, A.R. and R.B. Cranfill. 2002. Interfamilial relationships of the Thelypteroid ferns (Thelypteridaceae). *Amer. Fern J.* 92: 131-149.
- Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy - The Principles and Practice of Numerical Classification. Freeman and Co., San Francisco.
- Tagawa, M. and K. Iwatsuki. 1988. Thelypteridaceae. In Smitinand, T. and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand. Vol. 3, part 3, pp. 393-435. Chutima Press, Bangkok.
- Vasudeva, S.M. and S.S. Bir. 1993. Pteridophytic Flora of Pachmarhi Hills, Central India-IV (Fern Families: Thelypteridaceae-Marsileaceae). *Indian Fern J.* 10: 172-205.

Conservation and Micropropagation of *Musa balbisiana* 'Kluai Hin'

Nararatn Promsorn¹ and Kamnoon Kanchanapoom²

¹Department of Industrial Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand, ²Department of Biology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand

Lateral and apical buds of banana, *Musa balbisiana* 'Kluai Hin', were cultured on MS (Murashige and Skoog, 1962) medium supplemented with 22 μ M BA and 15% (v/v) CW. The results showed that apical and lateral buds were suitable starting materials. MS medium supplemented with 44 μ M BA and incubated at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ with a 16-h photoperiod for 12 weeks was suitable for micropropagation of 'Kluai Hin' since 21.22 shoots per explant were obtained. Whereas, explants cultured on MS medium supplemented with TDZ differentiated to clusters. The storage of shoots over cotton saturated with 10 g l⁻¹ sucrose and water at 25°C and a 16-h photoperiod could extend the survival time for 6 months. Surviving shoots were transferred to MS medium without plant growth regulators and then rooted normally. Rooted shoots, after acclimatization with vermiculite, had 100% survival when transplanted in the field.

Key words: *Musa balbisiana*, storage, tissue culture

Introduction

Dessert bananas and plantains (cooking bananas) are an important staple food crop in tropical and subtropical countries. Edible bananas evolved from two wild species, *Musa acuminata* Colla and *Musa balbisiana* Colla (Simmonds and Shepherd, 1956). Banana fruit production is limited by many diseases, pests, and traditional propagation methods. *Musa balbisiana* 'Kluai Hin' (BBB group), a leading commercial variety, is so far known only in the lower south of Thailand. It is found to have a sporadic distribution along the Pattani River and hence is facing the risk of losing accessions due to collapse of the river bank. It is propagated vegetatively by suckers and this is not sufficient to overcome the threat of extinction. Recent advances in biotechnology for crop improvement have had a great impact on plant cultivation. The development of tissue culture applications can be utilized for banana improvement and to supply the huge demand for planting materials. *In vitro* storage of plant germplasm is an alternative way to maintain a gene bank of plants that are threatened and for sustainable utilization. Different *in vitro* conservation methods such as cryopreservation, alginate encapsulation, and slow growth have been developed in recent times. Slow growth has been widely employed in bananas to reduce growth and prolong subculture intervals (Van den Houwe et al., 1995). In this communication we describe the usual *in vitro* strategies for propagation of *Musa balbisiana* 'Kluai Hin' by adventitious shoot formation from buds and the storage conditions for axillary bud conservation.

Methodology

1. Plant materials and micropropagation

The suckers of *Musa balbisiana* 'Kluai Hin' were used in this research. Suckers were cut into pieces (20-cm in diameter and 25-cm long) and washed in running water to remove dirt. Suckers were excised by removing the outer layers of tissue until the lateral buds were exposed. Tissue blocks (2 cm²) containing lateral buds were cut off and suckers were further trimmed down to 5-6 cm long. Under aseptic conditions, tissue blocks and a portion containing the apical bud were immersed in 70% ethanol for 30 sec. Then, they were surface sterilized using a dilution of 10% (v/v) Clorox and 2 drops of Tween 20 per 100-ml solution for 15 min., followed by 5% (v/v) Clorox for 10 min. After sterilization, these explants were rinsed 3 times with sterilized distilled water to remove traces of disinfectant. Leaf sheaths were discarded until the diameters of the explants were about 1.5 cm, and then transferred to culture medium.

Apical and lateral buds were aseptically cultured on MS (Murashige and Skoog, 1962) medium supplemented with 22 μM BA and 15% (v/v) coconut water (CW). For rapid shoot multiplication 4.4, 22, 44 μM BA or 0.1, 0.5, 1, 5, 10 μM TDZ in combination with 15% (v/v) CW were used as the plant growth regulators either singly or in combination. All media contained 3% sucrose and was solidified with 0.9% commercial agar. The pH of all media was adjusted to 5.8 with 0.1 N NaOH or 0.1 N HCl prior to autoclaving at 1.05 kg/cm², 121°C for 20 min. All plant materials were cultured in 330 ml screw-topped jars each containing 20 ml of medium. One explant was implanted per culture and 10 cultures were raised for each treatment. Cultures were incubated at 25°C with a 16-h photoperiod under an intensity of 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ from white-fluorescent lamps (Philips 36W/54 Daylight). All experiments were conducted on three different days.

2. Slow growth treatment

The single isolated shoots obtained from the previous experiment were first transferred to MS medium supplemented with 4.4 μM BA for 16 days to heal the cut wound before being used in further experiments. These single shoots were then transferred to 330 ml screw-topped jars containing cotton submerged with 20 ml of distilled water, sucrose, glucose and sorbitol, with each sugar at the concentrations of 10, 30, or 50 g l⁻¹, respectively. A Parafilm M was wrapped around the jar lid to protect the isolated shoot from drying. The jars were stored under the following conditions: 4°C (cold room) and in the dark; 16-h photoperiod at 4°C and 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; 25°C and in the dark; 16-h photoperiod at 25°C and 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. After 6 months storage, stored shoots under the described conditions were transferred to MS medium supplemented with 22 μM BA and cultured for 8 weeks. Shoots from all treatments were taken from the culture vessels and planted in potted soil hereafter. The percentage of shoot survival was calculated for all treatments.

3. Root induction and acclimatization

Isolated shoots with 2-3 leaves from multiple shoots were transferred to MS basal medium for root induction. When adequate shoots and roots were obtained, the plantlets were transferred to 330 ml screw-topped jars containing sterile vermiculite for 2 weeks for hardening. Healthy plantlets were established in potting soils and transferred to the field.

4. Statistical analysis

The experiments were repeated three times according to a completely randomized design (CRD). One-way ANOVA was used to analyze the effect of treatment, and comparisons among specific pairs of treatment mean was made by Duncan's multiple range test (DMRT).

Results

1. Micropropagation

Clonal propagation by adventitious shoot induction was obtained on lateral and apical buds. All buds showed the same morphogenetic responses except for slight variation. After 3-4 weeks on MS medium supplemented with 22 μM BA and 15% CW, bulge buds were halved, transferred to fresh media, and serial subcultures were made every 3 weeks. By successive subculture, masses of proliferating shoot cultures were established. The cytokinin types and concentrations in the culture media dramatically influenced axillary shoot production after 12 weeks of culture. The data are presented in fig. 1. Each tested cytokinin promoted shoot regeneration with the concomitant concentrations used in the medium. Within the concentrations tested, the number of shoots was highest at 44 μM BA (21.22), then at 22 μM BA (15.3), and lowest at 4.4 μM BA (5.44). Although BA at 44 μM gave the highest number of shoot production, it was not significantly better than 22 μM BA. Experiments were conducted to determine in different combinations of BA and 15%CW. The results revealed that CW in combination with BA did not enhance axillary shoot production when compared to BA alone since an average of 12.33 shoots was recorded at 44 μM BA and 15%CW. Furthermore, shoots obtained on MS medium supplemented with CW and BA were larger than BA alone. No root formation was observed in all treatments.

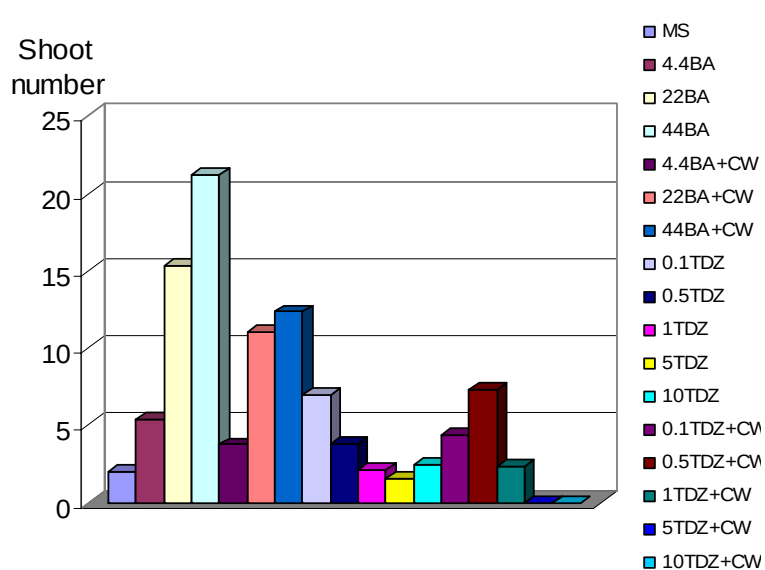


Figure 1. Effects of plant growth regulators on shoot multiplication of 'Kluai Hin'. Bars represent means of shoot number $\pm$ standard error.

2. Slow growth treatment

Sucrose, glucose and sorbitol solutions at 10, 30, or 50 g l⁻¹ were used to test for their ability to cause slow-growth of tissue culture-derived shoots. The results showed that storage of shoots over cotton saturated with sugars and water could extend survival time for 6 months and sucrose was the best

followed by glucose and sorbitol. Our results also showed that 25°C and a 16-h photoperiod were better than 4°C and in the dark (Table 1). The shoots that survived slow-growth storage had greater shoot height than those not exposed to slow-growth. The leaves curled, became yellow and dried during the storage period. After 6 months, these shoots were transferred to fresh MS medium supplemented with 22 μ M BA and cultured for 8 weeks. The survival of shoots incubated on water and 10 g l⁻¹ sucrose was 25% and these shoot developed into plantlets whereas shoots incubated on glucose and sorbitol at all concentrations eventually died (Table 1). The new shoots were transferred to MS medium without plant growth regulators and then rooted normally.

3. Root induction and plant acclimatization

The multiple shoots thus obtained from multiple shoot experiments or slow growth treatment developed roots *per se*. Roots originating from shoots were thick, long and fibrous and easy to handle. When rooted plantlets reached 4 to 5 cm in height, they were transferred to sterile vermiculite for 2 weeks (Fig. 2). These plantlets were then moved to a mixture of manure and soil (1:1). All plants derived from tissue culture survived and grew extremely vigorously and reached a 3 to 4 m height after 4 months cultivation in the glasshouse. Total time from sucker excision to field establishment was about 5 months.

From TDZ experiments, the number of axillary shoots per explant was greater for TDZ at low concentration (0.1 μ M) compared to TDZ at a higher concentration than 0.1 μ M. An increase in TDZ level progressively decreased shoot number and retarded shoot elongation. When CW was incorporated into the TDZ containing medium, explants showed poor shoot multiplication except in the treatment with 0.5 μ M TDZ whereas no shoots were produced at 5 and 10 μ M TDZ. Similarly all TDZ and CW concentrations hindered root growth.

Table 1. Survival rate of 'Kluai Hin' shoots preserved with 0, 1, 3, and 5% sucrose solution under various conditions for 6 months.

Preserved conditions (temperature; °C / photoperiod; h)	Survival (%) at different concentrations of sucrose (%)			
	0	1	3	5
4/0	0	0	0	0
4/16	0	0	0	0
25/0	0	0	0	0
25/16	25	25	0	0



Figure 2. A 'Kluai Hin' plantlet after storage with 10 g l⁻¹ sucrose at 25°C and a 16-h photoperiod for 6 month.

Discussion

TDZ, a synthetic phenylurea derivative, increases shoot formation of several woody plant species more efficiently than adenine derivatives. TDZ explants showed poor shoot multiplication except in treatment with 0.5 μM TDZ whereas no shoots were produced at 5 and 10 μM . Our study indicated that BA, an adenine derivative, induces more shoot multiplication than TDZ suggesting that BA is more suitable for shoot proliferation of *Musa balbisiana* 'Kluai Hin' than TDZ. This result agrees with our previous findings with *Musa balbisiana* 'Kluai Hom Thong' (Kanchanapoom and Chanadang, 2001). TDZ may inhibit shoot elongation due to an apical dominance release that accelerates axillary bud formation and stunts the length of explants (Huetteman and Preece, 1993) and these events were also observed in this study.

The protocol described in this study was effective for medium-term storage. The subculture interval was prolonged up to 6 months. After 6 months, growth was recovered from *in vitro* shoot tip storage in the treatment of water and 10 g l⁻¹ sucrose. This indicates, sucrose allowed the slow growth of stored materials and maintained their viability during storage and subsequent micropropagation. Light regimes did not improve the capacity to the regrowth of *in vitro* shoot tips. Similarly, shoot tip cultures did not tolerate to cold (4°C) treatment during the storage period. These results are in accordance with Banerjee and de Langhe (1985) who were able to keep 25% of meristem tips of 'Cavendish' at reduced temperature and low light intensity. Surviving cultures at 25°C exhibited no carry-over effect of slow growth storage similar to the control in subsequent subcultures. The consistently reduced survival at cold storage suggests that *Musa balbisiana* 'Kluai Hin', of tropical origin, is chilling sensitive and will suffer physical dysfunction when stored below 16°C (Blakesley et al., 1996).

Acknowledgements

This work was financially supported by the TRF/BIOTEC Special Program for the Biodiversity Research and Training grant BRT T_644001. Partial support to NP from the Graduate School, Prince of Songkla University is also acknowledged.

References

- Banerjee, N. and E. de Langhe. 1985. A tissue culture technique for rapid clonal propagation and storage under minimal growth conditions of *Musa* (Banana and plantain). *Plant Cell Rep.* 4: 351-354.
- Blakesley, D., N. Pask, G.G. Henshaw and M.F. Fay. 1996. Biotechnology and the conservation of forest genetic resources; *in vitro* strategies and cryopreservation. *Plant Growth Reg.* 20: 11-16.
- Huetteman, C.A. and J.E. Preece. 1993. Thidiazuron: a potent cytokinin for woody plant tissue culture. *Plant Cell Tiss. Org. =Cult.* 33: 105-119.
- Kanchanapoom, K. and N. Chanadang. 2001. *In vitro* culture of the banana *Musa* (AAA group, 'Gros Michel') 'Kluai Hom Thong' shoot tip. *J ISSAAS* 6(2): 43-52.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Simmonds, N.W. and K. Shepherd. 1956. The taxonomy and origins of cultivated bananas. *J. Linn. Soc. Bot.* 55: 302-312.
- Van den Houwe, I., K. De Smet, H.T. du Monteele and R. Swennen. 1995. Variability in storage potential of banana shoot cultures under medium term storage conditions. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 42: 269-274.

พืชสกุล *Aristida* L. (Poaceae) ในประเทศไทย

วรรณวิภา ไชยสงคราม, ประนอม จันทระโนทัย และ อัจฉรา ธรรมถาวร

ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract: The Genus *Aristida* L. (Poaceae) in Thailand**Wanwipha Chaisongkram, Pranom Chantaranothai and Achra Thamataworn**

Applied Taxonomic Research Center, Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

The genus *Aristida* L. (Poaceae) in Thailand is taxonomically revised. Five species are enumerated: *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis*, *A. culionensis* and *A. cumingiana*. The culm and leaf anatomical characters are useful for species identification such as the shape of culm in transverse section, the arrangement of the vascular bundles, presence or absence of chlorenchymatous tissue between bundle sheath and epidermis, the arrangement of the fibrous group in outer ground tissue, the number of bundle sheath layers, the cells in outer bundle sheath and the size of cell in the inner bundle sheath compare with the outer bundle sheath. The root and seed anatomical data cannot be used to species identification. The pollen can be divided into two groups based on the shape and size: medium size and prolate spheroidal and small size and oblate spheroidal. Numerical study shows that two factors can be explained the variation 67.87%. The characters are highly significant to discriminate between the five groups are the width and the length of leaf sheath, the length of upper glume, lower glume, callus, lateral awn, central awn, anther, lodicule, the width and the length of palea. The chromosome number of the four species are $2n = 33, 44, 55$ and 88 .

Key words: Poaceae, *Aristida*, taxonomy, anatomy, pollen, numerical taxonomy, chromosome**บทนำ**

ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันไปในแต่ละเขต ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแต่ละเขตมีความแตกต่างกัน ประเทศไทยจึงเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะทรัพยากรป่าไม้ โดยพบว่าประเทศไทยมีพืชที่มีท่อลำเลียงประมาณ 12,000 ชนิด จากที่พบทั่วโลกประมาณ 250,000 ชนิด (ประนอม และก่องกานดา, 2543) ในจำนวนนี้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวประมาณ 2,400 ชนิด พืชวงศ์หญ้า (Poaceae) จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีจำนวนสมาชิกมาก ในประเทศไทยพบว่ามีประมาณ 464 ชนิด และพืชสกุล *Aristida* รายงานว่ามี 7 ชนิด (Nanakorn and Norsangsri, 2001) แต่ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับพรรณไม้ของประเทศไทยมีค่อนข้างน้อย การจำแนกพืชวงศ์หญ้าในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง และยังไม่มีการรวบรวมข้อมูลไว้เป็นหนังสือที่สมบูรณ์ อีกทั้งการศึกษาพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทยของพืชวงศ์หญ้ายังไม่เสร็จสมบูรณ์ จึงยังไม่มีรูปวิธานที่ใช้ในการจำแนกพืชวงศ์นี้ ในการศึกษาอนุกรมวิธานพืชจึงยังต้องใช้การอ้างอิงเอกสารจากประเทศเพื่อนบ้านและภูมิภาคใกล้เคียง ซึ่งให้ข้อมูลที่ถูกต้องในระดับหนึ่งเท่านั้น (มณฑล, 2543) การจำแนกพืชวงศ์หญ้าในปัจจุบันมีการศึกษาด้านกายวิภาคศาสตร์ เรณูวิทยา โครโมโซม เพิ่มเติมจากการศึกษาทางด้านสัณฐานวิทยาเพียงด้านเดียว เพื่อช่วยในการจำแนกพืชวงศ์นี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น พืชวงศ์หญ้าหลายชนิดมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษยชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าว (*Oryza sativa* L.) ซึ่งเป็นอาหาร ข้าวโพด (*Zea mays* L.) อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) หญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides* Nash ex Small) ตะไคร้หอม (*Cymbopogon citratus* Stapf) เป็นต้น

วิธีการ

1. สันฐานวิทยา

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพืชที่ศึกษา โดยศึกษาจากตัวอย่างพรรณไม้แห้งจากพิพิธภัณฑ์พืช ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณไม้ในภาคสนามจากสถานที่ต่างๆ ในประเทศไทย บันทึกลักษณะวิสัยและลักษณะที่สำคัญของพืช พร้อมบันทึกภาพถ่าย นำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง บรรยายลักษณะตามหลักอนุกรมวิธานและสร้างรูปวิธานระดับชนิด เก็บรักษาเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้งและตัวอย่างดองไว้ที่พิพิธภัณฑ์พืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. กายวิภาคศาสตร์

ศึกษากายวิภาคศาสตร์ของราก ลำต้น ใบ และเมล็ด โดยนำตัวอย่างพืชที่เก็บจากภาคสนามมาตัดและรักษาสภาพด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนดังกล่าวแล้วมาศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อชั้นผิว และศึกษากายวิภาคศาสตร์ในภาคตัดขวางด้วยกรรมวิธีพาราฟิน โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 กรรมวิธีลอกผิว ล้างชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำ และใช้ใบมีดโกนลอกผิวใบด้านที่ไม่ต้องการออก นำชิ้นตัวอย่างมาย้อมสีด้วยสีซาฟรานิน (safranin) ที่ละลายในน้ำความเข้มข้นร้อยละ 1 ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปแช่ในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 30, 50, 70, 95 และแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ (absolute alcohol) ตามลำดับ เพื่อดึงน้ำออกจากชิ้นตัวอย่าง แล้วแช่ในสารละลายที่เป็นส่วนผสมของแอลกอฮอล์สัมบูรณ์กับไซลีน (xylene) อัตราส่วน 1:1 ทำให้ใสโดยแช่ในไซลีน ผนึกสไลด์โดยใช้ DePeX แล้วนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

2.2 กรรมวิธีพาราฟิน (อัจฉรา, 2538) นำตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการรักษาสภาพเซลล์ไปตัดอากาศออกโดยใช้เครื่องดูดอากาศ (suction pump) ดึงน้ำออกจากตัวอย่างด้วย Tertiary butylalcohol (TBA) ความเข้มข้นระดับ 1 ถึง 5 และ TBA บริสุทธิ์ตามลำดับ แช่ตัวอย่างในสารละลายที่มีส่วนผสมของ paraffin oil และแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ อัตราส่วน 1:1 ฟังตัวอย่างลงในพาราฟินเหลวตั้งทิ้งไว้ให้แข็งแล้วจึงนำไปตัด โดยให้ชิ้นตัวอย่างที่ตัดได้มีความหนา 10-12 ไมโครเมตร ติดลงบนสไลด์โดยนำไปลอยในอ่างเจลาตินผงให้แห้ง เตรียมการย้อมสี (prestaining) โดยแช่ในไซลีน ย้ายไปแช่ในสารละลายที่มีส่วนผสมของไซลีนและแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ในอัตราส่วน 1:1 แล้วจึงนำไปแช่ในแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 และ 70 ตามลำดับ ย้อมด้วยสีซาฟรานินความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ละลายในแอลกอฮอล์ ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำ และดึงน้ำออกจากตัวอย่างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 แล้วย้อมด้วยสีฟาสต์กรีน (fast green) ความเข้มข้นร้อยละ 1 ล้างสีส่วนเกินออกด้วยสารละลายที่มีส่วนผสมของน้ำมันกานพลู (clove oil) แอลกอฮอล์สัมบูรณ์ และไซลีนในอัตราส่วน 2:1:1 จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายที่มีส่วนผสมระหว่างแอลกอฮอล์สัมบูรณ์กับไซลีนอัตราส่วน 1:1 แล้วแช่ในไซลีน ผนึกสไลด์ด้วย DePeX และนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

3. เรณูวิทยา

ศึกษาลักษณะเรณูวิทยาของพืชสกุล *Aristida* จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* โดยการเตรียมเรณูด้วยกรรมวิธีอะซิโตไลซิส แล้วนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

4. อนุกรมวิธานเชิงตัวเลข

ศึกษาอนุกรมวิธานเชิงตัวเลขของพืชสกุล *Aristida* ในประเทศไทย โดยศึกษาลักษณะสันฐานวิทยาของพืชจำนวน 10 ประชากร ประชากรละ 15 ลักษณะ นำมาวัดลักษณะๆ ละ 30 ค่า ลักษณะที่นำมาศึกษา ได้แก่ ความกว้างของแผ่นใบ (blade width, BW) ความยาวของแผ่นใบ (blade length, BL) ความกว้างของกาบใบ (leaf sheath width, LSW) ความยาวของกาบใบ (leaf sheath length, LSL) ความยาวของกาบช่อย่อยล่าง (lower glume length, LGL) ความยาวของกาบช่อย่อยบน (upper glume length, UGL) ความยาวของแคลลัส (callus length, CL) ความยาวของกาบล่าง (lemma length, LL) ความยาวของรยางค์เส้นข้าง (lateral awn length, LAL) ความยาวของรยางค์เส้นกลาง

(central awn length, CAL) ความกว้างของกาบบน (palea width, PW) ความยาวของกาบบน (palea length, PL) ความยาวของอับเรณู (anther length, AL) ความกว้างของกลีบเกล็ด (lodicule width, LOW) และความยาวของกลีบเกล็ด (lodicule length, LOL) สร้างตารางเมตริกซ์ระหว่างค่าคะแนนของทุกลักษณะกับหน่วยการศึกษา วิเคราะห์สถิติโดยการวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for windows version 10

5. โครโมโซม

นำตัวอย่างพืชมาแช่น้ำเพื่อให้รากออกเป็นเวลา 3-5 วัน เลือกปลายรากที่มีสีขาวและมีขนาดใหญ่ ปลายชุ่นเล็กน้อยมาศึกษาด้วยวิธี Feulgen squash (ดัดแปลงจาก Sharma และ Sharma, 1980) ตัดรากยาวประมาณ 5 มม. แช่ในสารละลาย 8-hydroxyquinoline เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แล้วนำมาแช่ในสารละลาย ethanal : acetic อัตราส่วน 3:1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จากนั้นล้างรากด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 2 ครั้ง แล้วเก็บรากไว้ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำรากที่ต้องการศึกษามาทำให้อ่อนนุ่มด้วยกรดเกลือความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10-15 นาที ขึ้นกับชนิดพืช ล้างด้วยน้ำกลั่นให้ปราศจากกรดเกลือ ตัดปลายรากเฉพาะบริเวณที่มีสีขาวชุ่นวางบนสไลด์ แล้วหยดสี Aceto orcein นาน 20-30 นาที ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วใช้ปลายดินสอเคาะเบาๆ ที่กระจกปิดสไลด์บริเวณที่มีปลายรากอยู่ เพื่อให้เซลล์แยกออกจากกันได้ดี แล้วนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงพร้อมถ่ายภาพ

ผลการวิจัย

1. สันฐานวิทยา

จากการศึกษาลักษณะสันฐานวิทยาพืชสกุล *Aristida* สามารถเก็บตัวอย่างพรรณไม้ได้จำนวน 5 ชนิด คือ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* และบรรยายลักษณะทางสันฐานวิทยา พบว่า พืชสกุลนี้มีลักษณะทางสันฐานวิทยาดังนี้ ลักษณะวิสัย แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ (1) หญ้าหลายปี ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis* และ *A. culionensis* (2) หญ้าปีเดียว ได้แก่ *A. cumingiana* เจริญเป็นกอแน่นหรือหลวม ส่วนใหญ่มีเหง้า ยกเว้น *A. cumingiana* ไม่มีเหง้า ลำต้น ส่วนใหญ่พืชที่พบมีลำต้นรูปร่างกลม ตั้งตรงไม่แตกกิ่ง ยกเว้น *A. adscensionis* และ *A. cumingiana* มีรูปร่างรี ลำต้นโค้งเล็กน้อยและแตกกิ่ง ส่วนใหญ่ผิวลำต้นบริเวณปล้องเรียบเกลี้ยง ยกเว้น *A. cumingiana* มีหนาม ไม่มีหนวล ผิวลำต้นบริเวณข้อไม่มีขน กาบใบ โอบรอบลำต้นเนื้อหยาบ ด้านหลังใบเรียบและมัน ส่วนใหญ่ด้านท้องใบมีหนาม ยกเว้น *A. balansae* และ *A. culionensis* เกลี้ยง ลิ่นใบมีลักษณะเป็นแถบขนสีขาว คอใบส่วนใหญ่ไม่มีขน ยกเว้น *A. chinensis* และ *A. culionensis* มีขนสีขาว เขี้ยวใบ มีขนสีขาว แผ่นใบแบน เนื้อหยาบ รูปแถบแคบ ด้านหลังใบเป็นริ้ว มีขนสาก ส่วนใหญ่ด้านท้องใบเกลี้ยง ยกเว้น *A. adscensionis* และ *A. chinensis* ด้านท้องใบมีหนาม ขอบใบมีหนาม แผ่นใบเมื่อแห้งม้วนขึ้น ยกเว้น *A. cumingiana* แผ่นใบพับครึ่ง เส้นใบชัดเจน 3 เส้น ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. chinensis* และ *A. cumingiana* เส้นใบ 1 เส้น ได้แก่ *A. balansae* และเส้นใบไม่ชัดเจน ได้แก่ *A. culionensis* ช่อดอก สามารถแบ่งช่อดอกออกเป็น 4 แบบ คือ ช่อดอกแบบช่อแยกแขนงแคบ ก้านช่อดอกย่อยเรียงตัวห่างกัน ได้แก่ *A. adscensionis* ช่อดอกแบบช่อแยกแขนงแคบ ก้านช่อดอกย่อยเรียงตัวชิดกัน ได้แก่ *A. balansae* ช่อดอกแบบช่อแยกแขนงกว้าง ก้านช่อดอกย่อยเรียงตัวห่างกัน ได้แก่ *A. chinensis* และ *A. cumingiana* และช่อดอกแบบช่อแยกแขนงกว้าง ก้านช่อดอกย่อยเรียงตัวคล้ายเป็นกระจุกรอบข้อ ได้แก่ *A. culionensis* ช่อดอกย่อย ประกอบด้วยดอกย่อยจำนวน 1 ดอก สมบูรณ์เพศ เมื่อแก่ดอกย่อยจะร่วงเหลือเฉพาะกาบช่อดอก กาบช่อดอก สามารถแบ่งพืชที่พบออกเป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากขนาดของกาบช่อดอกบนเปรียบเทียบกับขนาดของกาบช่อดอกล่าง ดังนี้คือ (1) กาบช่อดอกบนยาวกว่ากาบช่อดอกล่าง ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* และ (2) กาบช่อดอกบนสั้นกว่ากาบช่อดอกล่าง ได้แก่ *A. chinensis* กาบช่อดอกล่าง ติดทน มีเส้นใบ 1 เส้น ด้านท้องใบมีหนาม หนาแน่นที่เส้นกลางใบ สีน้ำตาลอ่อนหรือสีม่วง ปลายแหลม

ได้แก่ *A. adscensionis* และ *A. chinensis* ปลายมีติ่งหนาม ได้แก่ *A. cumingiana* ปลายมีรยางค์ยาว 1 เส้น ได้แก่ *A. balansae* บางชนิดมีปลายแหลมหรือมีติ่งหนาม ได้แก่ *A. culionensis* กาบช่อย่อยบน ติดทน มีเส้นใบ 1 เส้น ส่วนใหญ่ด้านท้องใบมีหนาม ยกเว้น *A. culionensis* ด้านท้องใบเกลี้ยง และ *A. cumingiana* มีหนามเฉพาะใกล้ส่วนปลาย ปลายแหลม ได้แก่ *A. cumingiana* ปลายมีติ่งหนาม ได้แก่ *A. adscensionis* และ *A. chinensis* ปลายมีรยางค์ยาว 1 เส้น ได้แก่ *A. balansae* บางชนิดปลายแหลมหรือมีติ่งหนาม ได้แก่ *A. culionensis* กาบล่าง รูปหอก ปลายแยกเป็นรยางค์ 3 เส้น บางชนิดกาบล่างบิดเป็นเกลียวก่อนแยกเป็นรยางค์ 3 เส้น ได้แก่ *A. balansae* และ *A. culionensis* แคลลัสมีขนสีขาวยาว 0.5-2 มม. กาบบน เนื้อหยาบ รูปไข่ ปลายมน กลีบเกล็ด เนื้อบางใส รูปไข่แคบหรือรูปรี จำนวน 2 กลีบ อับเรณู มี 2 พู สีเหลืองหรือสีน้ำตาล ก้านชูอับเรณูติดกับอับเรณูที่ฐาน จำนวน 3 อัน รังไข่ รูปรีแคบ ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็น 2 แฉก มีขนคล้ายขนนก ผล รูปทรงกระบอก ปลายทั้งสองด้านแหลม (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1. ลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชสกุล *Aristida* ในประเทศไทย; ก) *A. adscensionis* ข) *A. balansae* ค) *A. chinensis* ง) *A. culionensis* และ จ) *A. cumingiana*

1.1 การกระจายพันธุ์

การกระจายพันธุ์ของพืชสกุลนี้ แบ่งตามเขตพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย พบว่า พืชสกุลนี้มีการกระจายพันธุ์ในแต่ละภาคต่างๆ ดังนี้ ภาคเหนือ ได้แก่ *A. balansae*, *A. chinensis* และ *A. cumingiana* ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis* และ *A. cumingiana* ภาคตะวันออก ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* ภาคตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae* และ *A. chinensis* ภาคกลาง ได้แก่ *A. balansae* ภาคตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae* และ *A. chinensis* ภาคใต้ ได้แก่ *A. culionensis*

1.2 นิเวศวิทยา

ลักษณะนิเวศวิทยาของพืชสกุล *Aristida* พบพืชกระจายพันธุ์ในป่าเต็งรัง ที่โล่งริมถนน และบริเวณพื้นที่แห้งแล้งหรือบริเวณลานหิน พบได้ทั้งระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 0-1,300 เมตร ออกดอกและติดผลระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนมกราคม

2. กายวิภาคศาสตร์

จากการศึกษากายวิภาคศาสตร์ของราก ลำต้น ใบ และเมล็ด โดยการลอกผิว การตัดตามยาว และการตัดตามขวางด้วยกรรมวิธีฟาราฟิน พบลักษณะกายวิภาคศาสตร์ดังนี้

2.1 ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของราก

ราก ภาคตัดขวางมีรูปร่างกลมหรือเกือบกลม เนื้อเยื่อชั้นผิว ส่วนใหญ่เซลล์เนื้อเยื่อชั้นผิวภาคตัดขวางมีรูปร่างไม่แน่นอน ยกเว้น *A. chinensis* และ *A. culionensis* ซึ่งมีรูปสี่เหลี่ยมทรงสูง มีขนเซลล์เดี่ยว ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง เนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของสตีล ประกอบด้วยเซลล์เส้นใบ สตีล มีมัดท่อลำเลียงที่มีไซเล็มเรียงเป็นแนกหลายแนก

โพลีเอมมอยู่สลับกับไซเล็ม เซลล์พาเรงคิมาในโพโรไซเล็มของ *A. chinensis* มีสารสะสมภายใน เนื้อเยื่อพื้น เนื้อเยื่อพื้นตอนนอกแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เนื้อเยื่อชั้นนอกของคอร์เท็กซ์ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีผนังเซลล์ด้านในที่ขนานกับเนื้อเยื่อชั้นผิวหนา ส่วนใหญ่เซลล์มีรูปร่างรีถึงเกือบกลม ยกเว้น *A. culionensis* มีรูปร่างหลายเหลี่ยมปนรูปรีบริเวณถัดเข้ามาประกอบด้วยเซลล์สเกลอเรงคิมา 2-3 แถว ยกเว้น *A. culionensis* และ *A. cumingiana* เป็นเซลล์พาเรงคิมา และบริเวณติดกับเนื้อเยื่อชั้นในสุดของคอร์เท็กซ์ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาหรือเซลล์แอเรงคิมา มีโพรงอากาศขนาดใหญ่ เนื้อเยื่อชั้นในสุดของคอร์เท็กซ์ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา จำนวน 1 แถว รูปร่างรีนอน มีการพอกหนาที่ผนังเซลล์ด้านในที่ขนานกับเนื้อเยื่อชั้นผิวคล้ายอักษรยู ยกเว้น *A. culionensis* มีการพอกหนาเป็นครึ่งหนึ่งของผนังเซลล์ด้านรัศมี เนื้อเยื่อพื้นตอนใน ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา *A. adscensionis* มีสารสะสมภายใน

2.2 ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของลำต้น

ลำต้น ภาคตัดขวางมีรูปรี รูปร่างกลม และรูปรีมีสันโค้ง ผิวเคลือบคิวทินชัดเจน เนื้อเยื่อชั้นผิว จากการลอกผิว เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวที่บริเวณเหนือกลุ่มเซลล์เส้นใย เซลล์ยาว รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวขนานกับเส้นกลางใบเว้าเป็นคลื่น ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวตั้งฉากกับเส้นกลางใบเรียบ เซลล์สั้น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าปนสี่เหลี่ยมขอบหยัก บางเซลล์สะสมผลึกซิลิการูปกระดูกหรือรูปดัมเบล บริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใย เซลล์ยาว รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวขนานกับเส้นกลางใบเว้าเป็นคลื่น ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวตั้งฉากกับเส้นกลางใบเรียบ ยกเว้น *A. adscensionis* ผนังเซลล์เว้าเป็นคลื่น เซลล์สั้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบน้อยที่มีการสะสมผลึกซิลิกา ภาคตัดขวางเซลล์ที่บริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใยรูปรีนอน ส่วนใหญ่มีขนาดใกล้เคียงกับเซลล์ที่บริเวณเหนือกลุ่มเซลล์เส้นใย ยกเว้น *A. balansae* และ *A. cumingiana* ที่มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ที่บริเวณกลุ่มเซลล์เส้นใย ปากใบแบบพาราไซติก อยู่ระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว เรียงเป็น 1-2 แถว เซลล์ข้างเซลล์คุมจากการลอกผิว รูปโดมหรือรูปสามเหลี่ยม ภาคตัดขวางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไทรโคม มี 2 แบบ ได้แก่ แบบขนขนาดเล็ก และแบบหนาม แบบขนขนาดเล็กส่วนใหญ่ประกอบด้วย 2 เซลล์ ยกเว้น *A. chinensis* และ *A. culionensis* มีขนขนาดเล็กเซลล์เดียว กระจายอยู่บริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใย *A. adscensionis*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* มีไทรโคมแบบหนามเกิดจากผิวกระจายอยู่ที่บริเวณเหนือกลุ่มเซลล์เส้นใย ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง มีมัดท่อลำเลียงเรียงตัว 1-2 วง ตามเส้นรอบวง ยกเว้น *A. culionensis* เรียงตัวกระจัดกระจาย ส่วนใหญ่มีมัดท่อลำเลียงวงในเป็นมัดท่อลำเลียงขนาดใหญ่ มีเยื่อหุ้มท่อลำเลียง 1 ชั้น ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา ผนังเซลล์หนา บางชนิดมีเซลล์คลอเรงคิมา 2 ชั้น อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มท่อลำเลียงกับเนื้อเยื่อชั้นผิว ได้แก่ *A. adscensionis* มีเฉพาะที่ติดกับมัดท่อลำเลียงวงนอก และ *A. cumingiana* มีเฉพาะมัดท่อลำเลียงที่อยู่บริเวณสันเนื้อเยื่อพื้น เนื้อเยื่อพื้นตอนนอกมีกลุ่มเซลล์เส้นใยเรียงตัวสลับกับมัดท่อลำเลียงหรือเรียงตัวเป็นแถบยื่นเข้าไปยังบริเวณกลางลำต้น *A. chinensis* มีกลุ่มเซลล์เส้นใยเจริญเชื่อมมัดท่อลำเลียงวงนอกแต่ละมัดเป็นวงตามแนวเส้นรอบวง เนื้อเยื่อพื้นส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา ขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นตามลำดับเมื่อเข้าไปใกล้บริเวณกลางลำต้น *A. adscensionis* และ *A. chinensis* ใส่ไม้กลวง

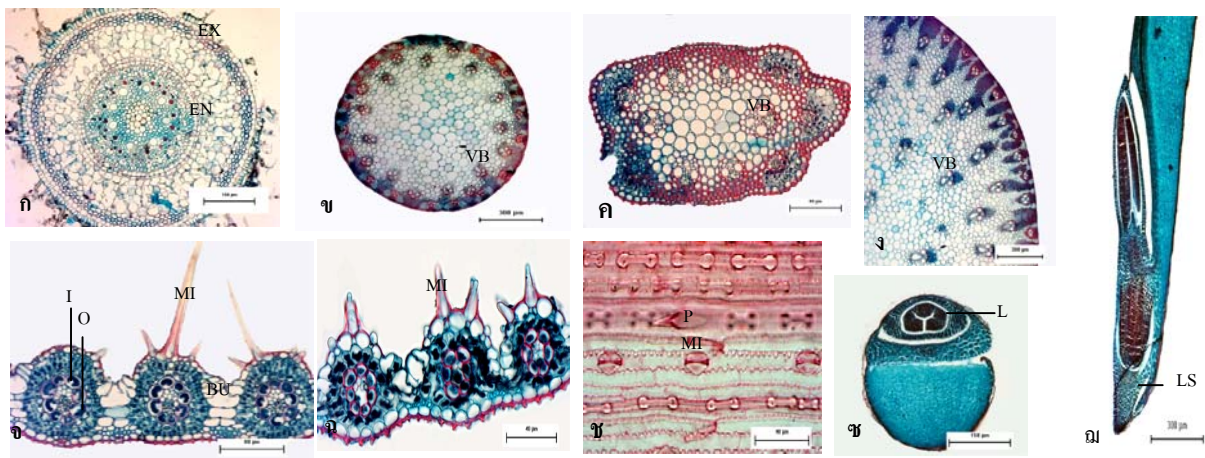
2.3 ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบ

แผ่นใบ มีผิวเคลือบคิวทินชัดเจน เนื้อเยื่อชั้นผิว เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่างจากการลอกผิวบริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใย เซลล์ยาว รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวขนานกับเส้นกลางใบเว้าเป็นคลื่น ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวตั้งฉากกับเส้นกลางใบเรียบ ได้แก่ *A. adscensionis* และ *A. balansae* ผนังเซลล์เว้าเป็นคลื่น ได้แก่ *A. chinensis*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* ส่วนใหญ่มีเซลล์สั้น ยกเว้น *A. adscensionis* และ *A. cumingiana* ไม่มี เซลล์สั้นบางเซลล์สะสมผลึกซิลิการูปกระดูก บริเวณเหนือกลุ่มเซลล์เส้นใย เซลล์ยาว รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวขนานกับเส้นกลางใบเว้าเป็นคลื่น ผนังเซลล์ด้านที่วางตัวตั้งฉากกับเส้นกลางใบเรียบ เรียงเป็น 1-2 แถว สลับกับแถวของเซลล์สั้น เซลล์สั้น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าปนรูปสี่เหลี่ยมขอบหยัก บางเซลล์สะสมผลึกซิลิการูปกระดูก หรือรูปดัมเบล ภาคตัดขวาง ผิวใบด้านล่างเรียบหรือโค้งเป็นสันเล็กน้อย เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวที่บริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใย มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ที่อยู่บริเวณเหนือกลุ่มเซลล์เส้นใย ผิวใบด้านบนโค้งเป็นสันชัดเจน เซลล์ที่บริเวณสันรูปร่าง

กลมถึงรูปรี เซลล์ที่บริเวณร่องเป็นเซลล์ย่น จำนวน 5-7 เซลล์ เรียงตัวคล้ายรูปพัดป็นรูปสมมาตร ยกเว้น *A. cumingiana* เรียงตัวคล้ายรูปสมมาตร ปากใบแบบพาราไซติก อยู่ระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว เซลล์ข้างเซลล์คุมจากการลอกผิวใบ รูปโดมป็นรูปสามเหลี่ยม ภาคตัดขวาง รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไทรโคม มี 3 แบบ ได้แก่ แบบขนขนาดเล็ก แบบขนขนาดใหญ่ และแบบหนามเกิดจากผิว แบบขนขนาดเล็ก ประกอบด้วย 2 เซลล์ กระจายอยู่บริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใย แบบขนขนาดใหญ่เป็นขนเซลล์เดี่ยว กระจายอยู่เฉพาะที่ผิวใบด้านบน และแบบหนามเกิดจากผิว กระจายอยู่บริเวณเหนือกลุ่มเซลล์เส้นใย และบริเวณขอบใบ ยกเว้น *A. culionensis* กระจายอยู่เฉพาะบริเวณขอบใบ และ *A. balansae* กระจายอยู่บริเวณระหว่างกลุ่มเซลล์เส้นใย ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง มัดท่อลำเลียงวางตัวตามความกว้างของใบ ส่วนใหญ่เป็นมัดท่อลำเลียงขนาดเล็ก มัดท่อลำเลียงขนาดใหญ่อยู่บริเวณกลางใบ และบริเวณติดกับมัดท่อลำเลียงมัดสุดท้าย เยื่อหุ้มท่อลำเลียงมี 2 ชั้น ยกเว้น *A. cumingiana* มี 1 ชั้น ประกอบด้วย เซลล์พาเรงคิมา เยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นในประกอบด้วยเซลล์คลอเรงคิมา ผนังเซลล์หนา มีขนาดเซลล์ใหญ่กว่าเซลล์ในเยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นนอก ยกเว้น *A. balansae* มีขนาดใกล้เคียง เยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นนอกของ *A. chinensis* และ *A. culionensis* ประกอบด้วยเซลล์คลอเรงคิมา ส่วน *A. adscensionis* และ *A. balansae* ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา เนื้อเยื่อพื้น มีไซฟิลล์ประกอบด้วยเซลล์คลอเรงคิมารูปแท่ง จำนวน 1-2 ชั้น เรียงตัวล้อมรอบมัดท่อลำเลียงตามแนวรัศมี มีกลุ่มเซลล์เส้นใยบริเวณบนและล่างของมัดท่อลำเลียงและบริเวณระหว่างมัดท่อลำเลียงแต่ละมัด ยกเว้น *A. cumingiana* มีกลุ่มเซลล์เส้นใยบริเวณบนและล่างของมัดท่อลำเลียงบริเวณกลางใบเท่านั้น บริเวณด้านล่างของเซลล์ย่นมีเซลล์พาเรงคิมา 1-12 เซลล์

2.4 ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของเมล็ด

จากการตัดตามยาวมีใบเลี้ยงลักษณะเรียวยาว ส่วนล่างของใบเลี้ยงแยกเป็นอิสระจากเนื้อเยื่อหุ้มรากแรกเกิด ไม่มีอิมบิลาสต์ ภาคตัดขวางใบปฐมภูมิไม่มีมัดท่อลำเลียง 3-5 มัด ขอบใบจรดกัน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2. ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของราก; ก. *A. chinensis* ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของลำต้น; ข. *A. balansae* ค. *A. cumingiana* ง. *A. culionensis* ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของใบ; จ. *A. chinensis* ฉ. *A. cumingiana* ใบจากการลอกผิว; ข. *A. adscensionis* และ ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของเมล็ด ข.-ฉ. *A. adscensionis* (BU = เซลล์ย่น EN = เนื้อเยื่อชั้นในสุดของคอร์เทกซ์ EX = เนื้อเยื่อชั้นนอกของคอร์เทกซ์ I = เยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นใน L = ใบปฐมภูมิ LS = ส่วนล่างของใบเลี้ยง MI = ขนขนาดเล็ก O = เยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นนอก P = หนามเกิดจากผิว)

3. เรณูวิทยา

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรณู โดยการเตรียมเรณูด้วยกรรมวิธีอะซิโตนไลซิส แล้วนำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้ ลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูของพืชทุกชนิดที่มีลักษณะร่วมกันคือ เรณูเป็นเม็ดเดี่ยว สมมาตรแบบด้านข้าง มีขั้วแบบ heteropolar มีช่องเปิดแบบ monoporate มีสันเป็นวงแหวนรอบรู มีฝาปิดรูปเปิด มีลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ scabrate พืชทุกชนิดมีเรณูขนาดกลาง (21-33 ไมโครเมตร) ยกเว้น *A. cumingiana* มีเรณูขนาดเล็ก (17-26

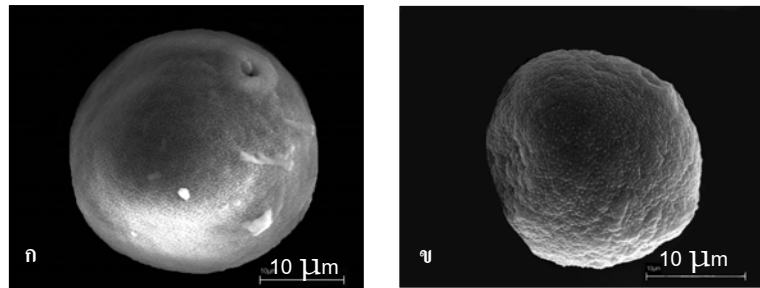
ไมโครเมตร) รูปร่างของเรณูมี 2 แบบ คือ (1) แบบ oblate spheroidal ได้แก่ *A. cumingiana* และ (2) แบบ prolate spheroidal ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis* และ *A. culionensis* ความหนาของผนังชั้นนอก โดยชนิดที่มีผนังหนาที่สุด คือ *A. cumingiana* รองลงมาคือ *A. chinensis*, *A. balansae*, *A. culionensis* ตามลำดับ และ *A. adscensionis* มีผนังชั้นนอกบางที่สุด (ภาพที่ 3)

4. อณุกรมวิชาเชิงตัวเลข

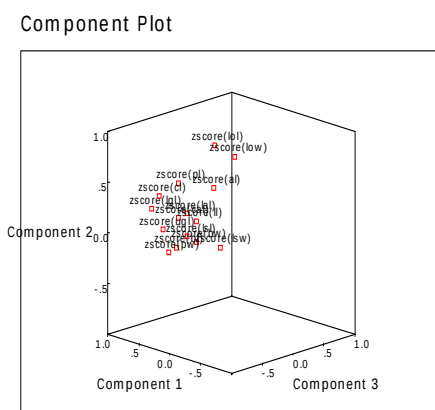
จากการศึกษาอณุกรมวิชาเชิงตัวเลขของลักษณะทางสัณฐานวิทยาพืชสกุล *Aristida* ในประเทศไทย จำนวน 10 ประชากร ลักษณะที่ศึกษาจำนวน 15 ลักษณะ โดยการวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ปัจจัย จากการสกัดปัจจัย พบว่ามีเพียง 2 ปัจจัยก็สามารถอธิบายความผันแปรรวมของข้อมูลทั้งหมดได้ 67.871% โดยปัจจัยที่ 1 สามารถอธิบายความผันแปรของลักษณะที่ศึกษาได้ 56.123% ประกอบด้วย ความกว้างของแผ่นใบ ความยาวของแผ่นใบ ความกว้างของกาบใบ ความยาวของกาบใบ ความยาวของกาบช่อย่อยล่าง ความยาวของกาบช่อย่อยบน ความยาวของแคลลัส ความยาวของกากล้าง ความยาวของรยางค์เส้นข้าง ความยาวของรยางค์เส้นกลาง ความกว้างของกาบบน ความยาวของกาบบน และความยาวของอับเรณู และปัจจัยที่ 2 สามารถอธิบายความผันแปรของลักษณะที่ศึกษาได้ 11.748% ประกอบด้วย ความยาวและความกว้างของกลีบเกล็ด (ภาพที่ 4)

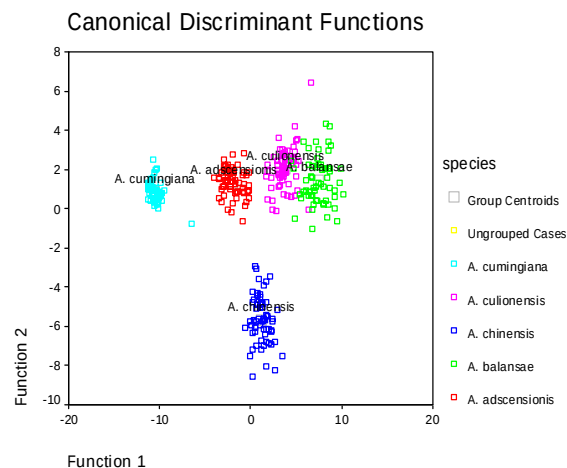
4.2 การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม จากการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มเมื่อกำหนดประชากรที่ศึกษาเป็น 5 กลุ่ม ได้ผลการจำแนกกลุ่มโดยรวมที่มีความถูกต้อง 100% จากแผนภาพการกระจายของประชากรสามารถกำหนดกลุ่มได้ 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ *A. adscensionis* กลุ่มที่ 2 คือ *A. balansae* กลุ่มที่ 3 คือ *A. chinensis* กลุ่มที่ 4 คือ *A. culionensis* และกลุ่มที่ 5 คือ *A. cumingiana* จากการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มของประชากร 10 ประชากร โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มตามชนิด โดยพิจารณาจากลักษณะสัณฐานวิทยา 15 ลักษณะ พบว่า ลักษณะที่เหมาะสมในการจำแนกชนิดของพืชสกุล *Aristida* ในประเทศไทย จำนวน 11 ลักษณะ ได้แก่ ความกว้างของกาบใบ ความยาวของกาบใบ ความยาวของกาบช่อย่อยบน ความยาวของกาบช่อย่อยล่าง ความยาวของแคลลัส ความยาวของรยางค์เส้นข้าง ความยาวของรยางค์เส้นกลาง ความกว้างของกาบบน ความยาวของกาบบน ความยาวของอับเรณู และความยาวของกลีบเกล็ด (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 3. ลักษณะเรณูวิทยา; ก. *A. culionensis* และ ข. *A. cumingiana*



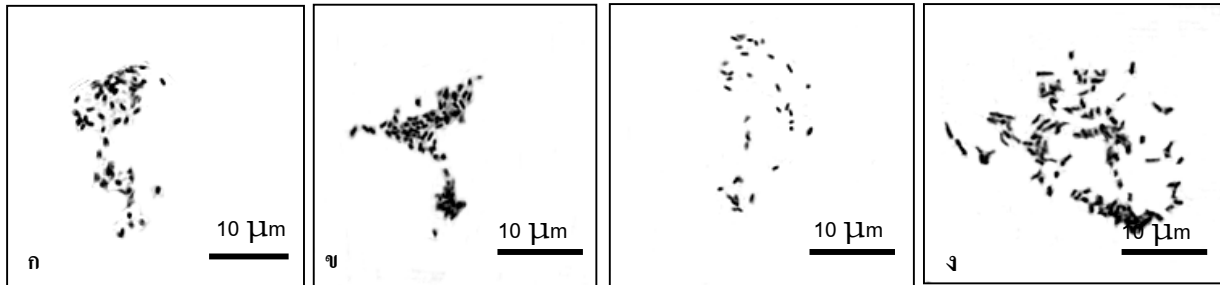
ภาพที่ 4. แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของตัวแปรในแต่ละแกนปัจจัย



ภาพที่ 5. แผนภาพผลการวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม

6. โครโมโซม

จากการศึกษาจำนวนโครโมโซมของพืชสกุล *Aristida* โดยศึกษาจากปลายราก ผลการศึกษามีดังนี้ *A. adscensionis* มีจำนวนโครโมโซม $2n = 44$, *A. balansae* มีจำนวนโครโมโซม $2n = 55$, *A. chinensis* มีจำนวนโครโมโซม $2n = 33$ และ *A. culionensis* มีจำนวนโครโมโซม $2n = 88$ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6. จำนวนโครโมโซม; ก. *A. adscensionis* $2n = 44$ ข. *A. balansae* $2n = 55$ ค. *A. chinensis* $2n = 33$ และ ง. *A. culionensis* $2n = 88$

บทสรุป

จากการศึกษาอนุกรมวิธานพืชสกุล *Aristida* ในประเทศไทย พบพืช 5 ชนิด ได้แก่ *A. adscensionis*, *A. balansae*, *A. chinensis*, *A. culionensis* และ *A. cumingiana* ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของลำต้นและใบสามารถนำมาใช้ในการระบุชนิด ได้แก่ รูปร่างในภาคตัดขวางของลำต้น การเรียงตัวของมัดท่อลำเลียง การมีหรือไม่มีเซลล์คลอเรณิมที่อยู่ติดกับโพลเอ็มของมัดท่อลำเลียงวงนอก การเรียงตัวของกลุ่มเซลล์เส้นใยในเนื้อเยื่อพื้นตอนนอก จำนวนชั้นของเยื่อหุ้มท่อลำเลียง เซลล์ในเยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นนอก ขนาดของเซลล์ในเยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นในเปรียบเทียบกับเซลล์ในเยื่อหุ้มท่อลำเลียงชั้นนอก ส่วนลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของรากและเมล็ดไม่สามารถใช้ในการระบุชนิดพืชที่ศึกษาได้ เรณูของพืชที่ศึกษาเป็นเม็ดเดี่ยว ช่องเปิดแบบ monoporate มีสันเป็นวงแหวนรอบรู ขนาดกลางถึงขนาดเล็ก รูปร่างแบบ oblate spheroidal และแบบ prolate spheroidal สามารถจำแนกพืชที่ศึกษาเป็น 2 กลุ่มโดยพิจารณาจากขนาดและรูปร่างของเรณู คือ กลุ่มที่มีเรณูขนาดกลางและมีรูปร่างแบบ prolate spheroidal และกลุ่มที่มีเรณูขนาดเล็กและมีรูปร่างแบบ oblate spheroidal การวิเคราะห์ปัจจัย พบว่า มีเพียง 2 ปัจจัยก็สามารถอธิบายความผันแปรรวมได้ 67.87% การวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มเมื่อกำหนดประชากรที่ศึกษาเป็น 5 กลุ่ม พบว่า ลักษณะที่ช่วยในการจำแนกพืชที่ศึกษาได้มากที่สุดมี 11 ลักษณะ คือ ความกว้างของกาบใบ ความยาวของกาบใบ ความยาวของกาบข้อ ย่อยบน ความยาวของกาบข้อย่อยล่าง ความยาวของแคลลัส ความยาวของรยางค์เส้นข้าง ความยาวของรยางค์เส้นกลาง ความกว้างของกาบบน ความยาวของกาบบน ความยาวของอับเรณู และความยาวของกลีบเกล็ด และจำนวนโครโมโซมของพืชที่ศึกษา $2n = 33, 44, 55$ และ 88

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_146010

เอกสารอ้างอิง

- ประนอม จันทรโนทัย และก่องกานดา ชยามฤต. 2543. การศึกษาด้านพืช. ใน: บทความปริทัศน์งานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย. วิสุทธิ์ ไบไม้ (บรรณาธิการ). Work Press Printing กรุงเทพฯ.
- มณฑล นอแสงศรี. 2543. พืชวงศ์หญ้าในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาชีววิทยาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัจฉรา ธรรมถาวร. 2538. คู่มือการทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชโดยกรรมวิธีพาราฟิน. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.
- Nanakorn, W. and M. Norsangsri. 2001. Species Enumeration of Thai Gramineae. Herbarium Queen Sirikit Botanic Garden, Thailand.
- Sharma, A.K. and A. Sharma. 1980. Chromosome Techniques, Theory and Practice, 3rd ed. Butterworth, London.

อนุกรมวิธานของพืชเผ่าย่อย *Justiciinae* (Acanthaceae) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

มลฤดี สารวิจิตร, ประพนธ์ จันทธานนท์ และ อัจฉรา ธรรมถาวร

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract: Taxonomy of Subtribe Justiciinae (Acanthaceae) in Northeastern Thailand**Molruedee Sarawichit, Pranom Chantaranothai and Achra Thammathaworn**

Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

A taxonomic study of subtribe Justiciinae in northeastern Thailand has been conducted between February 2002 to January 2004. Plant specimens were collected and studied. Three genera and 18 species are enumerated; *Justicia adhatoda*, *J. betonica*, *J. cochinchinensis*, *J. diffusa*, *J. gendarussa*, *J. kampoiana*, *J. modesta*, *J. procumbens*, *J. quadrifaria*, *J. remotifolia*, *J. stolonifera*, *J. ventricosa*, *J. sp.1*, *J. sp.2*, *J. sp.3*, *J. sp.4*, *Rhinacanthus nasutus* and *Rungia pectinata*. Keys to genera and species are provided. Acetolysed pollen of 15 species was investigated by using both light microscopy and scanning electron microscopy. Pollen of the subtribe is monad, prolate, bicolporate, biporate, tricolpate or tricolporate and large size with foveolate, microreticulate or reticulate sculpturing. Sculpturing of seed patterns are rugulose-alveolate, rugulose-tuberculate, round-tuberculate, sparsely tuberculate, hispid or stellate-like and sculpturing of jaculator patterns are tuberculate or spindle-shaped. Anatomy of epidermis was investigated by the peeling method. Type of trichome, epidermal cell wall, present or absent of stomata and present or absent of cystolith were found can be used to support the classification of this subtribe.

Key words: Justiciinae, taxonomy, key**บทนำ**

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางพรรณพืชสูงมากประเทศหนึ่ง เนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น พื้นที่ป่าจึงเป็นป่าเขตร้อนชื้นซึ่งเป็นแหล่งที่อุดมสมบูรณ์และเอื้ออำนวยให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากมาย ประมาณการว่าทรัพยากรทางพรรณพืชในประเทศไทยมีประมาณ 15,000 ชนิด (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2539) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าทรัพยากรทางพรรณพืชที่หลากหลายของไทยนั้น มีพืชที่นำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนพืช 10,000 ชนิด ทำให้เกิดคำถามขึ้นว่า แล้วทรัพยากรทางพรรณพืชชนิดอื่นๆ ของประเทศอีกกว่า 9,000 ชนิดนั้น (รัชชชัย, 2532) ไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม เกษตกรรม อุตสาหกรรม ฯลฯ หรืออย่างไร หรือว่าเรายังไม่รู้จักระบบทรัพยากรทางพรรณพืชของบ้านเราดีพอ จึงทำให้ยังขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชนิดและคุณสมบัติของพืชที่อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ได้

พรรณไม้ในเผ่าย่อย *Justiciinae* วงศ์ *Acanthaceae* ในประเทศไทยมี 3 สกุล 51 ชนิด (Hansen, 1984) ลักษณะวิสัย เป็นไม้พุ่มหรือไม้ล้มลุก ขอบวอมพอง กลีบดอกรูปปากเปิด กลีบด้านบนมี 2 กลีบ ด้านล่างมี 3 กลีบ มีเกสรเพศผู้ที่สมบูรณ์ 2 อัน แต่ละอันมีอับเรณู 2 พู และพู่ล่างมีเดือย พรรณไม้ในเผ่าย่อยนี้บางชนิดมีคุณค่าทางเศรษฐกิจและบางชนิดนำมาใช้ประโยชน์ในการทำยาสมุนไพร เช่น ในตำรายาไทยใช้ใบเสนียด (*Justicia adhatoda*) ห้ามเลือด รากเป็นยาบำรุงปอด รักษาอาการไอ และวัณโรค ในประเทศอินเดีย เนปาล ปากีสถาน และศรีลังกา ใช้ใบรักษาโรคดีซ่าน โรคหืดหอบ ไล่ไข้ รักษาโรคไขข้ออักเสบ โรคแผลในกระเพาะอาหาร ใช้รากรักษาโรคหนองใน ใช้มาลาเรีย เป็นยาถ่ายพยาธิ ใช้ดอกรักษาอาการไอ เป็นไข้ โรคหนองใน บำรุงโลหิต ใช้ผลรักษาโรคชัก เป็นหวัด โรคอุจจาระร่วง เป็นต้น (Claeson et al., 2000) ในตำรายาไทยใช้ใบทองพันชั่ง (*Rhinacanthus nasutus*) รักษาโรคผิวหนัง กลากเกลื้อนและไอบีเป็นเลือด (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2539) ในประเทศมาเลเซียใช้รากทองพันชั่งบดเป็นผงผสมกับน้ำส้มสายชูหรือแอลกอฮอล์ใช้รักษาโรคเรื้อรัง ชาวอินเดียใช้ดอกและใบอ่อนของทองพันชั่งผสมกับน้ำส้มสายชู

รักษาโรคผิวหนัง ในประเทศมาเลเซียใช้รากสันพร้ามอญ (*J. gendarussa*) รักษาโรคไขข้ออักเสบและไอเป็นเลือด ใช้ใบรักษาไข้มาลาเรีย โรคหืด เป็นต้น (Wiert, 2000) และยังมีพืชในเผ่าย่อยนี้อีกหลายชนิดที่ยังไม่ทราบคุณสมบัติ จากการรวบรวมเอกสารและศึกษาพรรณไม้ในพิพิธภัณฑ์พืชที่มีในประเทศไทย พบว่ามีการศึกษาพืชเผ่าย่อยนี้น้อยมาก ถ้าได้มีการศึกษาเพิ่มเติมคาดว่าจะมีจำนวนชนิดเพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากการศึกษาวิจัยและทบทวนพรรณพืชของเผ่าย่อยนี้ในประเทศไทยยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนก่อนที่จะมีการบุกรุกและทำลายพื้นที่ป่า ซึ่งเป็นที่น่าเสียดายหากพรรณพืชเหล่านั้นมีอันต้องสูญพันธุ์ไปก่อนที่จะได้รู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ นอกจากนี้การจำแนกพืชวงศ์ Acanthaceae ในประเทศไทย นักพฤกษศาสตร์ส่วนใหญ่ยังคงต้องอาศัยตำราวิชาการของต่างประเทศที่ศึกษาพรรณไม้ในประเทศไทยมาก่อนหน้านี้โดยเฉพาะผลงานของ Hansen (1984) แต่ผลงานยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการศึกษาพืชเผ่าย่อย Justiciinae ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เพื่อจะทราบจำนวนชนิดของพรรณไม้อันเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาด้านพฤกษศาสตร์หรือในสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง และเป็นการเพิ่มพูนความรู้ทางอนุกรมวิธานเกี่ยวกับพืชเผ่าย่อยนี้ให้มากขึ้นเพื่อการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางพรรณพืชอย่างยั่งยืนสืบไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษารั้วนี้เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา เรณูวิทยา เมล็ด ตะขอและกายวิภาคศาสตร์ของผิวใบ ตรวจสอบเอกลักษณ์ วิเคราะห์ชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของพรรณไม้ในเผ่าย่อย Justiciinae เพื่อสร้างรูปวิธานในการระบุชนิดและทราบจำนวนชนิดของพรรณไม้เผ่าย่อยนี้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

วิธีการ

1. การศึกษาทางสัณฐานวิทยา

ศึกษาข้อมูลของพืชเผ่าย่อย Justiciinae จากเอกสารที่เกี่ยวข้องและศึกษาตัวอย่างพรรณไม้แห้งที่เก็บรักษาไว้ที่พิพิธภัณฑ์พืชต่างๆ ได้แก่ BCU, BK, BKF, CMU, QBG, พิพิธภัณฑ์พืชภาควิชาชีพวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และพิพิธภัณฑ์พืช ภาควิชาเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพืชภาคสนามตามพื้นที่ต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2545 ถึงเดือนมกราคม 2547 บันทึกภาพและลักษณะสำคัญต่างๆ ของพืช จากนั้นบรรยายลักษณะพืชตามหลักอนุกรมวิธาน ระบุชื่อวิทยาศาสตร์ วาดภาพลายเส้น สร้างรูปวิธานระดับสกุลและชนิด ศึกษาการกระจายพันธุ์ของพืชเผ่าย่อยนี้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นำตัวอย่างพืชจากภาคสนามมาจัดทำเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้งเก็บไว้ที่พิพิธภัณฑ์พืชภาควิชาชีพวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. การศึกษาเรณูวิทยา

ศึกษาเรณูของพืชเผ่าย่อย Justiciinae ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 2 สกุล 15 ชนิด ด้วยกรรมวิธีอะซิโตไลซิส (Erdtman, 1966) ศึกษาขนาดและรูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (LM) และศึกษาลวดลายบนผนังเรณูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

3. การศึกษากายวิภาคศาสตร์ผิวใบ

เก็บตัวอย่างใบพืชในเผ่าย่อย Justiciinae จำนวน 15 ชนิด รักษาสภาพด้วยแอลกอฮอล์ 70% นำตัวอย่างใบมาล้างด้วยน้ำ ลอกผิวใบด้านบนและด้านล่างด้วยใบมีดโกน จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างผิวใบที่ลอกได้ม้าย้อมด้วยสีซาฟรานิน (safranin) ที่ละลายในน้ำความเข้มข้น 1% แล้วล้างสีส่วนเกินด้วยน้ำกลั่น ตี้น้ำออกจากชิ้นตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 30, 50, 70, 95 และ 100% (absolute alcohol) ตามลำดับ ย้ายตัวอย่างไปแช่ในสารละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์ร้อยละ 100 กับไซลีน (xylene) อัตราส่วน 1 : 1 ทำให้ชิ้นตัวอย่างใสด้วยไซลีน ผนึกสไลด์ด้วยดีฟิเอกซ์ (DePX) นำไปศึกษาด้วยกล้อง LM และบันทึกภาพ

4. การศึกษาสัณฐานวิทยาของเมล็ดและตะขอ

นำผลแห้งหรือผลสดของพืชทั้ง 17 ชนิด ที่ดองด้วยแอลกอฮอล์ 70% แกะแยกเมล็ดและตะขอออกจากผล แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo

microscope) โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดและวัดความยาวตะขอ ส่วนที่ 2 นำเมล็ดและตะขอมาทำจัดน้ำ ออกโดยแช่ในแอลกอฮอล์ 95% และ 100% ตามลำดับ และนำไปแช่ใน amyl acetate นาน 30 นาที นำไปทำให้แห้ง โดยวิธี CPD (critical point drying) นำเมล็ดและตะขอไปศึกษาด้วยกล้อง SEM และบันทึกภาพ

ผลการวิจัย

1. สันฐานวิทยา

จากการศึกษาพืชเผ่าย่อย Justiciinae ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบพืช 3 สกุล ได้แก่ สกุล *Justicia* 16 ชนิด, *Rhinacanthus* 1 ชนิด และ *Rungia* 1 ชนิด รวม 18 ชนิด และจากการศึกษาลักษณะทาง สันฐานวิทยาสามารถสร้างรูปวิธานได้ดังนี้

รูปวิธานจำแนกสกุล

1. อับเรณูมีเดือย	
2. ใบประดับออกรอบแกน	<i>Justicia</i>
2. ใบประดับออกด้านเดียว	<i>Rungia</i>
1. อับเรณูไม่มีเดือย	<i>Rhinacanthus</i>

รูปวิธานจำแนกชนิดในสกุล *Justicia*

1. กลีบเลี้ยง มี 4 กลีบ	
2. ผิวใบมีขน	
3. มีใบประดับย่อย 2 ใบ	<i>J. diffusa</i>
3. ไม่มีใบประดับย่อย	<i>J. procumbens</i>
2. ผิวใบเกลี้ยง	<i>J. sp.1</i>
1. กลีบเลี้ยง มี 5 กลีบ	
4. ใบประดับรูปกลมหรือเกือบกลม	
5. ใบประดับสีขาว	<i>J. betonica</i>
5. ใบประดับสีเขียวยาว	
6. ใบประดับ 1 ใบ รองรับดอกย่อย 3 ดอก	<i>J. ventricosa</i>
6. ใบประดับ 1 ใบ รองรับดอกย่อย 1 ดอก	
7. ขอบใบมีหนาม	<i>J. cochinchinensis</i>
7. ขอบใบเกลี้ยง	<i>J. modesta</i>
4. ใบประดับรูปช้อน รูปหอก รูปไข่ รูปแถบหรือรูปขอบขนาน	
8. ดอกช่อออกเป็นกระจุกรอบข้อ	
9. ผิวใบเกลี้ยง	<i>J. quadrifaria</i>
9. ผิวใบมีขน	<i>J. sp.4</i>
8. ดอกช่อแบบเชิงลด	
10. ใบประดับรูปหอกหรือรูปไข่ ยาว 5 มม. หรือมากกว่า	
11. กลีบดอก ยาว 20-25 มม.	<i>J. adhatoda</i>
11. กลีบดอก ยาวน้อยกว่า 20 มม.	
12. ใบประดับสีม่วงเข้ม มีต่อมกระจายทั่วแผ่นใบ	<i>J. gendarussa</i>
12. ใบประดับสีเขียวยาว ไม่มีต่อม	<i>J. stolonifera</i>
10. ใบประดับรูปแถบ ยาว 1-3 มม.	

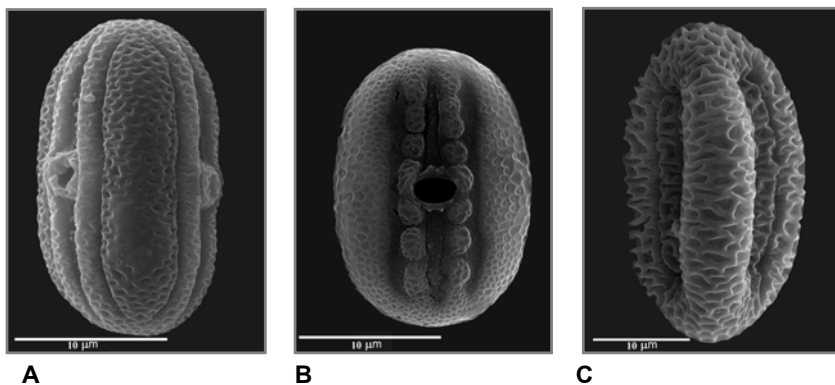
13. ก้านใบแผ่เป็นปีก	<i>J. kampotiana</i>
13. ก้านใบไม่แผ่เป็นปีก	
14. ก้านใบเกลี้ยง	<i>J. remotifolia</i>
14. ก้านใบมีขน	
15. ด้านนอกของกลีบดอกบนมีขน	<i>J. sp.2</i>
15. ด้านนอกของกลีบดอกบนไม่มีขน	<i>J. sp.3</i>

2. เรณูวิทยา

จากผลการศึกษาเรณูวิทยาของพืชเผ่าย่อย *Justiciinae* จำนวน 15 ชนิด โดยเตรียมเรณูด้วยวิธีอะซีโตไลซิส พบ ลักษณะเรณูวิทยาของแต่ละสกุล ดังนี้ (ภาพที่ 1)

2.1 สกุล *Justicia* 14 ชนิด มีเรณูเป็นเม็ดเดี่ยว มีสมมาตรด้านข้าง มีขั้วแบบ isopolar รูปร่างเรณูแบบ prolate มีช่องเปิดแบบ 2-colporate, 2-porate หรือ 3-colporate รูเปิดรูปรีถึงกลม มีร่องเทียม 4 หรือ 6 ร่อง ยาวถึงขั้วหรือไม่ถึงขั้ว กั้นระหว่างช่อง

เปิดแต่ละช่อง ไม่มี insulae หรือมีแต่ไม่ชัดเจน หรือมี insulae เรียงเป็นแถว 2-4 แถว ยาวขนานกับแนวแกนขั้ว อยู่คนละข้างของช่องเปิด แต่ละแถวมี 5-9 insulae มีความยาวของแกนตามแนวเส้นศูนย์สูตร 27-49 ไมโครเมตร มีความยาวของแกนระหว่างขั้ว 45-91 ไมโครเมตร ผนังชั้นนอกหนา 2.25-13.5 ไมโครเมตร ลวดลาย



ภาพที่ 1. ลวดลายบนผนังเรณู A. *J. betonica* B. *J. quadrifaria* C. *R. nasutus*
(สเกล = 10 ไมโครเมตร)

บนผนังเรณูชั้นนอกเป็นแบบ foveolate, micro-reticulate หรือ reticulate

2.2 สกุล *Rhinacanthus* 1 ชนิด มีเรณูเป็นเม็ดเดี่ยว มีสมมาตรด้านข้าง มีขั้วแบบ isopolar รูปร่างเรณูแบบ prolate มีช่องเปิดเป็นร่องแบบ 3-colpate ร่องเปิดรูปกระสวย มีร่องเทียม 6 ร่อง ยาวถึงขั้ว กั้นระหว่างช่องเปิดแต่ละช่อง ไม่มี insulae มีความยาวของแกนตามแนวเส้นศูนย์สูตร 49.5-54 ไมโครเมตร มีความยาวของแกนระหว่างขั้ว 81-85.5 ไมโครเมตร ผนังชั้นนอกหนา 4.5-6.75 ไมโครเมตร ลวดลายบนผนังเรณูชั้นนอกเป็นแบบ reticulate

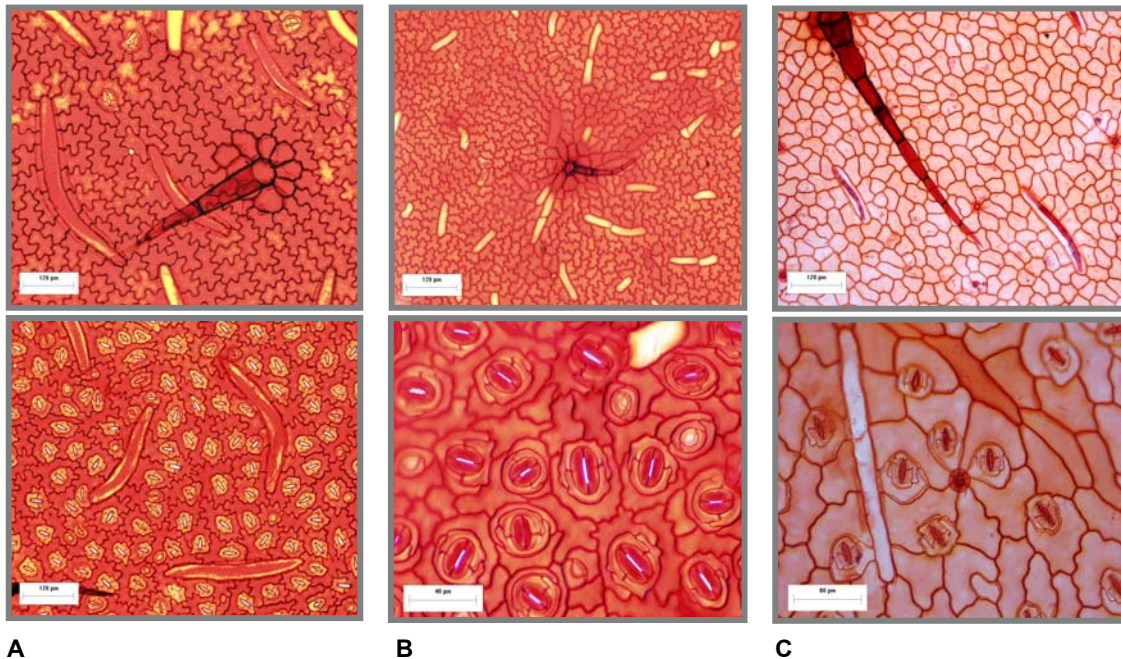
3. กายวิภาคศาสตร์ผิวใบ

จากการศึกษาเนื้อเยื่อชั้นผิวโดยวิธีลอกผิวใบด้านบนและด้านล่างของพืชเผ่าย่อย *Justiciinae* จำนวน 15 ชนิด พบลักษณะแต่ละสกุล ดังนี้ (ภาพที่ 2)

3.1 สกุล *Justicia*

ผิวใบด้านบน มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างสี่เหลี่ยมถึงหลายเหลี่ยม หรือรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์ส่วนใหญ่หักเป็นคลื่น หยักลึก หยักเป็นจิกซอร์หรือเรียบ เซลล์ที่อยู่เหนือเส้นใบรูปทรงกระบอกขนาดยาวกว่าเซลล์บริเวณอื่น เรียงต่อกันมี 1-5 แถว ผนังเซลล์หักเป็นคลื่น ไทรโคมี 2 แบบ คือ แบบขน ตัวขนประกอบด้วย 1-8 เซลล์ มีเซลล์ฐาน 2-8 เซลล์ หรือไม่มีเซลล์ฐานและแบบต่อม รูปร่างกลม มีเซลล์ฐาน 4 เซลล์ มีปากใบแบบไคอะไซติกหรือไม่มีปากใบ มีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปร่างคล้ายบูมเมอแรง รูปทรงกระบอก รูปคล้ายกระสวย หรือไม่มีเซลล์สะสมหินปูน **ผิวใบด้านล่าง** มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์หักเป็นคลื่น หยักลึกหรือหยักเป็นจิกซอร์ เซลล์ที่อยู่ใต้เส้นใบรูปทรงกระบอกขนาดยาวกว่าเซลล์บริเวณอื่น เรียงต่อกันมี 1-12 แถว ผนังเซลล์เรียบ ไทรโคมี 2 แบบ คือ แบบขน ตัวขนประกอบด้วย 1-6 เซลล์ มีเซลล์ฐาน 2-12 เซลล์ หรือไม่มีเซลล์ฐาน และแบบต่อม รูปร่างกลม มี

เซลล์ฐาน 4 เซลล์ มีปากใบแบบไดอะไซติก มีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปร่างคล้ายบูมเมอแรง รูปทรงกระบอก รูปคล้ายกระสวย หรือไม่มีเซลล์สะสมหินปูน



ภาพที่ 2. ผิวใบด้านบนและล่าง A. *J. diffusa* (สเกล = 120 และ 120 ไมโครเมตร) B. *R. nasutus* (สเกล = 120 และ 40 ไมโครเมตร) C. *Ru. pectinata* (สเกล = 120 และ 80 ไมโครเมตร)

3.2 สกุล *Rhinacanthus*

ผิวใบด้านบน มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์หยาบกลีง เซลล์ที่อยู่เหนือเส้นใบรูปทรงกระบอกขนาดยาวกว่าเซลล์บริเวณอื่น เรียงต่อกันมี 2-3 แถว ผนังเซลล์หยาบเป็นคลื่น ไทรโคมมี 2 แบบ คือ แบบขน ตัวขนประกอบด้วย 1-3 เซลล์ มีเซลล์ฐาน 2-4 เซลล์ และแบบต่อม รูปร่างกลม มีเซลล์ฐาน 4 เซลล์ มีปากใบแบบไดอะไซติก มีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปทรงกระบอกหัวและท้ายเซลล์มน **ผิวใบด้านล่าง** มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์หยาบ เซลล์ที่อยู่ใต้เส้นใบรูปทรงกระบอกขนาดยาวกว่าเซลล์บริเวณอื่น เรียงต่อกันมี 1-2 แถว ผนังเซลล์หยาบเป็นคลื่น ไทรโคมมี 2 แบบ คือ แบบขน ตัวขนประกอบด้วย 1-3 เซลล์ มีเซลล์ฐาน 4-8 เซลล์ และแบบต่อม รูปร่างกลม มีเซลล์ฐาน 4 เซลล์ มีปากใบแบบไดอะไซติก มีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปทรงกระบอกหัวและท้ายเซลล์มน

3.3 สกุล *Rungia*

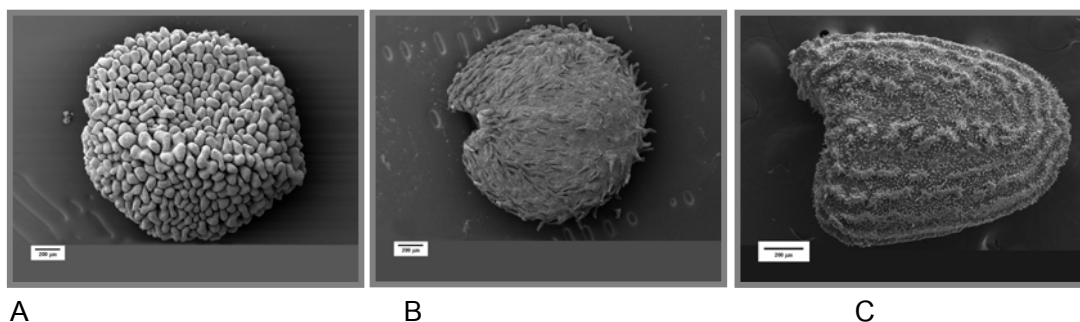
ผิวใบด้านบน มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างหลายเหลี่ยมถึงเกือบกลม ผนังเซลล์เรียบ เซลล์ที่อยู่เหนือเส้นใบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวกว่าเซลล์ในบริเวณอื่นหรือคล้ายกระสวย เรียงต่อกันมี 3-4 แถว ผนังเซลล์เรียบ ไทรโคมมี 2 แบบ คือ แบบขน ตัวขนประกอบด้วย 3-8 เซลล์ มีเซลล์ฐาน 4-8 เซลล์ และแบบต่อม รูปร่างกลม มีเซลล์ฐาน 4 เซลล์ มีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปทรงกระบอก หัวและท้ายเซลล์มน หรือทรงกระบอกปลายด้านหนึ่งเรียวแหลม **ผิวใบด้านล่าง** มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์หยาบเป็นคลื่นเล็กน้อยถึงเรียบ เซลล์ที่อยู่ใต้เส้นใบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวกว่าเซลล์ในบริเวณอื่นหรือคล้ายกระสวย เรียงต่อกันมี 3-4 แถว ผนังเซลล์เรียบ ไทรโคมมี 2 แบบ คือ แบบขน ตัวขนประกอบด้วย 1-3 เซลล์ มีเซลล์ฐาน 4-8 เซลล์ และแบบต่อม รูปร่างกลม มีเซลล์ฐาน 4 เซลล์ มีปากใบแบบไดอะไซติก มีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปทรงกระบอก หัวและท้ายเซลล์มน หรือทรงกระบอกปลายด้านหนึ่งเรียวแหลม

4. สันฐานวิทยาของเมล็ดและตะขอ

จากผลการศึกษาสันฐานวิทยาของเมล็ด จำนวน 17 ชนิด พบลักษณะแต่ละสกุล ดังนี้ (ภาพที่ 3)

4.1 สกุล *Justicia* 16 ชนิด เมล็ดของพืชทุกชนิด มีรูปร่างกลมหรือเกือบกลมหรือคล้ายรูปหัวใจ สีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-2 มม. ลักษณะผิวเมล็ด มี 6 แบบ ได้แก่ แบบ rugulose-alveolate, rugulose-tuberculate, round-tuberculate, sparsely tuberculate, hispid และ stellate-like และลวดลายบนผิวเมล็ดทุกชนิดเป็นแบบ reticulate ยกเว้น *J. sp.1* มีลักษณะเพิ่มเติมจากชนิดอื่น คือ ผิวมีตุ่มหรือเกล็ดกระจายทั่วผิวเมล็ด ตะขอของพืชทุกชนิดในสกุลนี้ มีตะขอ 4 อัน รูปร่างคล้ายเข็มปลายแหลมหรือคล้ายรูปสามเหลี่ยม ยาว 0.2-6 มม. เนื้อมีลักษณะแข็ง สีน้ำตาลอ่อนหรือสีน้ำตาล ผิวเกลี้ยง ผิวตะขอมีลักษณะเป็นร่อง แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ผิวเป็นแบบปุ่ม บนปุ่มมีร่องต้น 2-4 ร่อง หรือปุ่มผิวเรียบ และกลุ่มที่ผิวเป็นแบบร่องยาวคล้ายกระสวยหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียงเป็นแนวเดียวกัน

4.2 สกุล *Rungia* 1 ชนิด เมล็ดรูปร่างเกือบกลมแบน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-0.7 มม. สีน้ำตาลขอบเมล็ดมีติ่งแหลมและจักลึก ผิวเมล็ดเป็นแบบ sparsely tuberculate มีปุ่มรูปร่างกลมหรือรี และพื้นที่ว่างระหว่างปุ่มมีเกล็ดกระจายอยู่ทั่วไป ผิวมีลวดลายแบบ reticulate ตะขามี 4 อัน รูปร่างคล้ายเข็มปลายแหลม ยาว 0.4-0.5 มม. เนื้อมีลักษณะแข็ง สีน้ำตาลอ่อน แต่ละอันเรียงห่างกัน 0.5-1 มม. ผิวเกลี้ยง มีลวดลายบนผิวตะขอเป็นแบบร่องยาวแคบปลายร่องแหลมคล้ายกระสวย เรียงเป็นแนวเดียวกัน



ภาพที่ 3. ลักษณะของเมล็ด A. *J. diffusa* B. *R. nasutus* C. *Ru. pectinata* (สเกล=200 ไมโครเมตร)

บทสรุป

1. สันฐานวิทยา

จากการศึกษาอนุกรมวิธานของพืชเผ่าย่อย Justiciinae ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบพืชในเผ่าย่อยนี้ 3 สกุล 18 ชนิด และไม่สามารถระบุชนิดได้ 4 ชนิด ซึ่งสกุลที่พบมากที่สุดคือ *Justicia* มี 16 ชนิด สกุล *Rhinacanthus* และสกุล *Rungia* มีสกุลละ 1 ชนิด โดยลักษณะที่นำมาใช้ในการจำแนกพืชในเผ่าย่อยนี้ในระดับสกุลคือ ลักษณะของอับเรณูและใบประดับ ส่วนลักษณะที่นำมาใช้ในการจำแนกพืชในระดับชนิด ได้แก่ จำนวนกลีบเลี้ยง รูปร่างใบ ลักษณะผิวใบ ก้านใบ และลำต้น รูปร่าง ความยาว และผิวใบของใบประดับ และลักษณะช่อดอก การมีขนหรือไม่มีขนที่ผิวของกลีบดอก

2. เรณูวิทยา

จากลักษณะเรณูวิทยาของพืชทั้ง 15 ชนิด สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม โดยอาศัยลักษณะช่องเปิด ได้แก่ 2-porate, 2-colporate, 3-colpate หรือ 3-colporate ซึ่งในแต่ละกลุ่มสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้อีก โดยการใช้การมี insulae และลักษณะลวดลายบนผนังเรณูชั้นนอก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 2-porate ได้แก่ *J. stolonifera*

2. กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 2-colporate แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

2.1 ผนังเรณูชั้นนอกมีลวดลายแบบ micro-reticulate แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

2.1.1 มี insulae ไม่ชัดเจน ได้แก่ *J. adhatoda*

2.1.2 มี insulae ได้แก่ *J. diffusa*, *J. procumbens*, *J. quadrifaria*, *J. ventricosa*, *J. sp.1*, *J. sp.2*

และ *J. sp.3*

- 2.2 ผนังเรณูชั้นนอกมีลวดลายแบบ foveolate ได้แก่ *J. kampotiana*
3. กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 3-colpate ได้แก่ *R. nasutus*
4. กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 3-colporate แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ
 - 4.1 ไม่มี insulae ได้แก่ *J. betonica*
 - 4.2 มี insulae ไม่ชัดเจน ได้แก่ *J. gendarussa*, *J. modesta* และ *J. remotifolia*

3. กายวิภาคศาสตร์ของผิวใบ

การศึกษาทางกายวิภาคศาสตร์ผิวใบของพืชเผ่าย่อยนี้ จำนวน 15 ชนิด ลักษณะที่นำมาใช้ประกอบการจำแนกพืชเผ่าย่อยนี้ ได้แก่ ชนิดของไทรโคม ผนังเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว การมีหรือไม่มีปากใบ และการมีหรือไม่มีเซลล์สะสมหินปูน ซึ่งสามารถแบ่งพืชออกเป็นกลุ่มต่างๆ ได้ดังนี้

1. กลุ่มพืชที่ไม่มีเซลล์สะสมหินปูน ได้แก่ *J. sp.1*
2. กลุ่มพืชที่มีเซลล์สะสมหินปูน ได้แก่ *J. adhatoda*, *J. betonica*, *J. cochinchinensis*, *J. diffusa*, *J. kampotiana*, *J. modesta*, *J. procumbens*, *J. quadrifaria*, *J. remotifolia*, *J. stolonifera*, *J. ventricosa*, *J. sp.4*, *R. nasutus* และ *Ru. pectinata* และแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ คือ

2.1 มีปากใบที่ผิวใบทั้งสองด้าน ได้แก่ *J. betonica*, *J. diffusa*, *J. procumbens*, *J. remotifolia* และ *R. nasutus*

2.1.1 ผิวใบด้านบนมีไทรโคมแบบขนและแบบต่อม ได้แก่ *J. diffusa*, *J. procumbens*, *J. remotifolia* และ *R. nasutus*

2.1.2 ผิวใบด้านบนมีไทรโคมเฉพาะแบบต่อม ได้แก่ *J. betonica*

2.2 มีปากใบเฉพาะผิวใบด้านล่าง ได้แก่ *J. adhatoda*, *J. cochinchinensis*, *J. kampotiana*, *J. modesta*, *J. quadrifaria*, *J. stolonifera*, *J. ventricosa*, *J. sp.4* และ *Ru. pectinata*

2.2.1 ไทรโคมมีแบบขนและแบบต่อม ได้แก่ *J. adhatoda*, *J. quadrifaria*, *J. stolonifera*, *J. ventricosa*, *J. sp.4* และ *Ru. pectinata*

2.2.2 ไทรโคมมีเฉพาะแบบต่อม ได้แก่ *J. cochinchinensis*, *J. kampotiana* และ *J. modesta*

4. สัณฐานวิทยาของเมล็ดและตะขอ

จากผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของเมล็ด จำนวน 17 ชนิด ด้วยกล้อง LM พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ด สามารถแบ่งพืชได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เมล็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-2 มม. ได้แก่ *J. diffusa*, *J. procumbens*, *J. sp.1*, *J. sp.2*, *J. sp.4* และ *Ru. pectinata* (2) เมล็ด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 มม. ได้แก่ *J. adhatoda*, *J. betonica*, *J. cochinchinensis*, *J. gendarussa*, *J. kampotiana*, *J. modesta*, *J. quadrifaria*, *J. remotifolia*, *J. stolonifera*, *J. ventricosa* และ *J. sp.3* และเมื่อศึกษาด้วยกล้อง SEM พบว่า ลักษณะผิวเมล็ดสามารถแบ่งพืชออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ (1) แบบ rugulose-alveolate ได้แก่ *J. adhatoda* และ *J. sp.3* (2) แบบ rugulose-tuberculate ได้แก่ *J. betonica*, *J. cochinchinensis*, *J. diffusa*, *J. gendarussa*, *J. modesta*, *J. procumbens*, *J. remotifolia* และ *J. ventricosa* (3) แบบ round-tuberculate ได้แก่ *J. quadrifaria*, *J. stolonifera* และ *J. sp.4* (4) sparsely tuberculate ได้แก่ *J. sp.2* และ *Ru. pectinata* (5) แบบ hispid ได้แก่ *J. kampotiana* และ (6) แบบ stellate-like พบใน *J. sp.1* ส่วนลวดลายบนผิวเมล็ดทุกชนิดเป็นแบบ reticulate โดย *J. sp.1* และ *Ru. pectinata* มีลักษณะเพิ่มเติมจากชนิดอื่น คือ ผิวมีตุ่มหรือเกล็ดกระจายทั่วผิวเมล็ด

จากผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของตะขอ จำนวน 17 ชนิด ลักษณะผิวตะขอ สามารถแบ่งพืชได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. กลุ่มที่ผิวเป็นแบบปุ่ม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ
 - 1.1 บนปุ่มมีร่องสั้น 2-4 ร่อง ได้แก่ *J. cochinchinensis*, *J. modesta* และ *J. sp.3*
 - 1.2 ปุ่มผิวเรียบ ได้แก่ *J. kampotiana*, *J. remotifolia* และ *J. ventricosa*

2. กลุ่มที่ผิวเป็นแบบร่องยาวคล้ายกระสวยหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้แก่ *J. adhatoda*, *J. betonica*, *J. diffusa*, *J. gendarussa*, *J. procumbens*, *J. quadrifaria*, *J. stolonifera*, *J. sp.1*, *J. sp.2*, *J. sp.4* และ *Ru. pectinata*

วิจารณ์ผล

การศึกษาพืชเผ่าย่อย *Justiciinae* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบพืชทั้งสิ้น 3 สกุล 18 ชนิด และเมื่อเปรียบเทียบการศึกษาค้นคว้ากับการศึกษาในประเทศใกล้เคียง พบว่า การศึกษาในประเทศอินเดียพบพืชในเผ่าย่อยนี้จำนวนมากที่สุดคือ 3 สกุล 68 ชนิด รองลงมาคือการศึกษาในแถบอินโดจีน 3 สกุล 52 ชนิด และประเทศมาเลเซีย 3 สกุล 33 ชนิด ตามลำดับ และการศึกษาในประเทศไทยของ Hansen (1984) รายงานว่าพบ 3 สกุล 51 ชนิด ซึ่งในการศึกษาค้นคว้าพบพืชเผ่าย่อยนี้คิดเป็นร้อยละ 35.29 ของจำนวนพรรณไม้เผ่าย่อยนี้ที่มีรายงานไว้ และเนื่องจากการศึกษาค้นคว้านี้เป็นการสำรวจและเก็บตัวอย่างพรรณไม้เฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเท่านั้น ถ้าหากมีการศึกษาพืชเผ่าย่อยนี้ทั่วประเทศ จะทำให้การศึกษาทบทวนพรรณไม้ในเผ่าย่อยนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

จากผลการศึกษาของ Erdtman (1966) พบว่า เรณูของพืชวงศ์ *Acanthaceae* มีช่องเปิดตั้งแต่ 2 ช่อง ถึงหลายช่องเปิด และมีร่องเทียม ซึ่งมีผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาค้นคว้า และจากรายงานของ Scotland และ Vollesen (2000) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกลุ่มพืชในวงศ์ *Acanthaceae* โดยอาศัยลักษณะที่มีร่วมกัน พบว่า พืชสกุล *Asystasia*, *Justicia* และ *Pseuderanthemum* มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ซึ่งเมื่อนำผลการศึกษาของ พัททัง (2544) ที่ได้ศึกษาลักษณะเรณูวิทยาของพืชสกุล *Asystasia* และ *Pseuderanthemum* มาเปรียบเทียบกับการศึกษาเรณูวิทยาในครั้งนี้ พบว่า ลักษณะเรณูวิทยาของพืชทั้งสามสกุลมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เรณูเป็นเม็ดเดี่ยว มีสมมาตรด้านข้าง มีช่องเปิดแบบ 3-colporate และมีลวดลายบนผนังชั้นนอกแบบ reticulate หรือ micro-reticulate ส่วนลักษณะที่แตกต่างกัน คือ เรณูของพืชสกุล *Justicia* มี insulae เรียงเป็นแถวติดกับช่องเปิด 4-6 แถว ซึ่งเป็นลักษณะที่นำมาจำแนกพืชสกุลนี้ในระดับชนิดได้ และจากการศึกษาของ Graham (1988) ที่ได้ศึกษาพืชสกุล *Justicia* 295 ชนิด ซึ่งมีเพียง 7 ชนิด เท่านั้นที่เป็นชนิดเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ *J. adhatoda*, *J. betonica*, *J. diffusa*, *J. gendarussa*, *J. modesta*, *J. procumbens* และ *J. quadrifaria* พบว่าผลการศึกษาที่มีบางลักษณะที่สอดคล้องกันและบางลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ Graham (1988) จัดกลุ่มเรณูออกเป็น 16 กลุ่ม โดยพืชทั้ง 7 ชนิดถูกจัดไว้ในกลุ่มต่างๆ คือ (1) กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 3-colporate มีรูปร่างแบบ prolate ถึง perprolate (P/E 1.35-2.31) ลวดลายบนผนังชั้นนอกเป็นแบบ micro-reticulate หรือ psilate และมีสัน 2 สัน ยาวขนานกับแนวแกนชั่ว อยู่คนละข้างของช่องเปิด ได้แก่ *J. betonica* (2) กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 3-colporate หรือ 3-porate มีรูปร่างแบบ prolate ถึง perprolate (P/E 1.53-1.72) ลวดลายบนผนังชั้นนอกเป็นแบบ micro-reticulate และมี insulae ไม่ชัดเจน insulae เชื่อมต่อกันเป็นแถบ มี 2 แถบ ยาวขนานกับแนวแกนชั่ว อยู่คนละข้างของช่องเปิด ได้แก่ *J. gendarussa* และ *J. modesta* (3) กลุ่มเรณูที่มีช่องเปิดแบบ 2-colporate หรือ 2-porate มีรูปร่างแบบ subprolate ถึง prolate (P/E 1.31-1.88) ลวดลายบนผนังชั้นนอกเป็นแบบ micro-reticulate และแต่ละช่องเปิดมี insulae เรียงเป็นแถว 2 แถบ ยาวขนานกับแนวแกนชั่ว อยู่คนละข้างของช่องเปิด แต่ละแถวมี 3-6 insulae ได้แก่ *J. adhatoda*, *J. diffusa*, *J. procumbens* และ *J. quadrifaria* เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า พืชทุกชนิดมีผลการศึกษาสอดคล้องกัน ยกเว้น *J. adhatoda* ที่มีลักษณะที่แตกต่างคือ มี insulae ไม่ชัดเจน insulae เชื่อมต่อกันเป็นแถบ มี 2 แถบ ยาวขนานกับแนวแกนชั่ว อยู่คนละข้างของช่องเปิด ซึ่งลักษณะที่แตกต่างอาจเกิดจากอายุของเรณูที่นำมาศึกษาต่างกัน หรือในขั้นตอนการวางเรณูบน stub เพื่อนำไปเคลือบด้วยทองคำ เรณูเกิดการสูญเสียน้ำ จึงเหี่ยวและผนังหดตัว มีผลทำให้เรณูมี insulae ไม่ชัดเจน ลักษณะเรณูวิทยาของพืชเผ่าย่อย *Justiciinae* ที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ชนิด สมมาตร รูปร่าง และขนาดของเรณู มีความคล้ายคลึงกัน ยกเว้น จำนวนและชนิดของช่องเปิด และลวดลายบนผนังเรณู สามารถนำมาใช้ในการจำแนกพืชในเผ่าย่อยนี้ได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพืชวงศ์ *Acanthaceae* มีขนาดใหญ่ประกอบด้วยพืชหลายสกุล ดังนั้นลักษณะเรณูวิทยาจึงมีความหลากหลาย ถ้าหากมีการศึกษาเรณูวิทยาของพืชสกุลต่างๆ เปรียบเทียบกัน นอกจากจะได้ข้อมูลด้านนี้เพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้ทราบลักษณะของเรณูที่จำเพาะในแต่ละสกุล ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษานุกรมวิธานของพืชวงศ์นี้

พืชทุกชนิดที่ศึกษาในครั้งนี้มีชนิดของปากใบแบบเดียว คือ แบบไดอะไซติก ที่มีเซลล์เสริม 2 เซลล์ ล้อมรอบเซลล์คุม โดยมีผนังเซลล์วางตั้งฉากกับช่องเปิด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Fahn (1990) และเทียมใจ (2542) และจากรายงานของ Metcalfe และ Chalk (1957) ที่ได้ศึกษาพืชในเผ่าย่อยนี้จำนวน 2 สกุล คือ *Justicia* และ *Rhinacanthus* พบว่าลักษณะเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์หยักเป็นคลื่น ที่ผิวใบด้านบนและผิวใบด้านล่างมีปากใบทั้งสองด้าน ปากใบเป็นแบบไดอะไซติก มีเซลล์สะสมหินปูนเป็นแบบเซลล์เดี่ยวรูปทรงกระบอกหัวและท้ายเซลล์มน และมีเซลล์ขน 2 แบบ คือ แบบขน และแบบต่อม เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่พบว่ามีการศึกษาที่สอดคล้องกัน โดยมีลักษณะบางอย่างที่เพิ่มเติมคือ พืชทุกชนิดในเผ่าย่อยนี้พบปากใบเฉพาะที่ผิวใบด้านล่าง ยกเว้น *J. betonica*, *J. diffusa*, *J. procumbens*, *J. remotifolia* และ *R. nasutus* ที่มีปากใบที่ผิวใบทั้งสองด้าน และบางชนิดมีเซลล์สะสมหินปูนแบบเซลล์เดี่ยว รูปบูมเมอแรง รูปทรงกระบอกปลายด้านหนึ่งเรียวแหลมหรือรูปคล้ายกระสวย ได้แก่ *J. betonica*, *J. cochinchinensis*, *J. diffusa*, *J. modesta* และ *Ru. pectinata* ส่วน *J. sp.1* ไม่มีเซลล์สะสมหินปูนจากผลการศึกษา พบว่า ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ผิวใบ สามารถนำข้อมูลมาใช้ร่วมกับลักษณะสัณฐานวิทยา เพื่อให้การจำแนกพืชเผ่าย่อย *Justiciinae* มีความชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรศึกษากายวิภาคศาสตร์ของพืชสกุล *Rhinacanthus* และ *Rungia* ให้มีจำนวนชนิดมากขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลกายวิภาคศาสตร์ของพืชทั้งสองสกุล นอกจากนี้ควรศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชเผ่าย่อยนี้ด้วยกรรมวิธีพาราฟิน เพราะพืชแต่ละชนิดอาจมีลักษณะเนื้อเยื่อภายในที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มข้อมูลด้านกายวิภาคศาสตร์ และสามารถนำมาใช้ร่วมกับลักษณะกายวิภาคศาสตร์ผิวใบ รวมทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก เพื่อให้การจำแนกพืชในเผ่าย่อยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสัณฐานวิทยาเมล็ดของพืชสกุล *Justicia* กับการศึกษาของ Graham (1988) ซึ่งรายงานว่าลักษณะผิวของเมล็ดของพืชสกุลนี้มีรูปแบบที่ผันแปรมากถึง 20 แบบ แต่สำหรับการศึกษาค้นคว้าพบเพียง 6 แบบ โดยสอดคล้องกับรายงานดังกล่าว 5 แบบ คือ (1) แบบ rugulose-alveolate ได้แก่ *J. adhatoda* และ *J. sp.3* (2) แบบ rugulose-tuberculate ได้แก่ *J. betonica*, *J. cochinchinensis*, *J. diffusa*, *J. gendarussa*, *J. modesta*, *J. procumbens*, *J. quadrifaria*, *J. remotifolia* และ *J. ventricosa* (3) แบบ round tuberculate ได้แก่ *J. quadrifaria*, *J. stolonifera* และ *J. sp.4* (4) sparsely tuberculate ได้แก่ *J. sp.2* และ *Ru. pectinata* (5) แบบ hispid ได้แก่ *J. kamptiana* และ (6) แบบ stellate-like พบใน *J. sp.1* ซึ่งไม่พบรายงานลักษณะผิวเมล็ดที่มีลักษณะดังกล่าว ข้อมูลนี้จึงเป็นข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการตรวจเอกสาร โดยลักษณะที่เพิ่มเติมนี้ อาจเนื่องมาจากพืชในสกุล *Justicia* มีจำนวนสมาชิกประมาณ 600 ชนิด พืชบางชนิดจึงไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ประกอบกับลักษณะผิวของพืชในสกุลนี้มีความผันแปรมากด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาพืชสกุลอื่นในวงศ์ *Acanthaceae* เช่น *Noda* และคณะ (1985) ศึกษาสัณฐานวิทยาเมล็ดของ *Ruellia tuberosa* พบว่า เมล็ดรูปร่างเกือบกลม ผิวขรุขระ ลวดลายเป็นแบบร่างแห และมีขนคล้ายเส้นด้าย Balkwill และ Balk (1997) ศึกษาสัณฐานวิทยาเมล็ดของสกุล *Barleria* พบว่า เมล็ดรูปร่างรีหรือเกือบกลม ผิวมีขนคล้ายเส้นด้ายปกคลุม และพิทักษ์ (2544) ศึกษาสัณฐานวิทยาเมล็ดของพืชในเผ่าย่อย *Barleriinae* จำนวน 4 สกุล พบว่า สกุล *Asystasia* เมล็ดรูปร่างเกือบกลม ผิวเมล็ดเป็นแบบปุ่ม ขอบเมล็ดมีติ่งและจักลึก สกุล *Barleria* มีผลการศึกษาที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Balkwill และ Balk (1997) สกุล *Codonacanthus* เมล็ดรูปร่างกลมถึงรูปไข่แบน ผิวเมล็ดเป็นตุ่มคล้ายหนาม ลวดลายบนผิวเมล็ดเป็นรูหรือร่อง และมีเกล็ดกระจายทั่วผิวเมล็ด และสกุล *Pseuderanthemum* เมล็ดรูปร่างกลมหรือคล้ายรูปหัวใจ ผิวเมล็ดเป็นสันและร่อง เรียงกันคล้ายร่างแห หรือผิวเรียบ จากผลการศึกษาข้างต้นและการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าสัณฐานวิทยาเมล็ดของพืชในวงศ์นี้มีความหลากหลาย และสัณฐานวิทยาเมล็ดที่นำมาใช้ในการจำแนกพืชวงศ์นี้ได้แก่ รูปร่าง ผิวเมล็ด และลวดลาย ซึ่งกล่าวได้ว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของเมล็ดสามารถนำมาใช้ระบุสกุลพืชในวงศ์นี้ได้ นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าพืช *J. diffusa* และ *J. sp.1* มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกันมาก แต่เมื่อได้ศึกษาสัณฐานวิทยาเมล็ดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า พืชทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะผิวเมล็ดแตกต่างกันอย่างเด่นชัด คือ *J. diffusa* ผิวเมล็ดเป็นแบบ rugulose-tuberculate ส่วน *J. sp.1* เป็นแบบ stellate-like ดังนั้นลักษณะผิวเมล็ดสามารถนำมาใช้ในการระบุชนิดของพืชสองชนิดนี้ได้

พืชในวงศ์ *Acanthaceae* มีลักษณะเด่นคือผลมีตะขอรอบรับเมล็ด จากการตรวจเอกสารไม่พบข้อมูลหรือรายงานการศึกษาเกี่ยวกับตะขอ มีเพียงผลการศึกษาของ พิทักษ์ (2544) ที่ศึกษาสัณฐานวิทยาและผิวตะขอของพืชในเผ่า

ย่อย Barleriinae วงศ์ Acanthaceae ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งพบว่า สามารถนำลักษณะ สันฐานวิทยาและลวดลายบนผิวตะขอมานำใช้ในการระบุชนิดพืชในเผ่าย่อยนี้ได้ เช่น *Asystasia gangetica* มีผิวตะขอ เป็นแบบร่างแห *A. salicifolia* มีผิวเป็นแบบปุ่ม *Barleria cristata* และ *B. strigosa* มีผิวเป็นแบบร่องยาวแคบปลายร่อง แหลมคล้ายกระสวย *Pseuderanthemum couderci* มีผิวเป็นแบบร่องยาวคล้ายกระสวยหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า *P. graciliflorum* มีผิวเป็นแบบสันโค้งและมีร่องตื้นแทรกระหว่างสัน และ *P. parishii* มีผิวเป็นแบบร่องยาวปลายแหลม คล้ายกระสวยและพบปากใบอยู่บนร่อง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีผลการศึกษาค้นคว้าที่คล้ายคลึงกัน เช่น *J. kempiana*, *J. remotifolia* และ *J. ventricosa* มีผิวเป็นแบบปุ่ม เช่นเดียวกับ *A. salicifolia* และ *J. adhatoda*, *J. betonica*, *J. diffusa*, *J. gendarussa*, *J. procumbens*, *J. quadrifaria*, *J. stolonifera*, *J. sp.1*, *J. sp.2*, *J. sp.4* และ *Ru. pectinata* มีผิวเป็นแบบร่องยาวแคบปลายร่องแหลมคล้ายกระสวยหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เช่นเดียวกับ *B. cristata*, *B. strigosa* และ *P. cauderci* จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่า ลวดลายบนผิวตะขอไม่สามารถจำแนกพืชทั้งสองเผ่าย่อยออกจากกันได้อย่างชัดเจน ยกเว้น *P. parishii* ที่มีลักษณะพิเศษ อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาเห็นว่าหากมีการศึกษาลักษณะสันฐานวิทยาและผิวตะขอ ในพืชสกุลหรือเผ่าย่อยอื่น นอกจากจะได้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการจำแนกพืชในระดับเผ่าย่อย สกุล หรือชนิดแล้ว อาจพบลักษณะพิเศษที่จำเพาะของพืชบางสกุลหรือชนิดได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษานุกรมวิธานของพืชในวงศ์นี้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_146009 และขอขอบคุณคณาจารย์ นักศึกษาสาขานุกรมวิธานและกายวิภาคศาสตร์พืช และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2539. สมุนไพรสวนสิริรุกชาติ. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป จำกัด กรุงเทพฯ.
- เทียมใจ คมกฤต. 2542. กายวิภาคของพืชมงคล. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- พิทักษ์ ใจคง. 2544. นุกรมวิธานพืชเผ่าย่อย Barleriinae (Acanthaceae) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- รัชชัย สันติสุข. 2532. ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย. ประชาชน จำกัด กรุงเทพฯ.
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2539. ความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ.
- Balkwill, M.J. and K. Balkwill. 1997. Delimitation and infra-generic classification of *Barleriinae* (Acanthaceae). *Kew Bulletin* 52(3): 536-573.
- Claeson, P.U., T. Malmfors and G. Wikman. 2000. *Adhatoda vasica* : a critical review of ethnopharmacological and toxicological data. *Ethnopharmacology* 72: 1-20.
- Erdtman, G. 1966. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Hafner, London.
- Fahn, A. 1990. Plant Anatomy. Pergamon Press, Oxford.
- Graham, V.A.W. 1988. Delimitation and infra-generic classification of *Justicia* (Acanthaceae). *Kew Bulletin* 43(4): 551-619.
- Hansen, B. 1984. Studies on Acanthaceae of Thailand. Lecture at the Flora of Thailand Meeting, Royal Botanic Garden. n.p., Edinburgh. 31(7): 173-178.
- Metcalf, C.R. and L. Chalk. 1957. Anatomy of the Dicotyledons. Vol. 2. Oxford University Press, London.
- Noda, K., C. Prakongvongs and L.Chaiwiratnukul. 1985. Topography of the Seed and Leaves of Tropical Weeds. Mass & Medias, Bangkok.
- Scotland, R.W. and K. Vollen. 2000. Classification of Acanthaceae. *Kew Bulletin* 55: 513-589.
- Wiat, C. 2000. Medicinal Plants of Southeast Asia. Pelanduk Publications, Malaysia.

Variation within the *Hoya parasitica* (Asclepiadaceae) Complex in Thailand

Manit Kidyue, Thaweesakdi Boonkerd, Obchant Thaithong and Tosak Seelanan

Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand

Hoya parasitica sensu lato is a climbing epiphyte belonging to the family Asclepiadaceae. At present, the taxonomic status of this species in Thailand is still dubious due to the great variability in size, shape and color of leaves and flowers. Morphological variation was investigated in 500 fresh plants collected from 50 sites throughout the country. The collected specimens represented the *H. parasitica* complex, including two polymorphic species, i.e., *H. parasitica* sensu lato and the closely related species *H. rigida* Kerr. Based on qualitative macro- and micro-morphological characters, the *H. parasitica* complex can be divided into nine groups. They can be distinguished by leaf shape, leaf base, venation pattern, leaf indumentum, and shapes of sepals, corona and corpusculum. Group I matched with the characteristics of *H. rigida* Kerr which has ovate leaves with a cordate base, 3-5 prominent nerves running from base to apex, indumentum absent on the abaxial surface, and lanceolate sepals. In contrast, group II is an unidentified taxon which is close to *H. parasitica* var. *citrina* (Ridl.) Rintz. It is characterized by broad ovate leaves with cordate bases, 3-5 prominent nerves running from base to apex, and a narrowly oblanceolate-oblong corpusculum. Groups III and IV have distinctly different vegetative characters and do not correspond to the previously described varieties of *H. parasitica*. Their leaf venation is acrodromous, with 3 prominent nerves running from the leaf base parallel to the midrib and reaching the apex, but they are different in their shape of the leaf and coronal scale. Group III has ovate leaves with subcordate bases and elliptic coronal scales, while group IV has elliptic-oblong leaves with cuneate bases and ovate-lanceolate coronas. Groups V-IX are still of doubtful validity, having slight discontinuities in leaf shape, base and venation, and the shape of the coronal scale. They are treated in this paper as variable groups within *H. parasitica* var. *parasitica*.

Key words: *Hoya parasitica*, morphology, taxonomy, species complex

Introduction

Hoya parasitica (Roxb.) Wall. ex Wight (Asclepiadaceae) is one of the most common members of the section Euhoya (Hooker, 1883). It is relatively widespread, occurring from E. India-Assam through Myanmar, Thailand, Indo-China, Malay Peninsula, and Sumatra to N. Borneo (Rintz, 1978). The most recent taxonomic study of the species (Kiew, 1995), included three varieties: *H. parasitica* var. *parasitica*, *H. parasitica* var. *citrina* and *H. parasitica* var. *hendersonii*. These varieties can be distinguished from each other by leaf characters and habitat. In Thailand, *H. parasitica* sensu lato is the most common, and is an extremely variable species. There is variation in texture, shape, size and venation of leaves, the size of the flower and shape of corolla lobes (Kerr, 1951). These plants were later named "the *H. parasitica* complex" (Thaithong, 1995). However, variations within this complex did not match properly with the three formerly recognized infraspecific taxa. Additional intensive research into relationships within this difficult group of plants has not been carried out for many years. Moreover, previously distinct species, *H. ridleyi* and *H. rigida*, have been taxonomically confused with *H. parasitica* sensu lato. *H. ridleyi* is found in peninsular Thailand (Ridley, 1923), but has also been recognized as *H. parasitica* var. *parasitica* (Rintz, 1978). Then, Veldkamp et al. (1995) suggested that *H. rigida*, a species endemic to Thailand, may be included in *H. parasitica* sensu lato. Thus, the taxonomic status of *H. parasitica* complex in Thailand is still doubtful and needs to be reinvestigated.

We hypothesize that the *H. parasitica* complex in Thailand is composed of several undescribed taxa. We have explored all the available variables in the complex and have determined macro- and micro-morphological variations of each group. In this paper, we have (1) described the overall qualitative morphological variation within characters in the complex, (2) classified the

variations into groups, and (3) described morphological characters, geographical distribution and ecological features of each recognized group. We then (4) discuss the taxonomic treatment of these recognized groups as compared with the previous classification.

Methodology

1. Plant Morphology

Plant materials used in this study were collected from 50 sites throughout Thailand during 2002-2003 (Table 1, Fig. 1) and all were raised in the same conditions in a greenhouse at the Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University. Flower and leaf materials were then gathered from the living collection. These were preserved in 70% ethanol for further morphological studies. In general, the morphological characters of leaves and flowers were examined using light microscopy (LM). Leaf indumentum on both surfaces was observed under LM and scanning electron microscopy (SEM).

2. Habitat and Distribution

Habitats of the *H. parasitica* complex were studied and their location recorded using GPS. Collection sites were plotted on an outline map thus showing their distribution, in relation to forest types and elevation, and as characterizing the habitats of particular members of the complex.

Figure 1. Sampling sites of *H. parasitica* complex in Thailand.

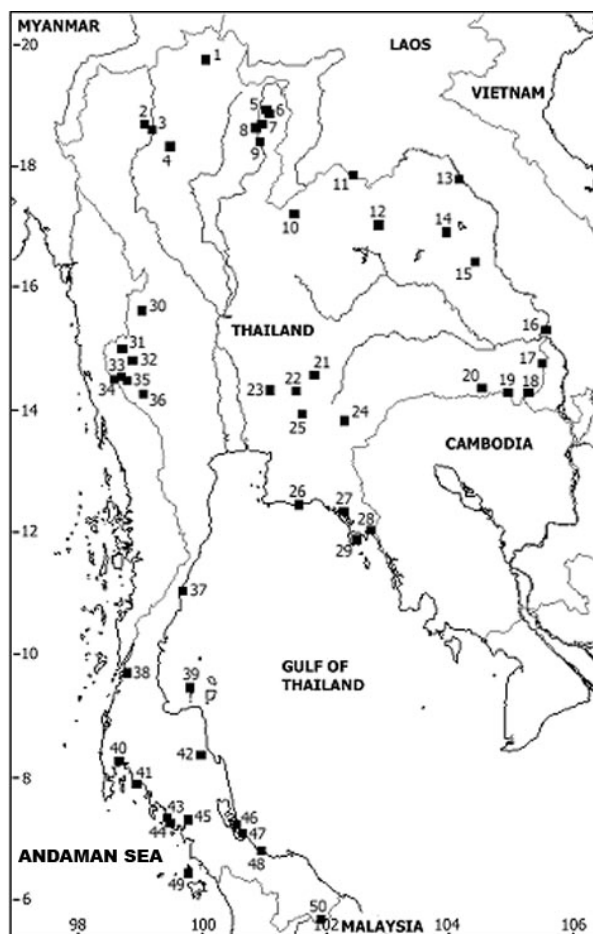


Table 1. Localities and collection-groups of the “*Hoya parasitica* complex” in Thailand

Site no. ^a	Locality	Group ^b
1.	Mueang, Chiang Rai Province	V
2.	Wang Bua Ban Waterfall, Chiang Mai Province	V, IX
3.	Haew Keaw, Mueang, Chiang Mai Province	VI
4.	Doi Khun Tan National Park, Lampang Province	IX
5.	Silaphet Waterfall, Pua, Nan Province	III, VII
6.	Tat Laung Waterfall, Pua, Nan Province	VII
7.	Ban Muang Wang Nhua, Phu Phiang, Nan Province	IX
8.	Phasing, Mueang, Nan Province	V
9.	Lhinan, Na Noi, Nan Province	VII, IX
10.	Pla Ba Waterfall, Phu Ruea, Loei Province	IX
11.	Than Thong Waterfall, Sri Chiang Mai, Nong Khai Province	IX
12.	Than Ngam Waterfall, Nong Wua So, Udon Thani Province	IX
13.	Tat Kham Waterfall, Ban Phaeng, Nakhon Phanom Province	IX

Table 1. (continued)

Site no. ^a	Locality	Group ^b
14.	Phu Phan National Park, Sakon Nakhon Province	IX
15.	Tat Ton Waterfall, Mukdahan Province	IX
16.	Soi Sawan Waterfall, Ubon Ratchathani Province	IX
17.	Huai Sai Yai Waterfall, Sirinthon, Ubon Ratchathani Province	IX
18.	Phu Chongna Yoi National Park, Ubon Ratchathani Province	IX
19.	Tat Hai Waterfall, Nam Yuen, Ubon Ratchathani Province	IX
20.	Sam Rong Kiat Waterfall, Khun Han, Si Sa Ket Province	IX
21.	Phu Wa Kiew Waterfall, Nakhon Ratchasima Province	IX
22.	Khao Yai National Park, Nakhon Ratchasima Province	I, IX
23.	Pu Kae, Saraburi Province	IX
24.	Pang Sida National Park, Sa Kaeo Province	IX
25.	Prachantakham, Prachin Buri Province	IX
26.	Ban Pe, Rayong Province	VIII
27.	Nam Tok Phliu National Park, Chanthaburi Province	VIII
28.	Mueang, Trat Province	VIII
29.	Ko Chang, Trat Province	VIII
30.	Thi Lo Su Waterfall, Tak Province	IX
31.	Sangkhla Buri, Kanchanaburi Province	IX
32.	Koeng Kra Wia Waterfall, Kanchanaburi Province	IX
33.	Pong Ron, Thong Pha Phum, Kanchanaburi Province	IX
34.	Pha Suk Pass, Thong Pha Phum, Kanchanaburi Province	I
35.	Ban Thamdua, Thong Pha Phum, Kanchanaburi Province	IX
36.	Sai Yok National Park, Kanchanaburi Province	IX
37.	Bang Saphan, Prachuap Khiri Khan Province	VIII
38.	Namtok Ngao National Park, Ranong Province	IX
39.	Ko Wua Ta Lub, Suratthani Province	VIII
40.	Mueang, Phangnga Province	VIII
41.	Noppharat Thara Beach, Krabi Province	VIII
42.	Khao Luang National Park, Nakhon Si Thammarat Province	I
43.	Pakmeng, Trang Province	VIII
44.	Hat Chao Mai National Park, Trang Province	VIII
45.	Thung Kai, Trang Province	VIII
46.	Sathing Phra, Songkhla Province	VIII
47.	Singhanakhon, Songkhla Province	VIII
48.	Pak Bang Sakom Beach, Songkhla Province	VIII
49.	Tarutao National Park, Satun Province	IV, VIII
50.	Sirinthon Waterfall, Waeng, Narathiwat Province	II

Note: a =Site numbers correspond to those in Fig. 1; b =Nine groups distinguished in this study.

Results

Despite the great observed variations (i.e., habitat, leaf shape, forms of leaf base, venation pattern of leaf, forms of sepal and corona), we can tentatively classify members of the complex into 9 groups by comparisons of qualitative morphological characters. These groups were then named as groups I-IX (IX being the residual group). Examples of leaves and flowers examined are shown in Fig. 2 - Fig. 6. A key to groups and descriptions of the groups are presented below.

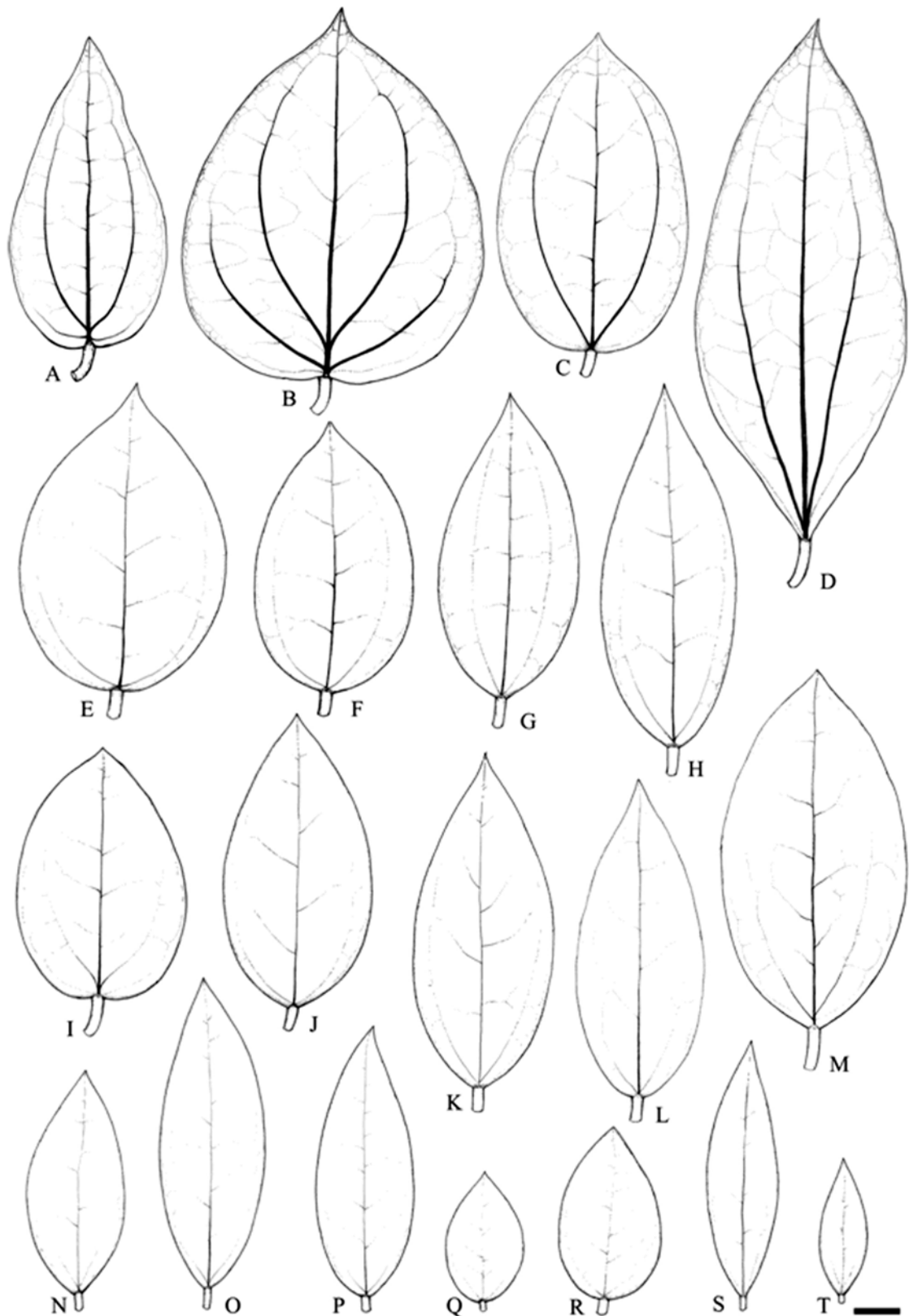


Figure 2. Leaves of the “*Hoya parasitica* complex”. A: Group I (166). B: Group II (303). C: Group III (380). D: Group IV (320). E-F: Group V, E (404), F (378). G-H: Group VII, G (385), H (384). I: Group VI (289). J-M: Group IX, J (559), K (436), L (3), M (258). N-T: Group VIII, N (120), O (670), P (660), Q (585), R (243), S (213), T (202). Numbers in parentheses denote the collection number. Bar = 2 cm.

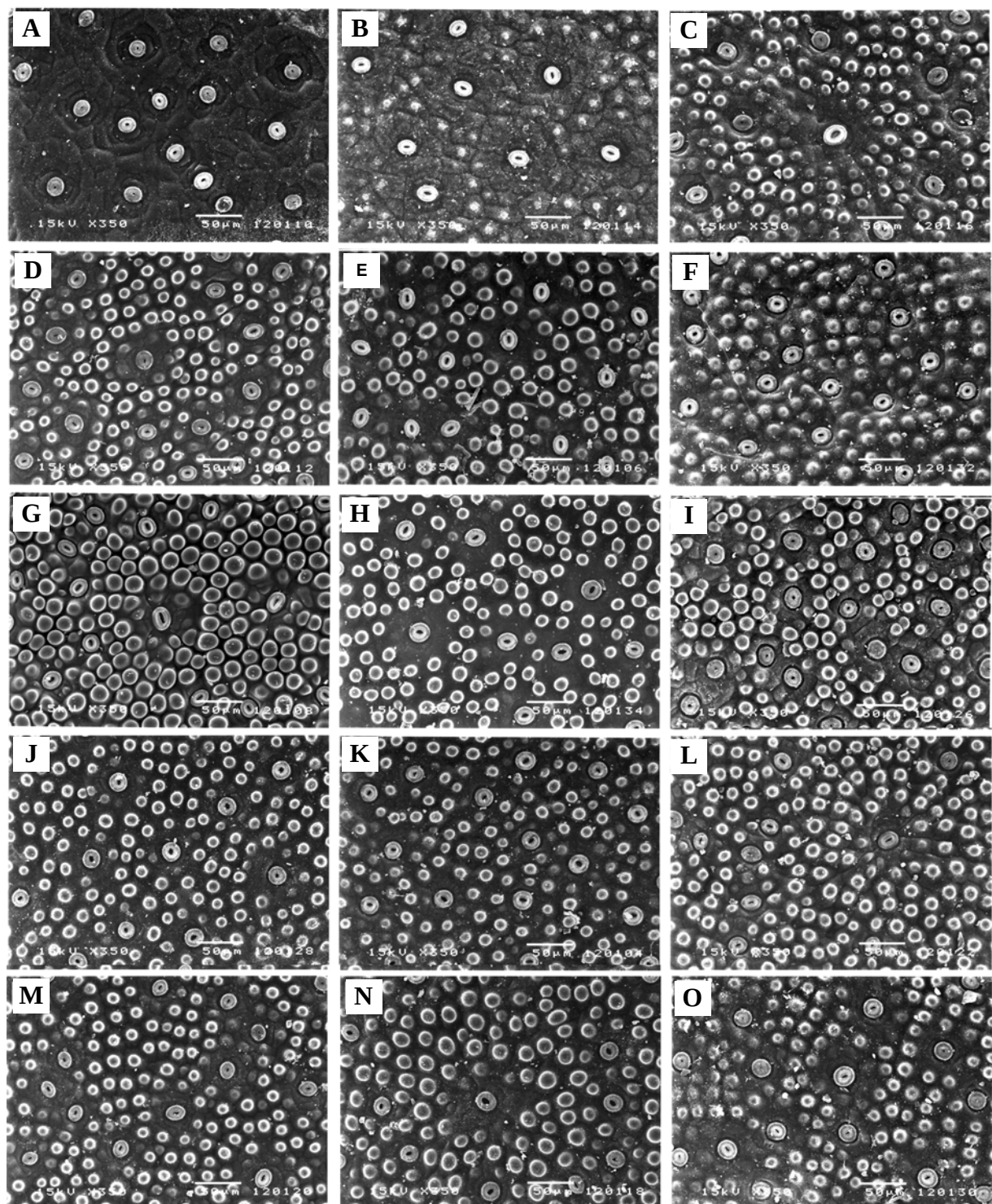


Figure 3. Scanning electron micrographs of abaxial surfaces of leaves of nine groups. A: Group I (166). B: Group II (303). C: Group III (380). D: Group IV (320). E-F: Group V, E (312), F (378). G: Group VI (289), H: Group VII (384). I-K: Group VIII, I (585), J (636), K (202). L-O: Group IX, L (429), M (3), N (508), O (258). Numbers in parentheses denote the collection number. Bar=50µm.

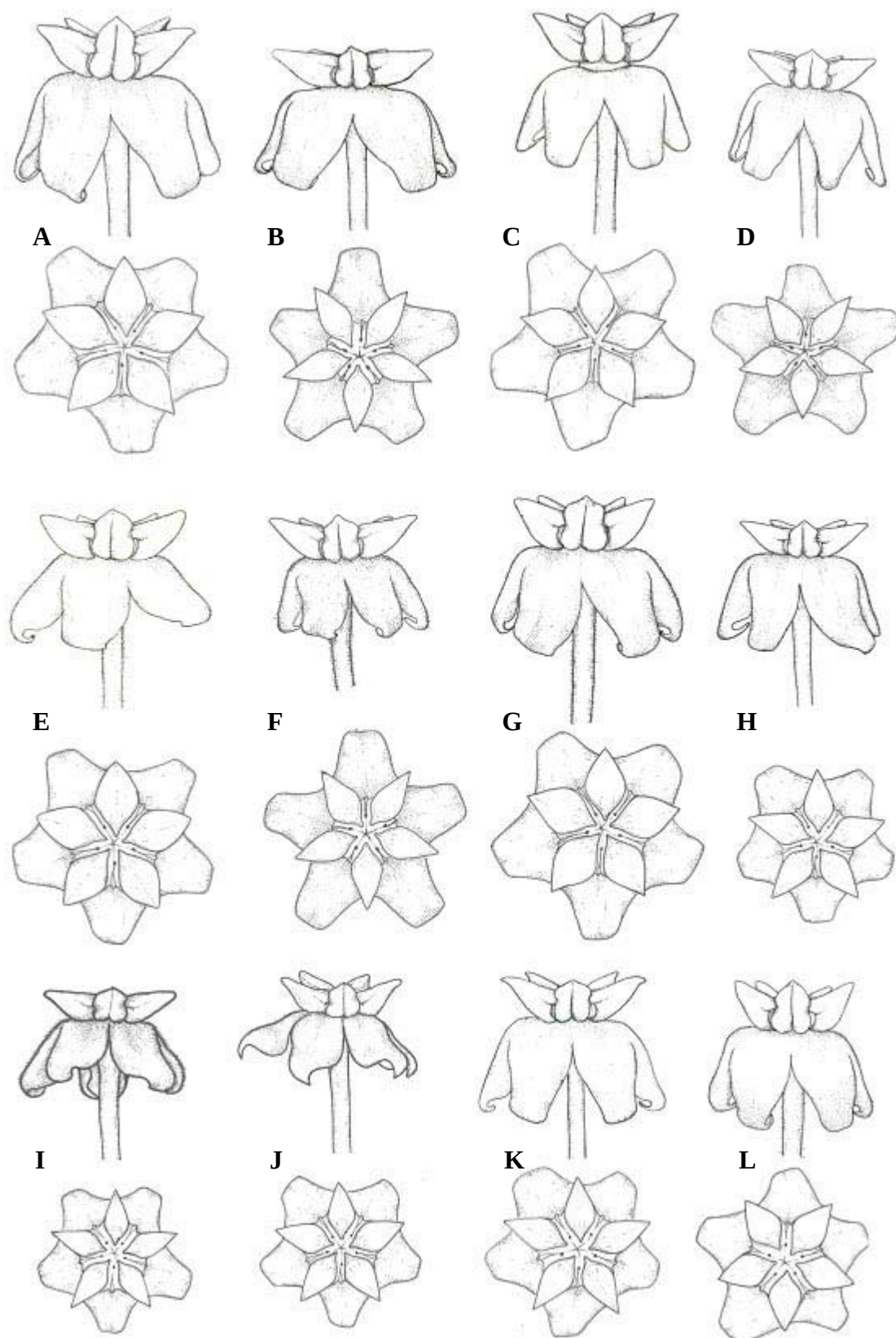


Figure 4. Flowers of the “*Hoya parasitica* complex” (lateral and top view). A: Group I (166). B: Group II (303). C: Group III (380). D: Group IV (320). E: Group V (404), F: Group VI (289), G: Group VII (364). H-I: Group VIII, H (660), I (202). J-L: Group IX, J (436), K (258) L (559). Numbers in parentheses denote the collection number. Bar=5 mm.

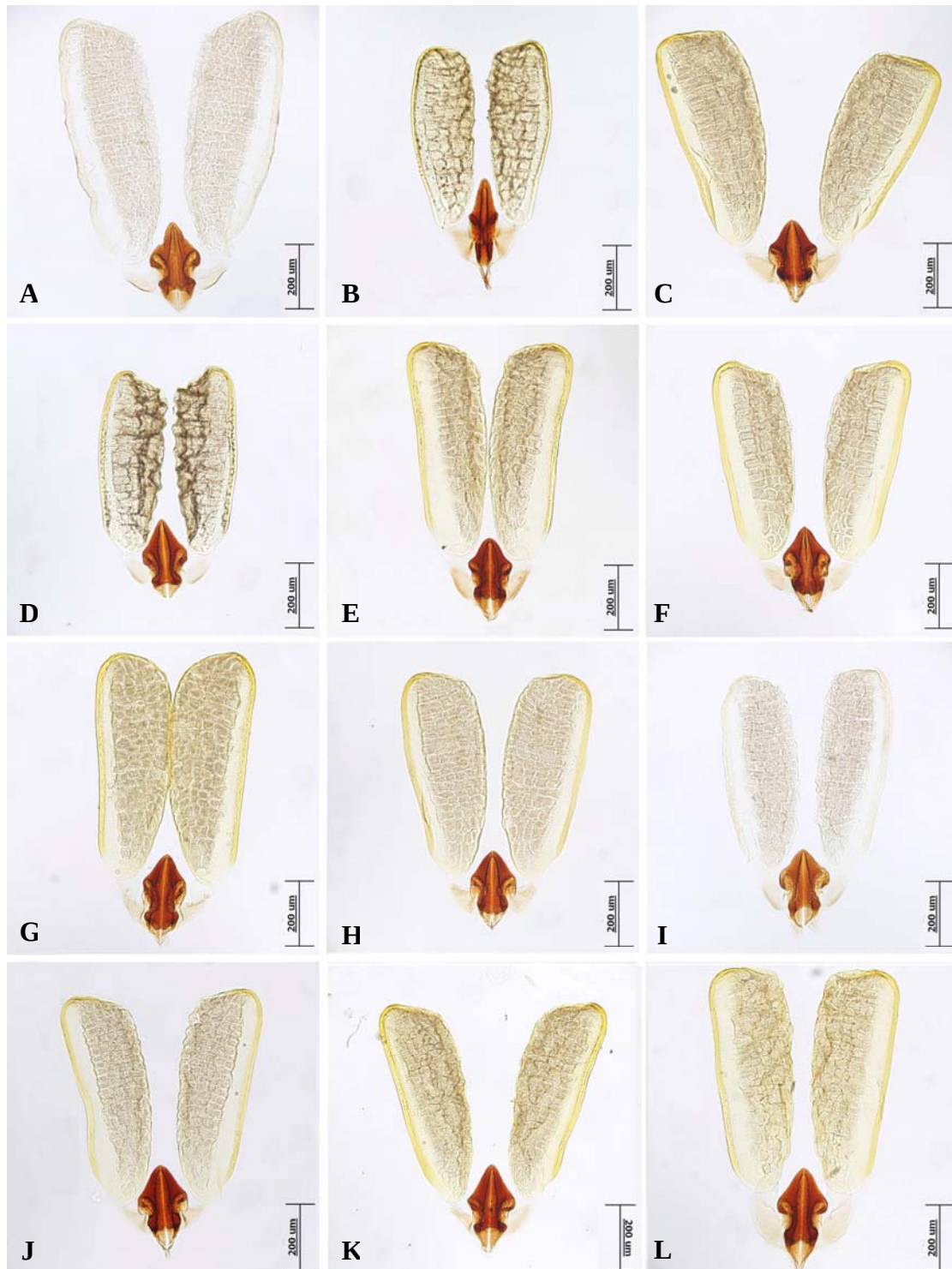


Figure 5. Twin-pollinia of the “*Hoya parasitica* complex”. A: Group I (166). B: Group II (303). C: Group III (380). D: Group IV (320). E: Group V (404), F: Group VI (289), G: Group VII (384). H-I: Group VIII, H (660), I (202). J-L: Group IX, J (436), K (258), L (559). Numbers in parentheses denote the collection number. Bar= 200 μ m.

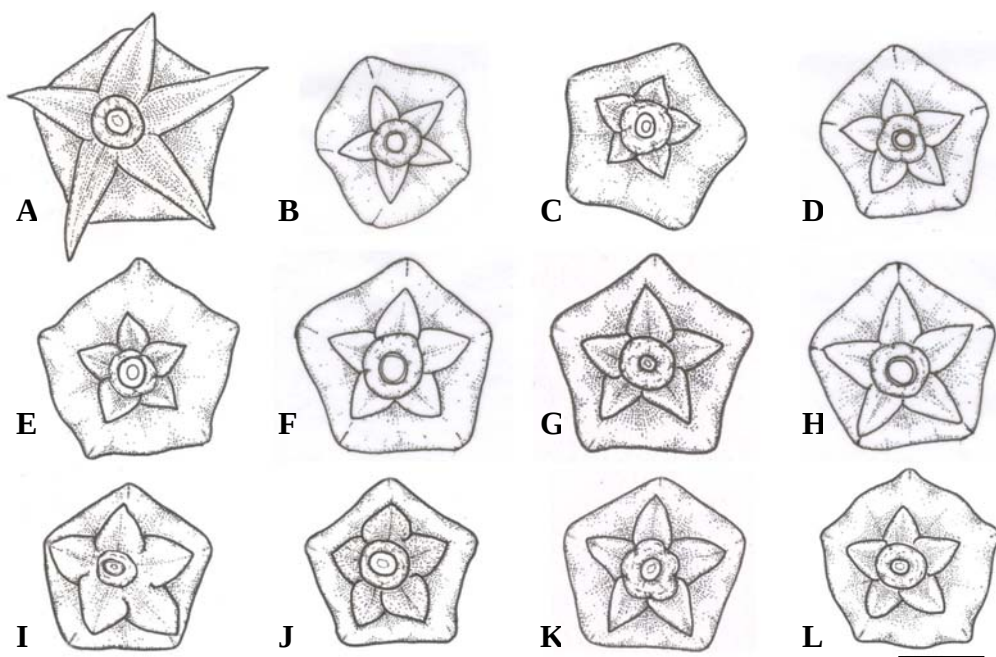


Figure 6. Flowers of the “*Hoya parasitica* complex” showing sepals (bottom view). A: Group I (166). B: Group II (303). C: Group III (380). D: Group IV (320). E: Group V (404), F: Group VI (289), G: Group VII (384). H-I: Group VIII, H (660), I (202). J-L: Group IX, J (436), K (258) L (559). Numbers in parentheses denote the collection number. Bar=5 mm.

Key to groups of wild *H. parasitica* complex in Thailand

1. Sepals lanceolate, longer than the corolla tubes; leaves glabrous **Group I**
1. Sepals ovate, equal in length or shorter than corolla tubes; leaves papillate on abaxial surface
 2. Leaves with prominent basal nerves, extending from base to apex, veins conspicuous
 3. Leaves ovate, base rounded to cordate
 4. Coronal scales ovate-lanceolate, corpusculum narrowly oblanceolate-oblong **Group II**
 4. Coronal scales ovate-elliptic, corpusculum broadly triangular-oblong **Group III**
 3. Leaves ovate-oblong, base cuneate **Group IV**
 2. Leaves with unclear basal nerves, mostly extending about half way to apex, veins obscure
 5. Leaf base rounded to subcordate
 6. Coronal scales ovate-elliptic, petioles stout **Group V**
 6. Coronal scales ovate-lanceolate, petioles slender **Group VI**
 5. Leaf base cuneate to obtuse
 7. Coronal scales ovate-elliptic **Group VII**
 7. Coronal scales ovate-lanceolate
 8. Leaves relatively narrow, 1.8-(3.8)-5.8 cm wide, base cuneate. Littoral plants **Group VIII**
 8. Leaves broad, 4-(5.8)-8.6 cm wide, base variable. Inland plant **Group IX**

Discussion and Conclusions

Hoya parasitica has long been recognized as a taxonomically confusing group of the genus *Hoya*. Many authors have differently discerned taxa within the complex. The confusion was partly due to the great variation exhibited by the plants in their natural habitats. The results from this present

study indicate that nine morphological groups can be recognized based on leaf shape, form of leaf base, leaf venation, leaf indumentum, shape of sepal, and shape of corona scale. However, the *Hoya parasitica* specimens could not be consistently allocated into discrete groups based on lamina texture, color of flower and hair. Lamina texture was found to be a slightly discontinuous variable. This variation appeared to be related to growing conditions in different habitats (Hill, 1988). Color of flowers has been reported to be highly variable in this species (Kiew, 1995). In this study, we found that the color of the corolla varied from white, creamy white, yellowish white, greenish white, pinkish white to white with brown, pink and violet at the apices. Hair was frequently found on the stem, corolla (adaxial surface), calyx (abaxial surface) and pedicel. Young stems and new branches varied from glabrous to pubescent, or earlier pubescent then becoming glabrous when getting old, but some plants were consistently glabrous. Hair on the pedicel also varied from glabrous to densely pubescent. In contrast, in some populations hairiness varied from glabrous to densely pubescent, while in others hairiness was only glabrous or pubescent. Hair on the corolla varied from minutely pubescent (almost glabrous to the naked eye) to densely pubescent (obvious to the naked eye). All the above characters (lamina texture, color of flower and hair) possess sufficient variability for us to conclude that they are not good discriminant characters for distinguishing taxa of this complex.

Regarding habitats and distributions, the 9 recognized groups of the complex occur in different floristic regions and habitats throughout the country. It was found that groups I, II and IV occur in rather humid forests with medium to low light conditions, while the other groups usually grow in dry habitat to some extent. These differences are possibly related in part to the degree of succulence and size of leaves that allow plants to withstand different light conditions (Forster and Liddle, 1991). Naturally, the members of the complex occur in a wide range of habitats and geographic features in Thailand. Anyway, the habitat and distribution of the 9 groups overlap to such a degree that they are not good characters to use to distinguish taxa in the complex.

The previous treatments of the genus *Hoya* and the *Hoya parasitica* complex, were based primarily on discrete characters of floral structures (Hooker, 1883; Rintz, 1978; Forster and Liddle, 1991; Kiew, 1995). In this study, we used floral characters in defining the species, while vegetative characters and their geographical distribution were used to specify the varieties. Hence, we considered that the nine groups in the *H. parasitica* complex are best treated as species and varieties. Group I and group II of the *H. parasitica* complex were treated at species level, due to their discontinuity in floral and vegetative characters.

Group I corresponds to the previously described species, *Hoya rigida* Kerr (Kerr, 1939). The result from this study shows good diagnostic characters to recognize this species based on leaf shape, venation, sepal shape and ratio of corolla tube length to sepal length. We agreed with Kerr (1939) to separate this species from *H. parasitica* s.l., and eliminated the suspicion by Veldkamp *et al.* that this species should be included in *H. parasitica* s.l.

Group II is somewhat similar to *H. parasitica* var. *critina* (Ridl.) Rintz except for its retention of minute hairs, scattered over the abaxial surface. Furthermore the corpusculum of anthers are oblanceolate-oblong. Rintz (1978) describes leaves and flowers of *H. parasitica* var. *citrina* and his illustrations show that the lower surfaces of leaves have distinctly dense hairs and triangular-oblong corpusculum. The result from this study indicated that group II is clearly distinguished from the *H. parasitica* s. l. Importantly, since it has some diagnostic characters (leaf broad ovate with cordate base; prominent, 3-5 nerves, extending from base to apex, hairs minute, scattered on the abaxial surface; corpusculum oblanceolate-oblong) which did not match any previously described taxa, we consider it should be treated as a new species. In addition, the fragrance of flowers in group II tends to differ from the other groups. We consider that this preliminary evidence suggests a chemical difference that may be used to recognize group II. At present, we treat group II as a cryptic and undescribed species within the *Hoya parasitica* complex.

Groups III and group IV have conspicuously discrete vegetative characters. Thus, we define them at the varietal level. Group III is similar to *H. parasitica* var. *citrina*. They share some common characters; possession of ovate leaves, the basal main veins extending to apex and the other veins being conspicuous, but there are still some differences. Group III has elliptic coronal scales and occurs in the lowlands of northern Thailand, while *H. parasitica* var. *citrina* has ovate-lanceolate coronal scales and occurs in Malaysia, being common on limestone hills. Group IV is an intermediate form

between *H. parasitica* var. *citrina* and *H. parasitica* var. *parasitica*. It shares its venation pattern with the variety *citrina*, while leaf shape is elliptic-oblong with cuneate base, this character is similar to the variety *parasitica*. It is evident that group III and group IV do not correspond to the previously described varieties. So we suggest that these two groups are new varieties of *H. parasitica* complex and treat them as undescribed taxa. However, these taxa are rather rare, each being found only at one site.

Groups V-IX have some discontinuity in flower and leaf characters. They can not be clearly distinguished into distinct species or varieties. Plants of groups VIII and IX correspond to the previous infraspecific taxon, *H. parasitica* var. *parasitica*. This is characterized by possession of an elliptic leaf shape, cuneate base, obscure veins and the lowest basal pair of main veins extending about halfway to the apex, while the other groups do not best fit this taxon. They have a broad ovate or elliptic to oblong leaf shape, obtuse to rounded at the base and are variable in corona lobe shape. However, they are more comparable to var. *parasitica* than are the other two previously described varieties, i.e. *H. parasitica* var. *citrina* and var. *hendersonii*, which have ovate leaves, a cordate base, 3 prominent nerves extending from base to apex and the other veins are also conspicuous. So we have treated groups V-IX as being variable forms of *H. parasitica* var. *parasitica*.

In conclusion, the proposed cryptic new species and new varieties of the *Hoya parasitica* complex in Thailand need to be researched further and definitive taxonomic conclusions reached. Such study is not part of this paper.

Acknowledgements

We would like to express our thanks to Brian Swale for his criticism of the manuscript. In addition, we would like to thank Dr. Somran Suddee and Sahut Chantanaorrapint for their generous help in plant collection.

This work was supported by the TRF/BIOTEC Special Program for Biodiversity Research and Training grant BRT T_146004 and the Graduated School, Chulalongkorn University.

References

- Forster, P.I. and D.J. Liddle. 1991. Variation in *Hoya australis* R. Br. ex Triall (Asclepiadaceae). *Austrobaileya* 3(3): 502-521.
- Hooker, J.D. 1883. *Hoya* Br. In *Flora of British India*. Vol. IV, pp. 52-63. L. Reeve & Co., London.
- Kerr, A.F.G. 1939. *Kew Bulletin*. 463.
- Kerr, A.F.G. 1951. *Hoya* R. Br. In Craib, W.G. and A.F.G. Kerr (eds.), *Flora Siamensis Enumeratio*. Vol. III, Part 1, pp. 35-42. Siam Society, Bangkok.
- Kiew, R. 1995. A new *Begonia* (Begoniaceae), *Hoya* (Asclepiadaceae) and *Sonerila* (Melastomataceae) from Fraser's Hill, Peninsular Malaysia. *Sandakania* 6: 63-71.
- Hill, K.D. 1988. A revision of *Hoya* (Asclepiadaceae) in Australia. *Telopea* 3(2): 241-255.
- Ridley, H.N. 1923. *Hoya* Br. In *The Flora of the Malay Peninsula*. Vol. II, pp. 393-402. L. Reeve & Co., Ltd., London.
- Rintz, R.E. 1978. The Peninsular Malaysian species of *Hoya* (Asclepiadaceae). *Malay. Nat. J.* 30: 467-522.
- Thaithong, O. 1995. The genus *Hoya* in Thailand. The Taxonomy and Phytochemistry of the Asclepiadaceae in Tropical Asia: Proceedings of Botany 2000 Asia International Seminar and Workshop, Malacca, June 1994. pp. 83-94.
- Veldkamp, J.F., R. Vandonkelaar and R.D. Kloppenburg. 1995. The Identity of *Sperlingia* Vahl (Asclepiadaceae). *Blumea* 40: 425-428.

พรรณไม้วงศ์ไม้ก่อของไทย

จำลอง เพ็งคล้าย¹, ธวัชชัย วงศ์ประเสริฐ², ธิรวัดน์ บุญทวีคุณ², พงษ์ศักดิ์ พลเสนา² และ ทนงศักดิ์ จงอนุรักษ์²

¹สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสถาน เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300, ²สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ

สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: Fagaceae of Thailand

Chamlong Phengklae¹, Thawatchai Wongprasert², Thirawat Boonthavikoon²,
Phongsak Pholsena² and Thanongsak Jonganurak²

¹Fellow of the Academy of Science, Royal Institute of Thailand, Dusit, Bangkok 10300,

²Office of the Forest Herbarium, National Parks, Wildlife and Plant Conservation
Department, Chatuchak, Bangkok 10900

Thai oak are deal with 119 species, 1 subspecies and 1 variety. These are including with 3 new species, 1 new varity; also with 35 new record and 9 endemic species to Thailand. Many of them are good for edible, offer good tannin, boards and media of economic mushrooms.

Key words: 119 species, Thai oak

บทนำ

ถ้าหากจะพูดถึงทรัพยากรธรรมชาติกันแล้ว ประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 321 ล้านไร่ เป็นประเทศหนึ่งที่มีทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุด จนมีคำกล่าวกันว่า ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว ในป่ามีพันธุ์ไม้นานาชนิด ทั้งไม้สัก ไม้ตะเคียนทอง ไม้ประดู่ เหลือที่จะคณานับ เรามีฤดูกาลที่แน่นอนและหมุนเวียนมาอย่างสม่ำเสมอ คือฤดูร้อน 4 เดือน จะเริ่มประมาณต้นเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม ฤดูฝน 4 เดือน จะเริ่มจากเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน และฤดูหนาว 4 เดือนเช่นกัน เริ่มจากเดือนตุลาคมถึงมกราคม คนไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เป็นชาวนาจะกำหนดช่วงเวลาปฏิบัติภารกิจเป็นรอบหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอ พืชผักต่างๆ จะได้จากท้องนาและตามรั้วบ้าน เช่น ผักบุ้ง ผักตำลึง ผักกระถิน อาหารจำพวกโปรตีน ก็หาเอาเองจากห้วยหนองคลองบึง เป็นพวกกุ้ง หอย ปู ปลา นานาชนิด หน้าแล้งเกี่ยวข้าวเก็บเข้ายุ้งฉางเสร็จก็ใช้ควายเทียมเกวียนเข้าป่า เพื่อหาฟืนให้พอเพียงกับที่จะใช้ในครัวเรือนตลอดปี การเพาะปลูกและการเพาะเลี้ยงก็แทบจะไม่รู้จักกันเลย พื้นที่ป่าไม่มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 165 ล้านไร่ (1 ไร่ = 1,600 ตร.ม.) ประชากรในประเทศประเมินว่ามี 18 ล้านคน การเรียนรู้เกี่ยวกับพืชหรือสัตว์เป็นไปตามธรรมชาติ จากปากต่อปาก จดจำและพิมพ์ฝังแน่นอยู่ในหัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชหรือสัตว์ที่เป็นประโยชน์ ทั้งที่มีประโยชน์เพื่อการบริโภค เพื่อใช้เป็นยารักษาโรค เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัย เพื่อใช้ทำเชื้อเพลิงหรือเครื่องนุ่งห่ม หรือที่เป็นพิษเป็นภัยทั้งการกินและสัมผัส ทุกคนรู้จักชนิดและแหล่งที่เสาะหานับเป็นร้อยๆ ชนิดทีเดียว ทำให้มีความรู้สึกว่าคุณรู้ว่าเป็นเรื่องธรรมชาติ ไม่จำเป็นต้องศึกษา (เรียนแบบปัจจุบัน) แต่อย่างใด ในตอนนั้นถ้าพบผู้ใดเดินไปเก็บชิ้นส่วนของพรรณไม้มากัด ตากแห้ง แล้วเอมานั่งดู (เช่น หมอตำรายา) ชาวบ้านจะมองด้วยความสงสัยว่า ผู้นั้นมีอาการปกติหรือเปล่า แต่ชั่วไม่นานเพียงต่ออายุกัน 1-2 ชั่วโมงชีวิต ประเทศไทยเราเปลี่ยนแปลงไปมาก พื้นที่ประเทศยังคงเดิม แต่ป่าเหลือเพียงประมาณ 106 ล้านไร่ หรือ 33 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ประเทศ ประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 63 ล้านคน (ไม่นับผู้ที่มิอำนาจที่อพยพเข้ามาอีกหลายล้านคน) แผ่นดินที่ในน้ำมีปลาในนามีข้าว เปลี่ยนไปเป็นในน้ำมีแพในนามีบ้านจัดสรรแทน ต้องหาพื้นที่ปลูกผัก ทำบ่อเลี้ยงปลา เลี้ยงเป็ด ไก่ สุกร เพื่อการบริโภค ก่อให้เกิดมลภาวะ เหตุทั้งนี้เรามีได้เตรียมการรับมือหรือป้องกันมาก่อน

หากจะเหลื้อมองอีกสักนิดว่า บรรดาพืชอาหาร ผักและผลไม้ เช่น ผักกาด ผักคะน้า ผักชี กะหล่ำปลี หน่อไม้ น้ำ มังคุด แตงกวา ถั่วพู ถั่วฝักยาว มะเขือเทศ ฯลฯ นับเป็นร้อยๆ ชนิดที่วางขายกันอยู่ในท้องตลาดนั้น เป็นพืชที่นำ

เข้ามาปลูกจากต่างประเทศทั้งสิ้น ก็ยิ่งน่าหาคำตอบยิ่งขึ้น แล้วจำพวกผักลิ้นห่าน ผักหวาน เพ้ายายม่อม หรือก่อเดียด หายไปไหน และหากต่อไปประเทศที่เป็นแหล่งของพืชนั้นๆ ลูกขึ้นมาทวงสิทธิประโยชน์ ที่เขาควรพึงมีพึงได้จาก ทรัพยากรของเขา แล้วเราจะทำอะไร ก็คงต้องซื้อผักด้วยราคาที่ประเมินต้นทุนการปลูกจนถึงตลาด บวกค่าสิทธิประโยชน์เข้าไปอีกใช่หรือไม่ หากจะถามว่าสายเกินไปไหม คำตอบน่าจะเป็นว่าไม่สาย และไม่มีอะไรที่สายเกินไปที่เรา จะกลับมามอง มาศึกษาวิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับทรัพยากรของประเทศไทยเรา ทั้งในแง่ลึกและการพัฒนาศักยภาพ เพื่อให้เป็นที่นิยมของชุมชนคนไทยและต่างประเทศให้ได้ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงพาณิชย์

พืชนับเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถเพิ่มพูนได้ การใช้ทรัพยากรนี้เพื่อการใด จำเป็นที่จะต้องทราบชนิด ให้ถูกต้องแน่นอน เพราะแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันคุณสมบัติเฉพาะทาง ถ้าใช้ผิดชนิดแทนที่จะเป็นคุณอาจเป็น โทษได้ ประเทศไทยดังที่กล่าวมาแต่ต้นแล้วว่า มีความหลากหลายของพรรณพืช ซึ่งควรจะได้นำมาใช้ประโยชน์อย่าง ถูกต้องและต่อเนื่อง หากจะได้ทำการวิจัยว่าเรามีพืชชนิดใดบ้างและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางใด การตรวจสอบหา ชื่อชนิดให้ถูกต้องนั้นมีหนทางเดียว คือจะต้องตรวจวิจัยอย่างเข้มข้นเป็นแต่ละวงศ์ (Family) ไป

ไม้วงศ์ก่อ (Fagaceae) ไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและคุณค่าทางปกป้องสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ เพราะส่วนใหญ่ชอบขึ้นตามป่าดิบเขา ตามที่ลาดชันสูง จึงเป็นกลุ่มพืชที่สำคัญที่ช่วยปกป้องการพังทลายของดิน รักษาอุณหภูมิจึงดูดซับความชุ่มชื้นเก็บไว้ในดินได้ดีกว่าพวกไม้สน (Pine) เหมาะแก่การที่จะปลูกหรือปลูกเสริมป่าต้นน้ำลำธาร ในขณะเดียวกันก็ยังมีไม้ก่ออีกมากชนิดที่ชอบขึ้นในสังคมพืชที่ผิวดินแตกกันไป จึงต้องศึกษาวิจัยให้รอบคอบยิ่งขึ้น อนึ่งบรรดาประเทศใกล้เคียงประเทศไทย เช่น พม่า ลาว เขมร เวียดนาม อินโดนีเซีย และจีน ในแต่ละประเทศได้มีการสำรวจและวิจัยหาชื่อชนิดพรรณพืชของเขาเสร็จสิ้นไปแล้ว เขาจึงสามารถบริหารหรือจัดการทรัพยากรธรรมชาติด้านพืชได้อย่างดี คงเหลือแต่ประเทศไทยเพียงประเทศเดียวเท่านั้นที่ยังไม่มีข้อมูลสมบูรณ์เกี่ยวกับพรรณพืชของไทย แต่ปัจจุบันนี้เราก็ได้ดำเนินการมาเสร็จเรียบร้อยได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ยังคงต้องดำเนินการอีกค่อนข้างยาวไกล เมื่อเทียบกับกำลังเจ้าหน้าที่กับพื้นที่ของประเทศ

มองย้อนอดีตเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยพรรณไม้วงศ์ก่อของไทยนั้น ขอกล่าวย่อๆ ดังนี้ ท่านแรกคงต้องให้เกียรติกับ Dr. O. Paulsen (1902) เขียนเรื่องพรรณไม้วงศ์ก่อเกาะช้าง มี 2 สกุล รวม 3 ชนิด คือ *Quercus semiserratus* Roxb., *Q. lauceaefolia* Roxb. และ *Castanopsis armata* (Roxb.) Spach. ต่อมา Dr. C.C. Hosseus (1911) เข้ามาสำรวจพรรณไม้ในประเทศไทย พบก่อ 8 ชนิด แต่ชื่อชนิดต้องเปลี่ยนแปลงภายหลัง เหลือ 6 ชนิด ต่อมา Dr. H.N. Ridley (1911) เขียนเกี่ยวกับพรรณไม้วงศ์ก่อภาคใต้ของไทย มี 2 ชนิด คือ *Quercus spicatus* Smith และ *Castanopsis tribuloides* A. DC. ท่านต่อมาคือ Prof. Dr. W.G. Craib (1911) บันทึกเกี่ยวกับพรรณไม้ก่อของไทยลงใน Kew Bulletin รวม 15 ชนิด ใน 2 สกุล คือ *Castanopsis* และ *Quercus* ต่อมา Dr. A.A. Camus (1952) ทำการทบทวนพรรณไม้วงศ์ไม้ก่อ ได้ทั้งชื่อพรรณไม้ก่อของไทยเป็นชนิดใหม่ 2 ชนิด คือ ก่อไข่แล่น (*Lithocarpus smitinandianus* A. Camus) เพื่อเป็นเกียรติแก่ ศ.ดร. เต็ม สมิตินันท์ นักพฤกษศาสตร์ของไทย แต่ชื่อนี้ถูกยุบไปเป็น *L. scortechinii* (King & Hook.f.) A. Camus และอีกชนิดหนึ่งคือ ก่อรุก (*Lithocarpus siamensis* A. Camus) เพื่อเป็นเกียรติกับประเทศไทย ตัวอย่างเก็บจากเขาหลวง จังหวัดนครศรีธรรมราช และจากการทำการวิจัยในครั้งนี้ (2546-2548) สามารถเก็บตัวอย่างที่มีผลสมบูรณ์ได้เป็นครั้งแรก

Dr. E.C. Barnett (ค.ศ. 1940) ทำการศึกษาและวิจัยพรรณไม้วงศ์ก่อแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเน้นประเทศไทยเป็นหลัก ผลงานของท่านทำให้ความรู้เกี่ยวกับพรรณไม้ก่อของไทยสมบูรณ์มากที่สุด ท่านได้สรุปอย่างชัดเจนและสวยงามว่า ประเทศไทยมีพรรณไม้วงศ์ก่อ 3 สกุล คือ สกุลก่อหนาม (*Castanopsis* Spach.) รวม 15 ชนิด สกุล ก่อตาหมู (*Lithocarpus*) รวม 27 ชนิด และสกุลก่อแป้น (*Quercus* Linn.) รวม 22 ชนิด ซึ่งทั้ง 3 สกุลนี้มีรวมทั้งสิ้น 64 ชนิด ในจำนวนนี้เป็นชนิดใหม่ของโลก 9 ชนิด (เหลือ 6 ชนิด ในการศึกษาวิจัยล่าสุด) นับว่าเป็นความพอใจระดับหนึ่งในวงการศึกษาวรรณไม้วงศ์ก่อของไทย

ท่านสุดท้ายก่อนที่จะมีการศึกษาในครั้งนี้ ก็คือ ศาสตราจารย์ ดร.เต็ม สมิตินันท์ ท่านให้ความสนใจเกี่ยวกับพรรณไม้ก่อนมาตั้งแต่ท่านเริ่มเข้ารับราชการในกรมป่าไม้ (พ.ศ. 2483) เพราะท่านว่าพืชวงศ์นี้ทำหายดี คือชอบอยู่บนเขาสูง และต้นก็สูง แถมช่วงออกดอกกับเป็นผลก็ค่อนข้างห่างกันมาก ทำให้หาตัวอย่างที่สมบูรณ์พร้อมในต้นนั้นๆ ยากมาก สุดท้ายท่านได้ฝากผลงานในเรื่องนี้ไว้ในไม้ก่อเมืองไทย (เต็ม, 2506) สรุปได้ว่า ไม้ก่อในประเทศไทยมี 4 สกุลรวม 106 ชนิด คือ สกุลก่อหนาม (*Castanopsis* Spach) 27 ชนิด สกุลก่อตาหมู (*Lithocarpus*) 50 ชนิด สกุลก่อตลับ (*Quercus* Linn.) 28 ชนิด และสกุลก่อสามเหลี่ยม (*Trigonobalanus* Forman) 1 ชนิด นับเป็นการบันทึกชนิดที่สูงที่สุดในช่วงนั้น แม้จะมีได้มีเอกสารอ้างอิงเป็นองค์ประกอบที่จะนำไปสู่การอ้างอิงได้ แต่เป็นแนวทางที่ค่อนข้างชัดเจนที่คนอื่นจะมาสืบหาอย่างจริงจังต่อไป ท่านเป็นคนแรกที่เก็บตัวอย่างไม้ก่อของไทยมากที่สุดมากกว่าหมอคาร์เก็บเสียอีก ท่านเก็บได้ถึง 464 หมายเลข หมายเลขแรกคือหมายเลข T. Smitinand 102 เก็บที่ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2494 คือ ก่อแพะ (*Quercus kerrii* Craib) จนถึง พ.ศ. 2545 โครงการ BRT ได้สนับสนุนให้มีการศึกษาวิจัยในเรื่องไม้ก่อของไทยอีกครั้งหนึ่ง นับเป็นการวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับพรรณไม้ก่อของไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อ

1. ให้ทราบชนิดและลักษณะรูปร่างแต่ละชนิดของพรรณไม้ก่อของไทยทั้งหมด
2. ให้ทราบถิ่นที่เกิดตามธรรมชาติของพรรณไม้ก่อของไทยทุกชนิด
3. ให้ทราบความสัมพันธ์ต่อสิ่งแวดล้อมของสังคมพืชที่ไม้ก่อขึ้นอยู่
4. ให้ทราบถึงส่วนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ของไม้ก่อไทยเท่าที่เป็นอยู่และน่าจะเป็น
5. ให้เป็นฐานข้อมูลในการอ้างอิงสิทธิประโยชน์ของทรัพยากรไทยในด้านพันธุ์พืช
6. ให้เป็นส่วนช่วยในงานวิจัยเพื่อการจัดทำหนังสือพรรณไม้ของประเทศไทยให้สำเร็จสมบูรณ์เร็วขึ้น

วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

พรรณไม้ก่อแม้ว่าส่วนใหญ่จะชอบอยู่ตามภูเขาหรือตามลาดภูเขาสูงชัน แต่ก็ไม่น้อยที่ชอบขึ้นตั้งแต่ชายทะเล ป่าพรุ ป่าเบญจพรรณแล้ง ป่าดิบชื้น ที่ครอบคลุมพื้นที่เกือบทั่วประเทศ ที่มีเนื้อที่ถึง 3,206,966,882 ไร่ หรือประมาณ 514,115 ตร.กม. ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่จะเดินทางสำรวจให้ทั่วทุกไร่ จำเป็นต้องพิจารณาเลือกตัวแทนพื้นที่ที่จะเข้าดำเนินการอย่างเข้มข้น ทางภาคเหนือ ได้กำหนดเอาพื้นที่ป่าอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่เป็นหลัก โดยยึดเอาสองข้างทางจากตีนเขาถึงยอดสูงสุดลึกเข้าไปข้างละ 20 เมตร แต่ละต้นเก็บตัวอย่างและติดหมายเลขไว้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยึดเอาอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลยเป็นหลัก ดำเนินการเช่นเดียวกับภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงใต้ ยึดเอาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี รวมทั้งพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา นครนายก และจังหวัดปราจีนบุรี เป็นหลัก ดำเนินการเช่นเดียวกับภาคเหนือ และภาคใต้ยึดเอาอุทยานแห่งชาติเขาลง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นหลัก ดำเนินการเช่นเดียวกับภาคเหนือ แต่ละภาคพยายามเก็บในต้นเดียวกันให้ได้ทั้งใบพร้อมดอก และใบพร้อมผล เพื่อความสมบูรณ์และจัดข้อสงสัยในการตรวจสอบชนิด นอกจากนี้ผู้สำรวจยังใช้โอกาสว่าง เก็บสำรวจจากบริเวณใกล้เคียงอื่นๆ ตามโอกาส ทำให้มีตัวอย่างและข้อมูลเพิ่มขึ้นอีกมาก เมื่อรวมกับตัวอย่างที่มีผู้เก็บไว้ก่อนหน้านี้เป็นร้อยๆ ปี จึงเป็นหลักประกันที่ค่อนข้างสมบูรณ์ที่สุดที่มีข้อมูลตัวอย่างพรรณพืชไม้ก่อที่จะใช้วิจัยและตรวจสอบหาชื่อชนิด

การเก็บตัวอย่างพรรณไม้ก่อ ดำเนินการเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างพืชชนิดอื่นโดยทั่วไป คือเก็บใบพร้อมดอก และหรือเก็บใบพร้อมผล กว้างและยาวประมาณ 10 x 13 นิ้วฟุต หรือประมาณครึ่งหน้ากระดาษหนังสือพิมพ์รายวัน ให้หมายเลขผู้เก็บ พร้อมบันทึกข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่ลักษณะและขนาดต้น สภาพป่า สิ่งแวดล้อม ความสูงจากระดับน้ำทะเล ฯลฯ เท่าที่พบได้ไว้ แล้วเอาตัวอย่างแต่ละชิ้นอัดลงในกระดาษหนังสือพิมพ์ เมื่อมากพอมัดใส่ถุงแล้วอาบน้ำยา

(แอลกอฮอล์) พอคาว มัดปากถุงให้แน่น เพื่อนำไปอบแห้งต่อไป เมื่ออบแห้งเสร็จจึงพร้อมส่งให้ฝ่ายวิจัยดำเนินการตรวจสอบชนิดต่อไป

2. การตรวจสอบพรรณไม้

ขั้นตอนการตรวจสอบทำได้หลายรูปแบบตามความถนัดหรือความคิดเห็นของผู้วิจัย สำหรับการวิจัยพรรณไม้วงศ์ไม้ก่อของไทย ไม่ได้ยึดติดกับชื่อที่มีผู้ให้ชื่อไว้แล้ว แต่ทุกชนิดนำมาพิจารณาตามลักษณะขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาจากลักษณะของใบ ตั้งแต่รูปร่าง การติดของใบกับกิ่ง โคนใบ ปลายใบ ขอบใบ เส้นใบซึ่งรวมทั้งเส้นกลางใบ เส้นแขนงใบ เส้นใบย่อย ลักษณะผิวใบ ก้านใบ ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
2. พิจารณาเกี่ยวกับช่อดอกว่าเป็นแบบใด เช่น ช่อเชิงลด ช่อแบบหางกระรอก ช่อกระจุก ช่อแยกแขนง ฯลฯ
3. พิจารณาเกี่ยวกับดอกว่าเป็นดอกสมบูรณ์เพศ แยกเพศ สี กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ เกสรเพศเมียแบบของรังไข่ รวมทั้งการติดของอวุลหรือไข่อ่อนในรังไข่
4. พิจารณาเกี่ยวกับผล ตั้งแต่ช่อดอก กาบผล สิ่งปกคลุมกาบผล เช่น หนาม เกล็ด หรือริ้วผล ซึ่งค่อนข้างจะสำคัญมากในการศึกษาไม้ก่อของไทย

จากรายละเอียดทุกประการข้างบน ซึ่งจะต้องบันทึกไว้ แล้วเอาชนิดตัวอย่างที่เหมือนกันมารวมกันเป็นแต่ละกลุ่ม ยังไม่ต้องคำนึงว่าเป็นชนิดใด

3. การตรวจเอกสาร

เริ่มกันที่เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวงศ์ไม้ก่อ (Fagaceae) เพื่อเชื่อมชั้กับลักษณะพืชของวงศ์นี้ ดูเอกสารที่แยกสกุล (Genera) ของพรรณไม้วงศ์ไม้ก่อ ว่ากำหนดไว้อย่างไรในแต่ละสกุล และประการสุดท้ายดูเอกสารที่มีการทบทวน (Revised) ล่าสุดของแต่ละวงศ์หรือแต่ละสกุล จะทำให้เรามองเห็นชัดเจนได้ว่า พรรณไม้ที่เราแยกไว้และจัดไว้เป็นกองๆ พร้อมรายละเอียดต่างๆ ของแต่ละกองนั้น น่าจะเป็นชนิดใด แต่เท่านี้ยังไม่พอ เมื่อเราก่อนข้างแน่ใจว่าน่าจะเป็นชนิดใดแล้ว ต้องเสาะหาดูพรรณไม้ต้นแบบ (Holotype หรือ Isotype หรือ Type) ที่โดยมากมักจะเก็บอยู่ตามหอพรรณไม้ที่สำคัญๆ ของโลก เพื่อสร้างหรือยืนยันความมั่นใจยิ่งขึ้น เพราะมีบางที่อ้างต่อๆ กันมาจนเบี่ยงเบนไปจากต้นแบบมากเกินไปก็มี จากนั้นจะต้องสอบเอกสารการตั้งชื่อ (Nomenclature) รวมทั้งเอกสารทะเบียนชื่อรวม (Kew Index) เพื่อประกอบความถูกต้องในการอ้างอิงเพื่อการเขียน จากทั้งหมดเราจะพบว่าชื่อใดถูกลบไปเป็นชื่อพ้องกับชื่อชนิดอื่นแล้วหรือชื่อนั้นถูกต้องแน่นอนเป็นปัจจุบันแล้ว แต่ถ้ากลุ่มใดที่แยกไว้ไม่เข้ากับลักษณะชนิดพืชตามเอกสารและจากพรรณไม้ต้นแบบที่มีอยู่ ก็ดำเนินการไปสู่การพิจารณาตั้งเป็นพรรณไม้ชนิดใหม่ (ของโลก) ต่อไป ผลงานจากการวิเคราะห์วิจัยจนได้ชนิดครบถ้วนแล้ว จะไปสู่การเรียบเรียงเพื่อง่ายต่อการรวบรวมและการศึกษาเกี่ยวกับชนิดไม้ก่อของไทยต่อไป

4. การเรียบเรียง

ในการเรียบเรียงขึ้นอยู่กับข้อตกลงในกลุ่มคณะผู้จัดเพื่อให้เป็นระบบและเป็นไปในทำนองเดียวกัน ผู้วิจัยวงศ์ไม้ก่อยึดตามข้อตกลงคณะกรรมการพรรณไม้ประเทศไทย (Flora of Thailand) ว่าจะต้องเขียนลักษณะประจำวงศ์ และของสกุล จัดทำรูปวิธาน (Key) แบบแยกสองกลุ่ม (Binomial) เพื่อให้ผู้ใช้ได้เห็นข้อเปรียบเทียบที่ต่างกัน เขียนบรรยายลักษณะของแต่ละชนิด พร้อมการกระจายพันธุ์ ข้อมูลทางนิเวศน์ ประโยชน์เท่าที่จำเป็นพอสังเขป รวมทั้งการให้มีภาพถ่าย รูปวาดประกอบมากหรือน้อยตามความเหมาะสม ซึ่งผลการวิจัยพรรณไม้วงศ์ไม้ก่อของไทย ได้เสนอร่างผลงานฉบับสมบูรณ์ ภาคภาษาไทย ต่อโครงการ BRT เพื่อพิจารณาจัดพิมพ์เผยแพร่เรียบร้อยแล้ว มีเนื้อหาสาระครบถ้วนดังที่ได้กล่าวมา

ผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามระบบและขั้นตอนตามที่กำหนดดังกล่าว เราสามารถยืนยันได้ว่า ไม้ก่อในประเทศไทยปัจจุบันมี 4 สกุล คือ สกุลก่อหนาม (*castanopsis*) 33 ชนิด, สกุลก่อตาหมู (*Lithocapus*) 56 ชนิด, สกุลก่อ

ดัลบ์ (*Quercus*) 29 ชนิด 1 ชนิดย่อยและ 1 สายพันธุ์ และสกุลก้อสามเหลี่ยม (*Trigonobalanus*) 1 ชนิด ซึ่งอาจแยกตามคุณสมบัติของพืชเป็นบางส่วนได้ดังนี้

1. กลุ่มไม้ก้อที่ใช้เมล็ดหรือผลเป็นอาหารได้ จากการสำรวจเจ้าหน้าที่ได้สืบถามจากประชาชนในพื้นที่ รวมทั้งเก็บข้อมูลที่นักสำรวจแต่ก่อนบันทึกไว้ พอเป็นแนวทางให้ทราบได้ว่า มีไม้ก้อไม่น้อยกว่า 25 ชนิด สามารถบริโภคได้ทั้งจากผลสด และคั่วทำให้สุก คือ ก้อเดือย *Castanopsis acuminatissima* (Blume) A. DC. ก้อขาว *C. argentea* (Blume) A. DC. ก้อหรั่ง *C. armata* (Roxb.) Spach. ก้อหมุดอย *C. calathiformis* (Skan.) Rehder & Wilson ก้อริ้ว *C. costata* (Blume) A. DC. ก้อแห้ง *C. crassifolia* Hickel & A. Camus ก้อแป้น *C. diversifolia* (Kurz) King ex Hook.f. ก้อแป้น *C. echidnocarpa* (Hook.f. & Thoms. ex A. DC.) A. DC. ก้อลิม *C. indica* (Roxb.) A. DC. ก้อข้าว *C. inermis* (Lind. ex Wall.) Benth. & Hook.f. ก้อหมู *C. javanica* (Blume) A. DC. ก้อเม่น *C. megacarpa* Gamble ก้อหมู *C. nephelioides* King ex Hook.f. ก้อหิน *C. piriformis* Hickel & A. Camus ก้อดาน *C. purpurea* Barnett ก้อใบเลื่อม *C. tribuloides* (Sm.) A. DC. ก้อบ้าน *C. wallichii* King ex Hook.f. ก้อหลับเนื้อริ้ว *Lithocarpus clementianus* (King ex Hook.f.) A. Camus ก้อหนึ่ง *L. elegans* (Blume) Hatus ex Soepadmo ก้อฝ้าย *L. encleisocarpus* (Korth.) A. Camus ก้อหมาก *L. polystachyus* (Wall. ex A. DC.) Rehder ก้อแดง *L. trachycarpus* (Hickel & A. Camus) A. Camus ก้อเตี้ย *Quercus aliena* Blume subsp. *aliena* Blume ก้อน้ำ *Q. aliena* Blume subsp. *griffithii* (Hook.f. & Thoms. ex Miq.) Schott.

ในจำนวนดังกล่าวที่น่าสนใจในอันดับแรกๆ น่าจะเป็น ก้อเดือย (*C. acuminatissima*) ก้อหนึ่ง (*L. elegans*) และก้อใบเลื่อม (*C. tribuloides*) เพราะทั้ง 3 ชนิด มีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางทั่วทุกภาคของประเทศ ขึ้นได้ทั้งบนเขาสูงและตามป่าแดง หรือป่าเต็งรัง ชอบขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่สะดวกต่อการเก็บ เนื้อผลมีรสเป็นที่นิยม แต่ข้อจำกัดคือ ผลมีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. เท่านั้น นอกจากนี้น่าจะเป็น ก้อแป้น (*C. diversifolia*) และก้อเม่น (*C. megacarpa*) เพราะมีผลขนาดใกล้เคียงกันกับผลเกาลัดจีน (*Castanea mollissima* Blume) ซึ่งเป็นพันธุ์ต่างประเทศ และต่างสกุลกับที่เรามีในประเทศไทย แต่ข้อด้อยของก้อแป้นและก้อเม่นคือ มีการกระจายพันธุ์น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ก้อเม่น เก็บตัวอย่างได้เพียง 2 ครั้งเท่านั้นจากจังหวัดเชียงใหม่ แต่ทั้ง 5 ชนิด หรือทั้งหมด 25 ชนิดดังกล่าว หากมีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลใหญ่ หาวิธีการขยายพันธุ์สู่ป่าไม้และเกษตรกรให้ได้ผลแล้ว จะกระจายได้ให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ตามป่าเขาจนเป็นอาชีพที่มั่นคงได้ในอนาคต ปัญหาแรกเราต้องการนักปรับปรุงพันธุ์ ให้มีผลใหญ่และมีคุณภาพสูง ประการที่สอง ต้องการนักปลูกและขยายพันธุ์เพื่อจัดการการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และป้องกันโรค ประการที่สามต้องการนักโภชนาการ เพื่อหาและประชาสัมพันธ์คุณค่าด้านคุณค่า เพื่อผลิตให้ตลาดบริโภคอย่างกว้างขวาง นักวิจัยพืชหมดสติที่จะคิดจะทำในเรื่องดังกล่าว และเป็นที่น่าเสียดายว่า เราทอดทิ้งทรัพยากรส่วนนี้ของเราไปนานเกินควร ทั้งโอกาส ทั้งทรัพยากรที่จะทำให้เกษตรกรของเราได้มีโอกาสความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นอย่างน่าเสียดาย

2. กลุ่มไม้ก้อที่ใช้เนื้อไม้เพื่อสิ่งปลูกสร้างและการอุตสาหกรรม ไม้ก้อส่วนใหญ่ขึ้นในที่ทุรกันดาร ตามป่าเขาหรือตามเนินดินที่ขาดความโอชะของปุ๋ย จึงค่อนข้างโตช้า เนื้อไม้จึงแน่นแข็งแรง เท่ที่มีการทดลองในก้อสกุลก้อดัลบ์ (*Quercus*) จะมีความแข็งแรงประมาณ 605 กก. ในสกุลก้อหนาม มีความแข็งแรงประมาณ 597 กก. ในขณะที่ไม้สัก มีความแข็งแรงประมาณ 496 กก. เท่านั้น ไม้ก้อทั้ง 119 ชนิด จึงสามารถใช้ทำสิ่งปลูกสร้างที่ต้องรับน้ำหนักมากๆ ได้ มีความทนทานตามธรรมชาติในเกณฑ์ปานกลาง รวมทั้งทำเครื่องกลึง เครื่องตบแต่งภายในอาคารบ้านเรือนได้ เพราะมีลายสวยงามเป็นส่วนใหญ่ ปัญหาอยู่เพียงว่า เนื่องจากโครงสร้างของเนื้อไม้ก้อค่อนข้างแน่นดังกล่าวแต่ต้น เมื่อเลื่อยหรือแปรรูปไม้แล้วจะต้องทำการผึ่งให้แห้งอย่างถูกต้อง มิฉะนั้นแผ่นไม้จะบิด ปรี หรือแตกตามผิวได้ ส่วนการใช้เพื่อการอุตสาหกรรมเป็นพิเศษนั้น มีไม้ก้อ 2-3 ชนิดที่นำให้ความสนใจเป็นพิเศษคือ ก้อขี้หมู (*Quercus helferiana* A. DC.) ก้อแพะ (*Quercus kerrii* Craib) และก้อแดง (*Quercus kingianus* Craib) ซึ่งพบขึ้นทั่วไปตามป่าเบญจพรรณแล้งทั้งในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย เคยมีการทดสอบว่าไม่มีความเหมาะสมที่จะทำถังแช่หรือหมักเหล้าและเบียร์ เช่นเดียวกับของไม้ก้อต่างประเทศ หากจะมีการสานต่อการวิจัยนั้นให้ก้าวหน้าต่อไป คงจะเป็นประโยชน์ใน

ทางอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในประเทศได้เป็นอย่างดี และหากจะลองเอาเปลือกก้อในสกุลก้อดลับ (*Quercus*) ที่ชอบขึ้นตามเขาหินปูนทางภาคเหนือ เช่น ก้อเชียงดาว (*Quercus semecarpifolia* Sm.) ก้อหมอก (*Q. lineatus* Blume) ก้อเขา (*Q. lanatus* Sm.) ก้อแดง (*Quercus kingianus* Craib) และก้อแคะ (*Quercus franchetii* Skan) มาทดสอบคุณสมบัติที่จะทำเป็นจุกคอร์ก เช่น เปลือกของ *Quercus suber* ที่เป็นไม้ก้อแถบเมดิเตอร์เรเนียนได้หรือไม่ หากคุณสมบัติเหมือนหรือใกล้เคียงก็คงจะเป็นความสำเร็จในการใช้ทรัพยากรของไทยให้เป็นประโยชน์ยิ่งขึ้น

อนึ่ง ประชาชนทางภาคเหนือนิยมเอากิ่งไม้ก้อโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวกสกุลก้อตาหมู (*Lithocarpus*) มาใช้เพาะเลี้ยงเห็ดหอม แต่ภายหลังผลผลิตสู้ของต่างประเทศ (จีน) ไม่ได้ ประกอบกับไม้หายากขึ้น ทำให้ผู้เพาะเลี้ยงลดน้อยลงไป ในการนี้น่าจะใช้แบบวิธีเพาะเห็ดนางฟ้า ด้วยการเอากิ่งไม้ก้อมาป็นเป็นซี่เลื่อย บรรจุงดงแล้วใส่เชื้อเห็ด น่าจะเหมาะสมและสะดวกกว่า รวมทั้งต้องพัฒนาวิธีการเพาะที่ทางเจ้าหน้าที่เกษตรควรได้สานต่อไป ถ้าเป็นไปได้ก็ทำให้คำที่ว่า คนกับป่าอยู่ร่วมกันได้เป็นรูปธรรมเห็นชัดยิ่งขึ้น

3. กลุ่มไม้ก้อเพื่อการเกษตร-ป่าไม้ ไม้ก้อส่วนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสกุลก้อหนามและก้อตาหมู เป็นไม้ขนาดใหญ่ ชอบขึ้นเป็นกลุ่ม จะช่วยปิดบังแสงแดดไม่ให้ส่องถึงพื้นดินมากเกินไป จุดนี้เท่าที่ประชาชนในพื้นที่ปฏิบัติ เช่น ทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ ที่เขาสอยดาว ประชาชนในพื้นที่จะปลูกกระวาน (*Amomum testaceum* Ridl.) และแว่ว (*Amomum villosum* Lour.) ใต้ร่มของพวกไม้ก้อและไม้ใหญ่อื่นๆ ทำการเก็บเกี่ยวผลจากแว่วและกระวาน ทำรายได้ที่ค่อนข้างดี หรือทางภาคเหนือจะปลูกกาแฟ (*Coffea* spp.) ใต้ร่มเงาของไม้ก้อและไม้ใหญ่อื่นได้เช่นกัน ในเรื่องนี้น่าจะหาทางเลือกพืชอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจาก แว่ว กระวาน กาแฟ แล้วมีพืชใดอีกที่จะปลูกผสมผสานที่ไม่ทำให้สภาพแวดล้อมป่าเสีย และให้ผลผลิตพืชที่ปลูกที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ คงต้องอาศัยนักการเกษตรผสมผสานกับนักวิชาการป่าไม้ร่วมกันวิจัยกันต่อไป ในกรณีนี้โครงการหลวงที่ราบสูงก็มีการวิจัยและทดลองอยู่มากพอควรทีเดียว เราจะได้ทั้งป่าต้นน้ำและผลผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และภูมิภาคเป็นอย่างดี

4. กลุ่มไม้ก้อเพื่อการทำสิ่งประดิษฐ์ ผลไม้ก้อทั้งกาบหุ้มและตัวผลของก้อทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสกุลก้อดลับ หากไม่เอาตัวผลมาบริโภค น่าจะทำการเป็นสิ่งประดิษฐ์ของชุมชนหรือท้องถิ่น จำหน่ายเป็นของที่ระลึกได้ เช่น นำมาทำเป็นตุ๊กตา ทำสัตว์ เชื่อมต่อด้วยเชือกหรือกาบ แต่งเติมแต้มสี ตามความเหมาะสม ก็จะเป็นผลดีแก่ชุมชน แทนที่จะให้ผลสลายเป็นดินไป ในการนี้คงต้องมีนักประดิษฐ์ทางด้านนี้เข้าไปแนะนำ เพื่อให้เกิดอาชีพเสริมให้ชุมชนนั้นๆ ต่อไป

5. กลุ่มไม้ก้อที่ควรต้องให้การดูแลเป็นพิเศษ ไม้ก้อกลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มที่พบเป็นการเฉพาะพื้นที่ หรือเป็นชนิดที่พบแต่เพียงในประเทศไทยเท่านั้น หรือเป็นชนิดที่พบและเก็บหามาได้ 1-3 ครั้ง ประกอบด้วย ก้อกัน *Castanopsis brevispinula* Hickel & A. Camus (พบน้อย) ก้อนาน *C. fordii* Hance (พบน้อย) ก้อตาน *C. malaccensis* Gamble (พบน้อย) ก้อเม่น *C. megacarpa* Gamble (พบน้อย) ก้อสยาม *C. siamensis* Duanmu (เฉพาะถิ่นไทย) ก้อไทย *C. thaiensis* Phengklai (เฉพาะถิ่นไทย) ก้อตาก *Lithocarpus echinops* Hjelmq. (พบน้อย) ก้อพลอยตราด *L. elephantum* (Hance) A. Camus (พบน้อย) ก้อว *L. loratifolius* Phengklai (เฉพาะถิ่นไทย), ก้อแตร *L. maingayi* (Benth.) Rehder (พบน้อย), ก้อพลอยจันทน์ *L. pierrei* (Hickel & A. Camus) A. Camus (พบน้อย) ก้อใบไทร *L. revolutus* Hatus ex Soepadmo (พบน้อย) ก้อสามชาย *L. rufescens* Barnett (พบน้อย) ก้อรุก *L. siamensis* A. Camus (มีเฉพาะเขาหลวง) ก้อเทา *Quercus lanatus* Sm. (มีเฉพาะดอยเชียงดาว) ก้อตาลอย *Q. lenticellatus* Barnett (เฉพาะถิ่นไทย) ก้อดลับ *Q. mespilifolius* Wall. ex A. DC. var. *pubescens* Barnett ex Smitinand & Phengklai (พบน้อย) ก้อจันทน์ *Q. sessilifolia* Blume (พบน้อย), ก้อเชียงดาว *Q. semecarpifolia* Sm. (มีเฉพาะดอยเชียงดาว) ก้อสามเหลี่ยม *Trigonobalanus doichangensis* (A. Camus) Forman (พบในเขตจำกัดและการกระจายพันธุ์ไม่ชัด) ชนิดดังกล่าวมีขีดจำกัดในการขยายพันธุ์ บางชนิดไปตามหาในถิ่นเดิมไม่พบ จึงน่าเป็นห่วงว่าชนิดที่มีคุณค่าเหล่านี้จะหายไปจากประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เป็นไม้ถิ่นเดียวของไทย ถ้าหมดไปก็เสมือนหนึ่งสูญไปจากโลกนี้เลย คงต้องขอให้แก่นุรักษ์ผู้ดูแลพื้นที่หรือหน่วยงานที่มีการประสานกับต่างประเทศได้พิจารณาต่อไป รวมทั้งนักขยายพันธุ์ที่อาจเป็นนักเกษตรหรือนักวิชาการป่าไม้ได้ศึกษาทั้งด้านสิ่งแวดล้อม การป้องกันศัตรูพืช เพื่อหาทางให้พืชดังกล่าวได้คงอยู่และแพร่พันธุ์ได้ในอนาคตอันใกล้

บทสรุป

ผลจากการศึกษาทำให้ทราบชนิดไม้ก่อของไทยทั้ง 119 ชนิด 1 ชนิดย่อย และอีก 1 พันธุ์ พร้อมข้อมูลที่จำเป็นของแต่ละชนิด รวมทั้งรูปลักษณะที่ได้จากการเรียงเรียงพร้อมรูปวาดประกอบ ที่ทางโครงการ BRT จะพิมพ์เผยแพร่ในภาคภาษาไทย และโครงการวิจัยพรรณไม้แห่งประเทศไทย จะพิมพ์เผยแพร่ในภาคภาษาอังกฤษในรูปของวารสาร Forest Bulletin และในรูปของ Flora of Thailand จะเป็น การแสดงยี่ห้อให้ นานาประเทศได้รับทราบถึงทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะกลุ่มหรือวงศ์ไม้ก่อของไทยเป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

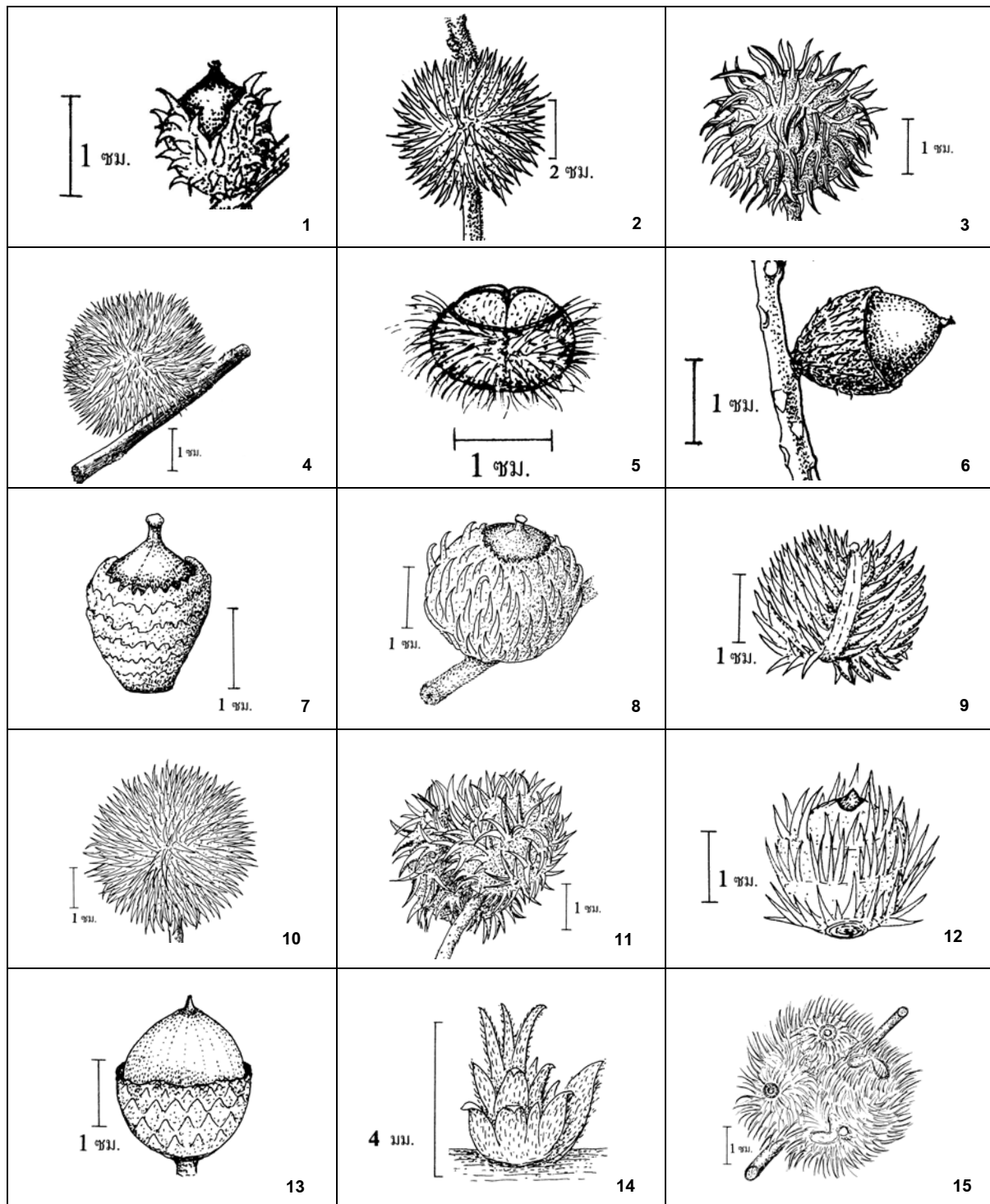
งานวิจัยพรรณไม้วงศ์ไม้ก่อของไทยสำเร็จตามเป้าหมาย ด้วยการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_145010 ที่สนับสนุนทุกๆ ทาง รวมทั้งให้คำแนะนำจัดปัญหาระหว่างดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี, จากหอพรรณไม้ทั้งในและต่างประเทศ อันมีหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (BKF), หอพรรณไม้มหิธรเกษตร (BK), หอพรรณไม้มสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ (QBG), หอพรรณไม้มหาววิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU), หอพรรณไม้มหาววิทยาลัยเกียวโต (KYO), หอพรรณไม้มหาววิทยาลัยกรุงโคเปนเฮเกน (C), หอพรรณไม้มหาววิทยาลัยเมืองออสโล (AAU), หอพรรณไม้มหาววิทยาลัยไลเดน (L), หอพรรณไม้มสวนพฤกษศาสตร์คิว (K), หอพรรณไม้มบริติชมิวเซียม กรุงลอนดอน (BR) ที่ได้กรุณาให้ยืมตัวอย่างพรรณไม้ หรือให้เข้าศึกษาตัวอย่างพรรณไม้ รวมทั้งอำนวยความสะดวกต่างๆ แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี และคณะหรือบุคคลผู้ได้เก็บตัวอย่างพรรณไม้วงศ์ไม้ก่อตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันที่ทำให้มีวัตถุดิบเพื่อใช้ในการวิจัยทั้งหมดดังกล่าว ขอได้รับความขอบคุณเป็นอย่างสูงจากคณะผู้วิจัย ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- เต็ม สมิตินันท์. 2506. ไม้ก่อในประเทศไทย. หน้า 31-39 ใน อนุสรณ์ศาสตราจารย์ ดร. เต็ม สมิตินันท์. 2538. บริษัทราชไทยเพรส จำกัด. 307 น.
- Barnett, E.C. 1940. A survey of the genus *Quercus* and related genera Fagaceae in Asia, with a more detailed account of the Siamese species of these genera. Ph.D. Thesis, Univ. Aberdeen. 584 p.
- Camus, A. 1952. Contributions a la Flora de E. Asie Orientale. *Nat. Syst. Paris* 14: 252-258.
- Craib, W.G. 1911. Contributions to the Flora Siam. *Kew Bull.* 10: 385-474.
- Hosseus, C.C. 1911. Die Botanischen Ergebnisse meins Exped. *Nach Siam, Bot. Central. Beih.* 38(2): 357-457.
- Ridley, H.N. 1911. Account of Botanical Expedition to Lower Siam. *J. Str. Br. Roy. As. Soc.* 59: 15-234.
- Paulsen, O. 1902. Flora of Koh Chang. *Bot. Tidsskr. Tome* 24(3): 255.

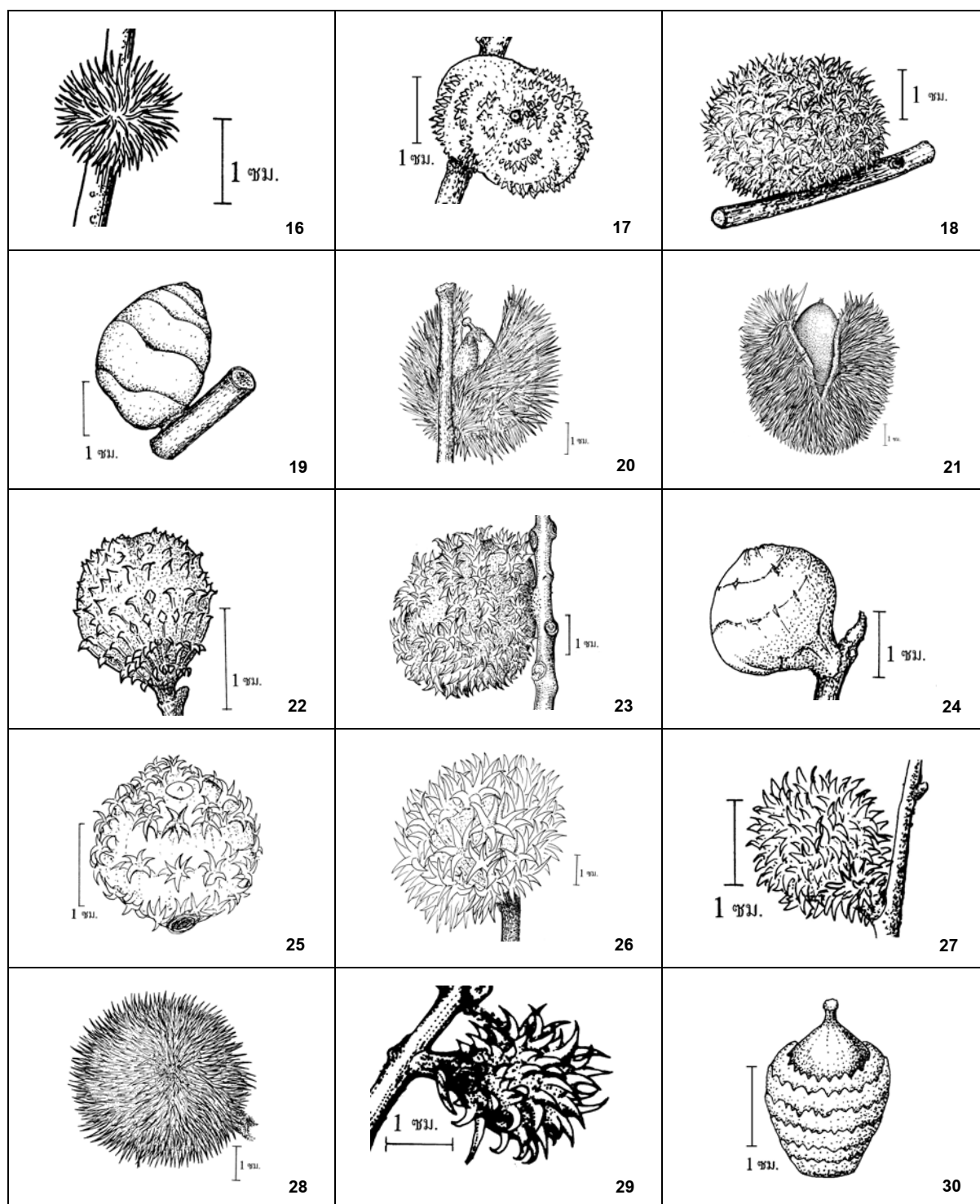
ภาคผนวก

ผลสกุลก่อหนาม (*Castanopsis*)



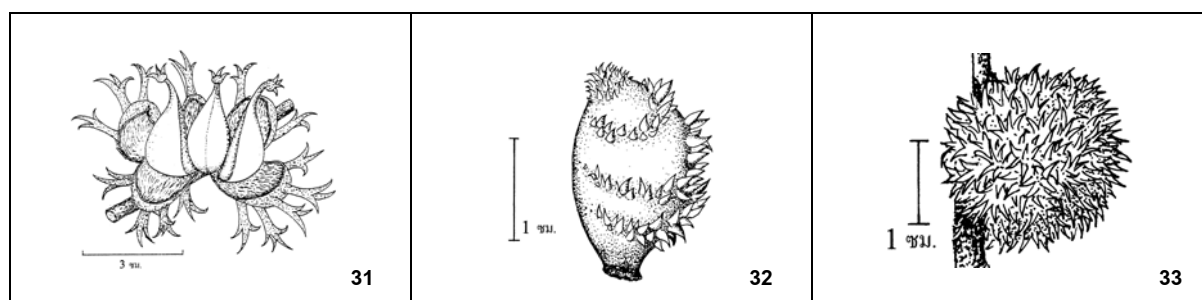
1) ก่อเตี้ย *Castanopsis acuminatissima*; 2) ก่อขาว *C. argentea*; 3) ก่อหุ้ม *C. argyrophylla*; 4) ก่อหรั่ง *C. armata*; 5) ก่อกัน *C. brevispinula*; 6) ก่อหมุดออย *C. calathiformis*; 7) ก่อตาหุ้ม *C. cerebrina*; 8) ก่อริ้ว *C. costata*; 9) ก่อแห้ง *C. crassifolia*; 10) ก่อแป้น *C. diversifolia*; 11) ก่อแป้น *C. echidnocarpa*; 12) ก่อแหลม *C. ferox*; 13) ก่อตาหุ้ม *C. fissa*; 14) ก่อหน้า female flower of *C. fordii*; 15) ก่อแดง *C. hystrix*

ผลสกุลก่อหนาม (*Castanopsis*) (ต่อ)



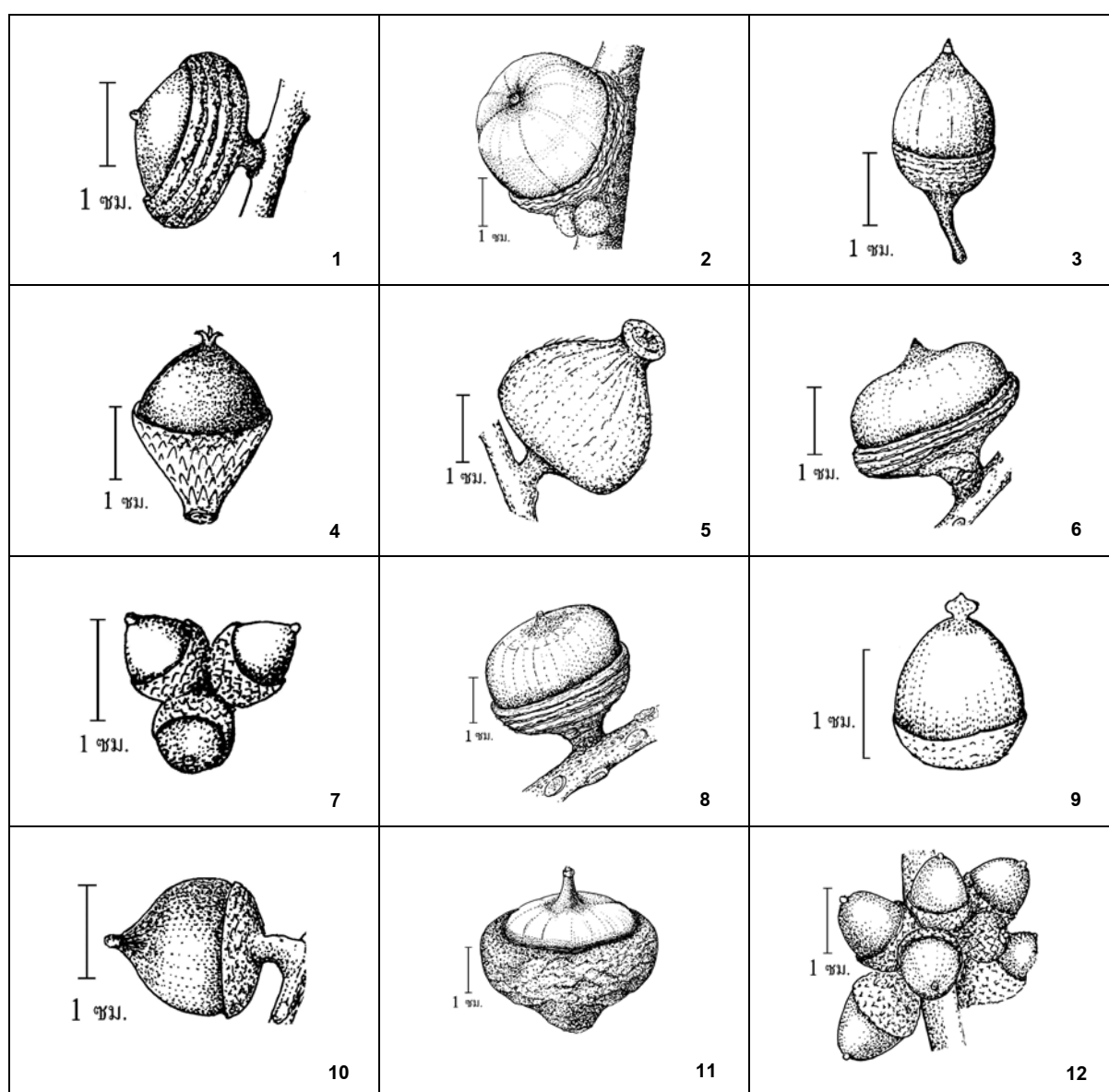
16) ก่อลิ้ม *C. indica*; 17) ก่อข้าว *C. inermis*; 18) ก่อหนู *C. javanica*; 19) ก่อเตี้ย *C. lanceifolia*; 20) ก่อตาน *C. malaccensis*; 21) ก่อเม่น *C. megacarpa*; 22) ก่อหนู *C. nephelioides*; 23) ก่อซี่หมู *C. pierreii*; 24) ก่อหิน *C. piriformis*; 25) ก่อแดง *C. pseudo-hystrix*; 26) ก่อตาน *C. purpurea*; 27) ก่อซี่หมู *C. rhamnifolia*; 28) ก่อรอด *C. rockii*; 29) ก่อเขี้ยวหมู *C. schefferiana*; 30) ก่อสยาม *C. siamensis*

ผลสกุลก่อหนาม (*Castanopsis*) (ต่อ)



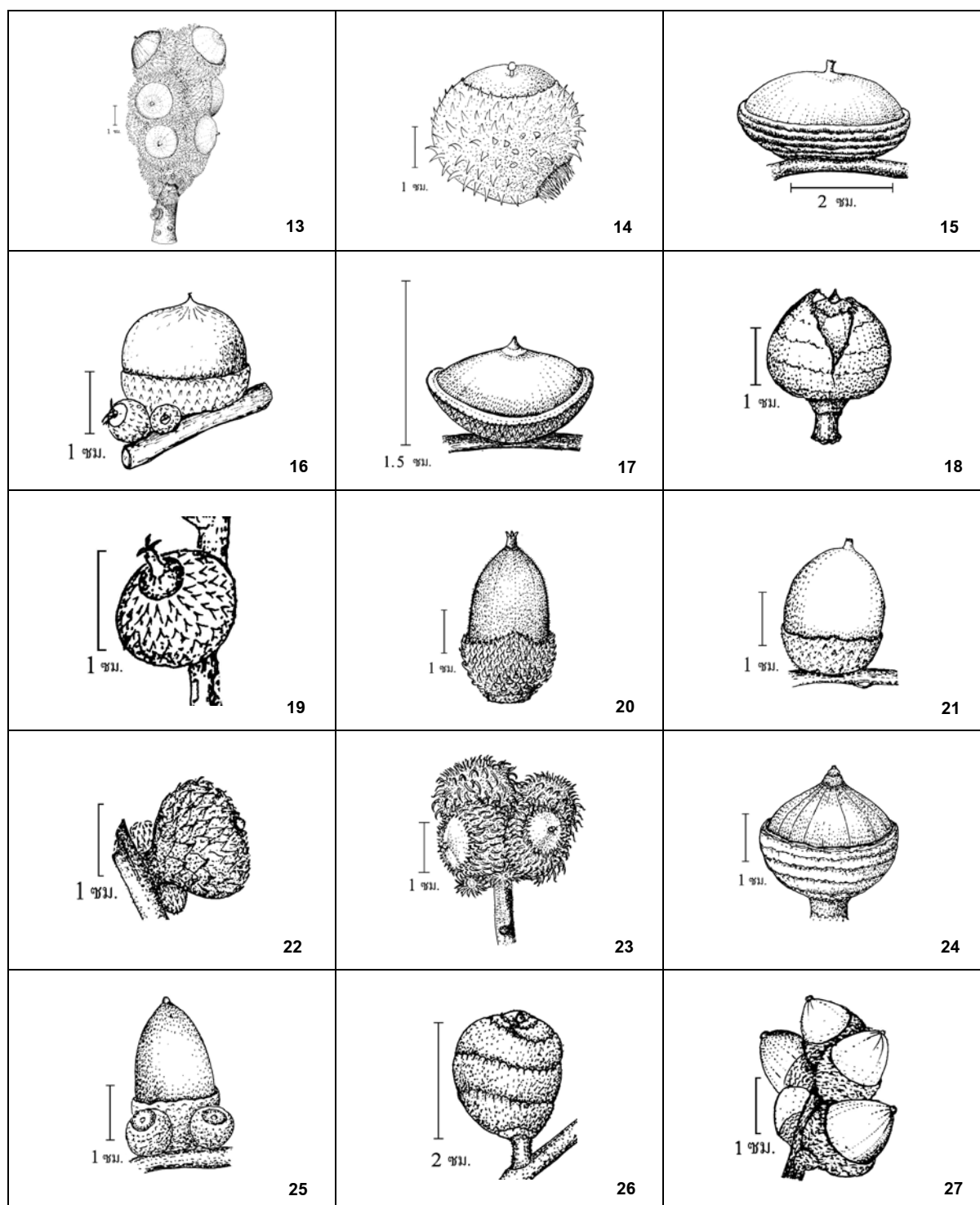
31) ก่อไทย *C. thaiensis*; 32) ก่อใบเลื่อม *C. tribuloides*; 33) ก่อบ้าน *C. wallichii*

ผลสกุลก่อตาหมู (*Lithocarpus*)



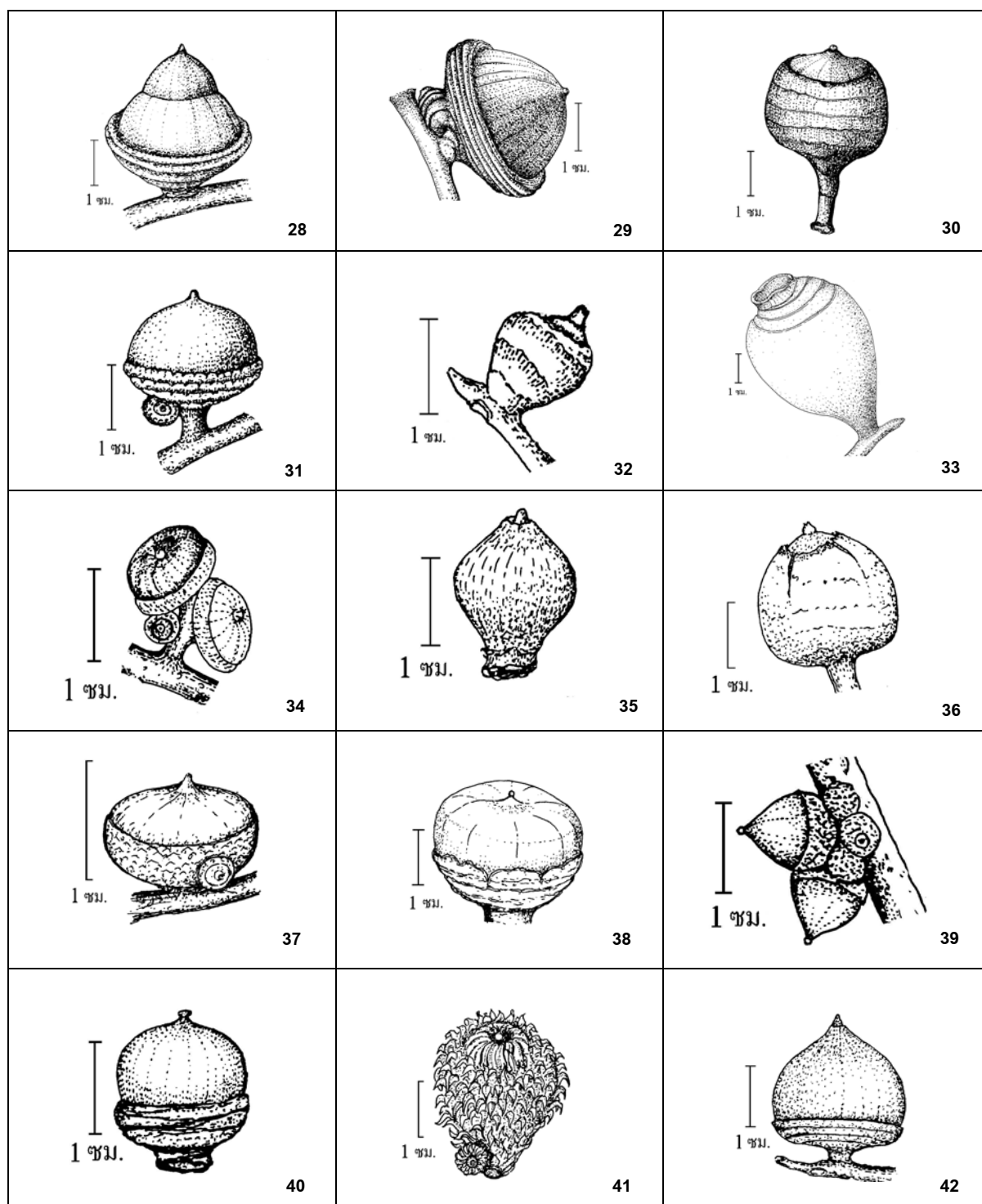
1) ก่อพวง *Lithocarpus aggregatus*; 2) ก่อหน้า *L. auriculatus*; 3) ก่อวงเอียด *L. bancanus*; 4) ก่อพรุ *L. bennettii*; 5) ก่อใบยาง *L. blumeanus*; 6) ก่อหลังเนื้อริ้ว *L. cantleyanus*; 7) มะก่อ *L. ceriferus*; 8) ก่อหลังเนื้อริ้ว *L. clementianus*; 9) ก่อสุเทพ *L. craibianus*; 10) ก่อหลัง *L. curtisii*; 11) ก่อหลังใหญ่ *L. cyclophorus*; 12) ก่อผิ้วะ *L. dealbatus*

ผลสกุลก่อตาหมู (*Lithocarpus*) (ต่อ)



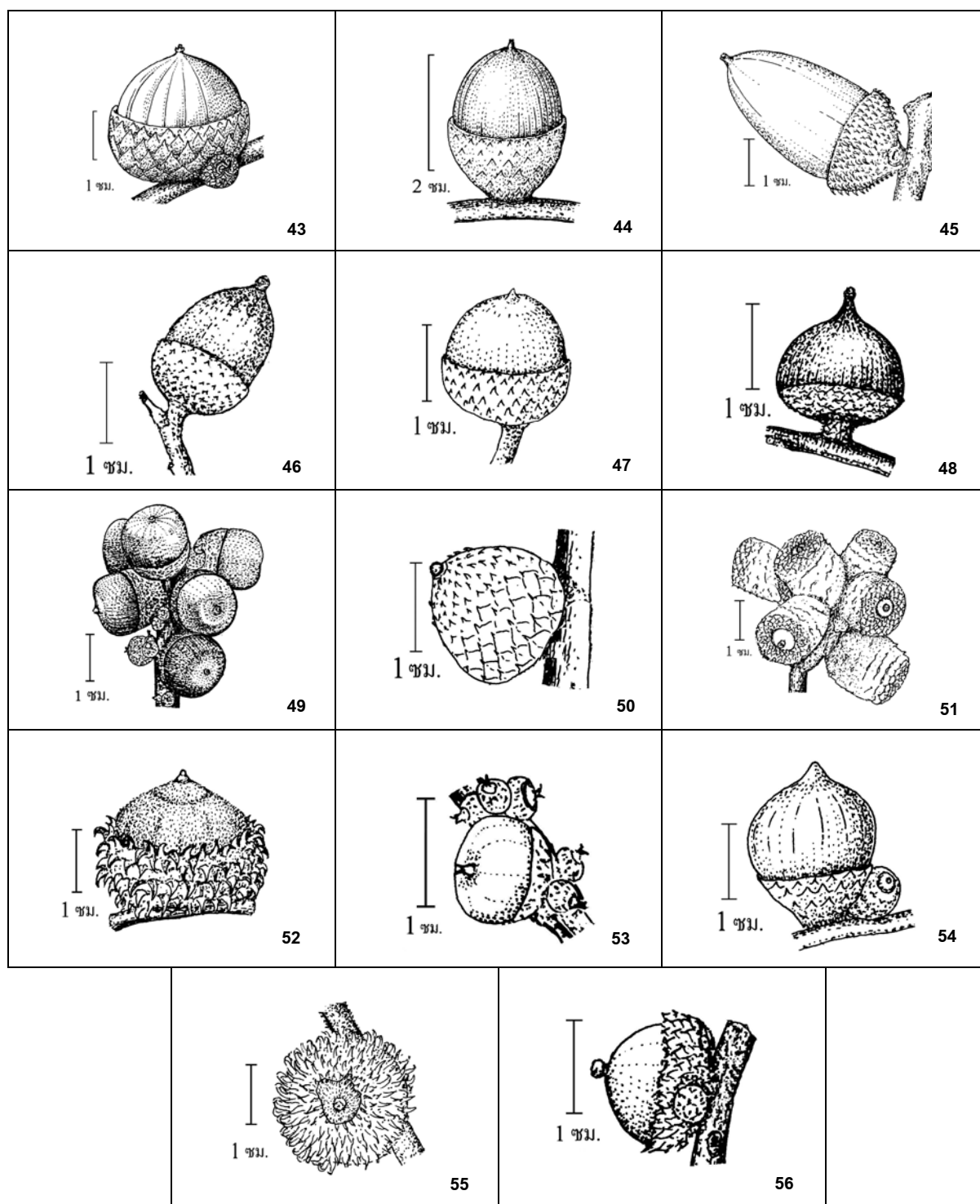
13) ก่อปั้น *L. echinophorus*; 14) ก่อตาก *L. echinops*; 15) ก่อหลับ *L. eichleri*; 16) ก่อเหง *L. elegans*; 17) ก่อพลอยตราด *L. elephantum*; 18) ก่อฝ้าย *L. encleisacarpus*; 19) ก่อกาบ *L. erythrocarpus*; 20) ก่อหมุ่น *L. eucalyptifolius*; 21) ก่อเนื้อร้ว *L. falconeri*; 22) ก่อพวง *L. fenestratus*; 23) ก่อกังต้าง *L. garrettianus*; 24) ก่อโมเล็ก *L. gracilis*; 25) ก่อซี่กว้าง *L. harmandianus*; 26) ก่อลำเลียง *L. hendersonianus*; 27) ก่อต่าง *L. lindleyanus*

ผลสกุลก่อตาหมู (*Lithocarpus*) (ต่อ)



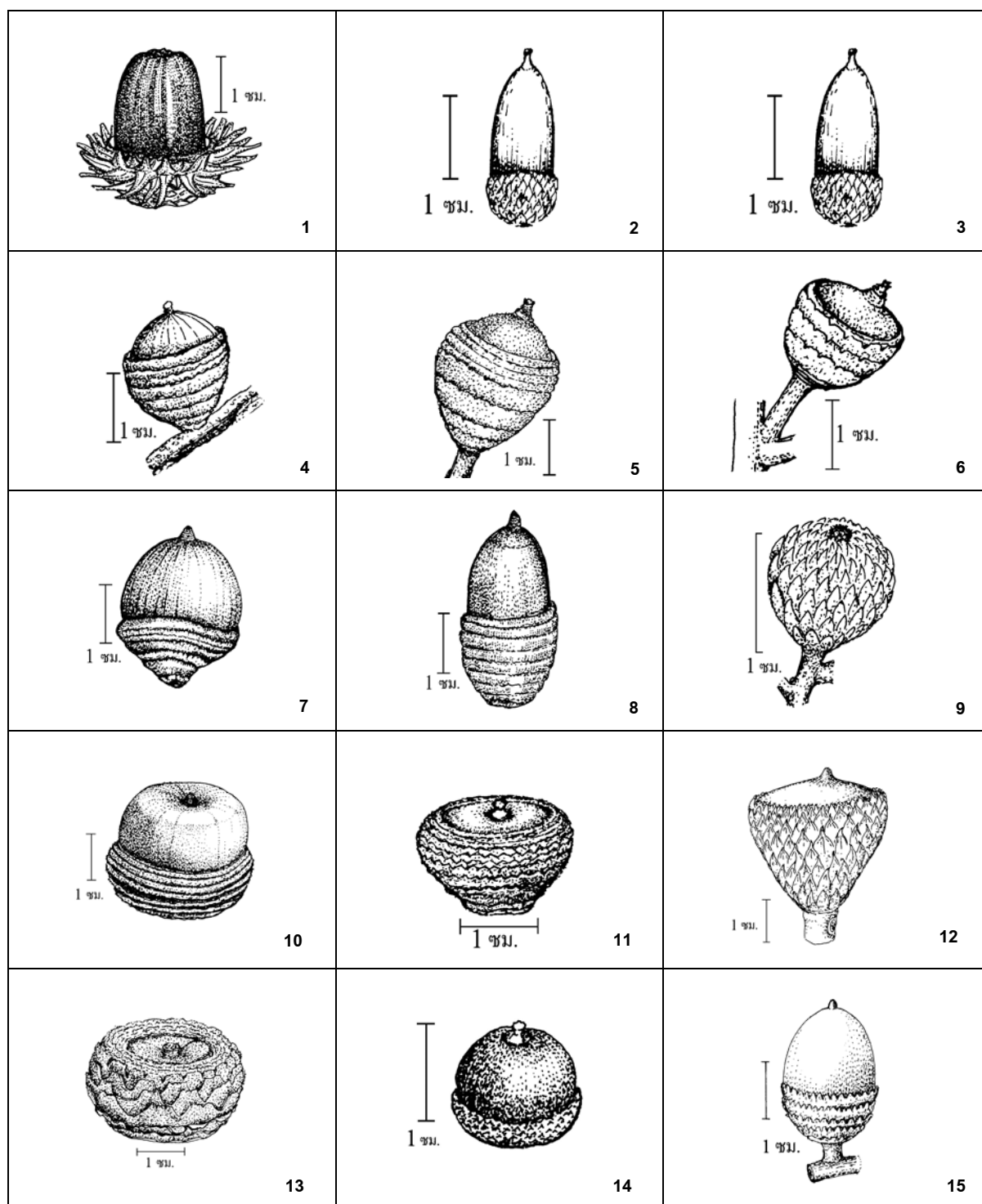
28) ก่อวง *L. loratifolius*; 29) มะก่อดำ *L. lucidus*; 30) ก่อหิน *L. macphailii*; 31) ก่อใบแหลม *L. magneinii*; 32) ก่อสัก *L. magnificus*; 33) ก่อแตร *L. maingayi*; 34) ก่อน้อย *L. mekongensis*; 35) ก่อครั้ง *L. neo-robinsonii*; 36) ก่อปัตตานี *L. pattaniensis*; 37) ก่อพลอย จันทน์ *L. pierrei*; 38) ก่อแซะ *L. platycarpus*; 39) ก่อหมาก *L. polystachyus*; 40) ก่อใบเอียง *L. rassa*; 41) ก่อพื้ะหนาม *L. recurvatus*; 42) มะก่อแฉ่ง *L. reinwardtii*

ผลสกุลก่อตาหมี (*Lithocarpus*) (ต่อ)



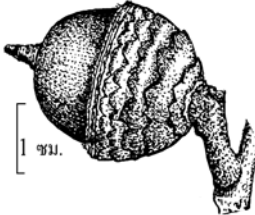
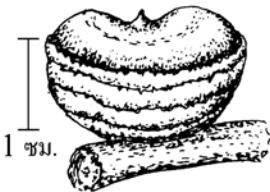
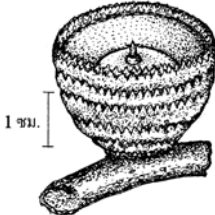
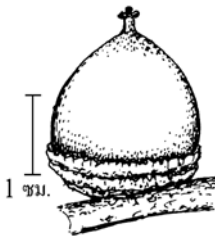
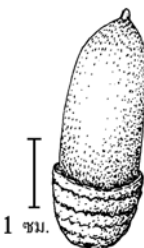
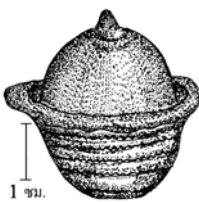
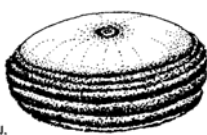
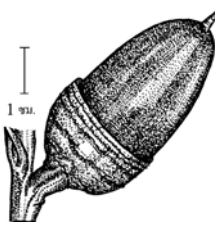
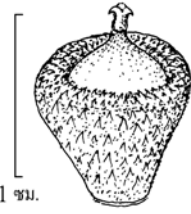
43) ก่อใบไทร *L. revolutus*; 44) ก่อสามชาย *L. rufescens*; 45) ก่อไข่แลน *L. scortechinii*; 46) ก่อรุก *L. siamensis*; 47) ก่อเลือด *L. sootepensis*; 48) ก่อหลังเต่าปุ่น *L. sundaicus*; 49) ก่อข้าว *L. thomsonii*; 50) ก่อแดง *L. trachycarpus*; 51) ก่อดำ *L. truncatus*; 52) ก่อจุก *L. tubulosus*; 53) ก่อขี้หมู *L. vestitus*; 54) ก่อหมี *L. wallichianus*; 55) ก่อเกรียบ *L. wrayi*; 56) ก่อสทิต *L. xylocarpus*

ผลสกุลก่อตลับ (*Quercus*)

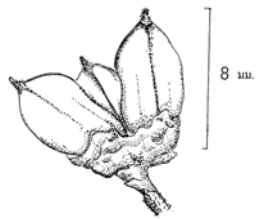


1) ก่อซี่กว้าง *Quercus acutissimus*; 2) ก่อเตี้ย *Q. aliena* sub sp. *aliena*; 3) ก่อน้ำ *Q. aliena* subsp. *griffithii*; 4) ก่อใบรี *Q. augustinii*; 5) ก่อหมวก *Q. auricoma*; 6) ก่อแอม *Q. austrocochinchinensis*; 7) ก่อตาควาย *Q. brandisianus*; 8) ก่อหิน *Q. fleuryi*; 9) ก่อกระ *Q. franchetii*; 10) ก่อซี่หมู *Q. helferianus*; 11) ก่อแพะ *Q. kerrii*; 12) ก่อแดง *Q. kingianus*; 13) ก่อแอมข้าว *Q. lamellosus*; 14) ก่อเทา *Q. lanatus*; 15) ก่อตาคลอย *Q. lenticellatus*

ผลสกุลก่อตลับ (*Quercus*) (ต่อ)

 1 ซม. 16	 1 ซม. 16.1	 1 ซม. 16.2
 1 ซม. 17	 1 ซม. 18	 1 ซม. 19
 1 ซม. 20	 1 ซม. 21	 1 ซม. 22
 1 ซม. 23	 1 ซม. 24	 1 ซม. 25
 1 ซม. 26	 1 ซม. 27	 1 ซม. 28
 1 ซม. 29	16) ก่อหมอก <i>Q. lineatus</i>; 16.1) ก่อแงะ <i>Q. mespilifolius</i> var. <i>mespilifolius</i>; 16.2) ก่อตลับ <i>Q. mespilifolius</i> var. <i>pubescens</i>; 17) ก่อต่าง <i>Q. myrsinaefolius</i>; 18) ก่อหมวก <i>Q. oidocarpus</i>; 19) ก่อเลื่อม <i>Q. oxyodon</i>; 20) ก่อสี่เสียด <i>Q. poilanei</i>; 21) ก่อหนดแมว <i>Q. quangtriensis</i>; 22) ก่อตลับ <i>Q. ramsbottomii</i>; 23) ก่อตลับ <i>Q. rex</i>; 24) ก่อเกลี้ยง <i>Q. saravanensis</i>; 25) ก่อเชียงดาว <i>Q. semecarpifolia</i>; 26) ก่อกระดุม <i>Q. semiserratus</i>; 27) ก่อจันทน์ <i>Q. sessilifolia</i>; 28) ก่อตาจี <i>Q. setulosus</i> 29) ก่อแอบ <i>Q. vestitus</i>	

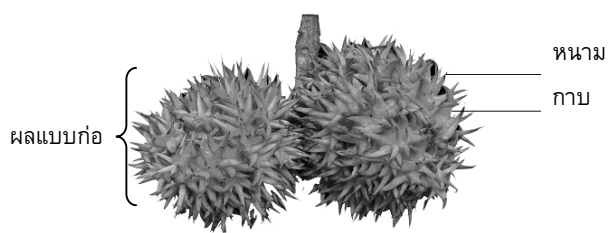
ผลสกุลก่อสามเหลี่ยม (*Trigonobalanus*)



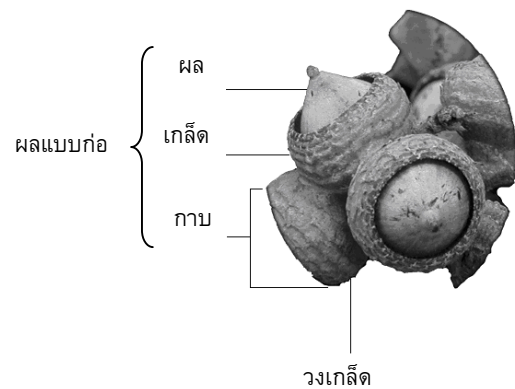
ก่อสามเหลี่ยม *Trigonobalanus doichangensis*

ลักษณะผลก่อในสกุลต่าง ๆ

ผลสกุลก่อหนาม



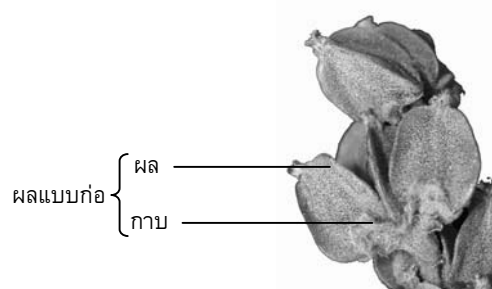
สกุลก่อตาหมู



ผลสกุลก่อตลับ



ผลสกุลก่อสามเหลี่ยม



กายวิภาคศาสตร์ของพืชวงศ์ชมพู่ในประเทศไทย

ช่อทิพย์ กัณฑ์โชติ, ประนอม จันทารโนทัย และ อัจฉรา ธรรมถาวร

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract: Anatomical Study of the Family Myrtaceae in Thailand
Chortip Kantachot, Pranom Chantaranothai and Achra Thammathaworn
Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

Twenty eight taxa in 12 genera of the family Myrtaceae in Thailand were investigated by epidermal peel and transverse sections of leaves and petioles. The analysis of the anatomical information obtained showed that the isolateral or dorsiventral leaf, midrib, margin and petiole shape, presence or absence of trichomes and hypodermis, stomatal types, epidermal cell wall, number of spongy layers, presence or absence of bundle sheath extension, shape and number of vascular bundles in the midrib and petiole, presence or absence of sclereids in the midrib and petiole, idioblast and crystal types are characters that could be a very useful complement to their identification.

Key words: Myrtaceae, anatomy

บทนำ

พรรณไม้วงศ์ชมพู่ (Myrtaceae) เป็นพืชในเขตร้อนและกึ่งร้อนของโลก ทั่วโลกมีประมาณ 100 สกุล 3,000 ชนิด (Heywood, 1985) พืชวงศ์นี้ประกอบด้วย 2 วงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อย Leptospermoideae ผลเป็นแบบผลแห้ง และ วงศ์ย่อย Myrtoideae ผลเป็นแบบผลสด ซึ่งประเทศไทยมีจำนวน 14 สกุล 115 ชนิด (Parnell and Chantaranothai, 2002) หลายชนิดมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ผลรับประทานได้ และบางชนิดนำมาใช้เป็นยาสมุนไพร เช่น หว้า (*Syzygium cumini* (L.) Druce) ใช้ใบต้มแก้โรคบิด ผลแก้ท้องร่วง เนื้อไม้นิยมนำมาสร้างที่อยู่อาศัย หรือทำส่วนประกอบของเรือ และเกวียน เป็นต้น

หลักฐานสำคัญที่ใช้ทางอนุกรมวิธานของพืชวงศ์ชมพู่คือ ลักษณะทางสัณฐานวิทยา เนื่องจากเป็นลักษณะที่สะดวกและง่ายต่อการศึกษาโดยอาศัยรูปวิธานและการบรรยายลักษณะของพืชเป็นหลัก แต่พืชในวงศ์นี้มีหลายสกุลที่ประกอบด้วยสมาชิกจำนวนมาก หลายชนิดมีปัญหาเกี่ยวกับการจำแนกและการตั้งชื่อ เช่น *Eugenia* s.l. จึงทำให้ยากต่อการจัดระบบและการสร้างรูปวิธานในระดับชนิด (Ridley, 1922) ดังนั้นจึงนำความรู้ทางด้านกายวิภาคศาสตร์มาประกอบการพิจารณาเพื่อช่วยในการระบุชนิดของพืชให้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่พืชไม่มีดอก รวมทั้งข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอื่นในสภาพที่พืชเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็กได้ เช่น การตรวจสอบผงยาของงานด้านเภสัชกรรมและการวิเคราะห์เซลล์พืชซึ่งสะสมอยู่ในดินของงานด้านโบราณคดี เป็นต้น

พรรณไม้วงศ์ชมพู่ส่วนใหญ่พบในบริเวณเนินเขาโล่งหรือริมลำธาร (Chantaranothai and Parnell, 1994) เป็นไม้ต้นหรือไม้พุ่ม ใบเรียบมีต่อมโปร่งแสง (pellucid dot) ใบเรียงแบบตรงข้าม พบน้อยที่เรียงแบบสลับและเป็นกระจุกรอบข้อ ส่วนมากไม่มีหูใบ ช่อดอกแบบกระจุกหรือแบบกระจุกหรือเป็นดอกเดี่ยว สมบูรณ์เพศ มี 4-5 ดอก หรือมีดอกจำนวนมากภายใน 1 ช่อดอก กลีบเลี้ยงและกลีบดอกเป็นอิสระหรือมีหมวก (calyptrate) ร่วงง่าย รูปร่างกลม เกสรเพศผู้มีจำนวนมาก ติดกับขอบของฐานรองดอกซึ่งเป็นรูปถ้วย บางชนิดมีก้านชูอับเรณูเชื่อมติดที่ฐานแยกเป็น 4-5 กลุ่ม ก้านชูอับเรณูติดด้านหลังอับเรณู รังไข่ส่วนใหญ่อยู่ใต้วงกลีบ ประกอบด้วย 2 ออวุลถึงจำนวนมาก ออวุลเป็นแบบคว่ำหรือแบบตะแคง พลาเซนตาแบบรอบแกนร่วม พบน้อยที่มีพลาเซนตาแบบแนวตะเข็บ ก้านชูเกสรเพศเมียแบบเดี่ยวรูปเส้นด้าย ยอดเกสรเพศเมียขนาดเล็กเป็นตุ่ม ผลแบบผลสดมีเนื้อหลายเมล็ดหรือแบบผลแห้งแตก (Parnell and Chantaranothai, 2002)

วิธีการ

เก็บตัวอย่างพืชวงศ์ชมพู่ จำนวน 12 สกุล 28 แทกซา โดยแบ่งตัวอย่างพืชเป็น 2 ส่วน คือ เก็บเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้งไว้ที่พิพิธภัณฑ์พืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และอีกส่วนหนึ่งนำมารักษาสภาพเพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

1. กรรมวิธีการลอกผิว

ล้างตัวอย่างสารละลายที่ใช้รักษาสภาพออกด้วยน้ำสะอาด ลอกด้านที่ไม่ต้องการออกด้วยใบมีดโกน หรือนำไปต้มในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 10% นาน 15-20 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างย้อมด้วยสีซาฟรานิน (safranin) เข้มข้น 1% ในแอลกอฮอล์ นาน 20 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำกลั่น และดึงน้ำออกจากตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 50, 70, 95 และ 100% ตามลำดับ หลังจากนั้นย้ายชิ้นตัวอย่างไปแช่ในสารละลายแอลกอฮอล์ 100% ผสมไซลีน (xylene) ในอัตราส่วน 1 : 1 ทำชิ้นตัวอย่างให้ใสด้วยไซลีน ขั้นตอนละ 5-10 นาที ฝักรีดด้วย DePeX บันทึกผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและบันทึกภาพ

2. กรรมวิธีพาราฟิน (อัจฉรา, 2538)

นำใบพืชตัดตามขวางเส้นกลางใบ เนื้อใบ ขอบใบ และก้านใบ ด้วยใบมีดโกน และแช่ในสารละลายแอลกอฮอล์ 70% ดูดอากาศออกจากเซลล์ด้วยเครื่องดูดอากาศ (suction pump) นาน 20-35 นาที และแช่ในแอลกอฮอล์ 70% นาน 24 ชั่วโมง เทสารละลายแอลกอฮอล์ 70% ออกจากขวดใส่ตัวอย่างให้มากที่สุด และรวดเร็วเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปในชิ้นตัวอย่าง หลังจากนั้นดึงน้ำออกจากตัวอย่างด้วยสารละลาย TBA (tertiary butyl alcohol) ความเข้มข้น (grade) ต่างๆ 5 ระดับ ขั้นตอนละ 24 ชั่วโมง นำพาราฟินเข้าสู่เซลล์โดยการนำชิ้นตัวอย่างแช่ในสารละลายซึ่งมีส่วนผสมของพาราฟินออยล์ (paraffin oil) และ TBA บริสุทธิ์ (pure TBA) ในอัตราส่วน 1 : 1 นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในพาราฟินบริสุทธิ์ (pure paraffin) แล้วนำไปไว้ในตูบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน โดยเปลี่ยนพาราฟิน 3 ครั้ง ฝังชิ้นตัวอย่างในพาราฟินบริสุทธิ์ ปล่อยให้พาราฟินแข็งตัวแล้วนำไปติดบนแท่งไม้ จากนั้นตัดชิ้นตัวอย่างด้วยไมโครโทมแบบมือหมุน (rotary microtome) และไมโครโทมแบบเลื่อน (sliding microtome) หนา 10-16 ไมโครเมตร ยึดติดกับและติดกับด้วยสไลด์ในหม้อน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีเจลาติน (gelatin) 0.1% โดยน้ำหนัก นำสไลด์ที่ติดกับแล้วอย่างน้อย 20 ชั่วโมง ผ่านขั้นตอนการย้อมด้วยสี (staining) ซาฟรานินเข้มข้น 1% ในแอลกอฮอล์นาน 20-45 นาที ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง และย้อมควบคู่กับสีฟาสต์กรีน (fast green) เข้มข้น 1% ในแอลกอฮอล์ หลังจากนั้นทำชิ้นตัวอย่างให้ใสด้วยไซลีน หลังจากนั้นฝักรีดด้วย DePeX และบันทึกผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงพร้อมทั้งบันทึกภาพ

ผลการวิจัย

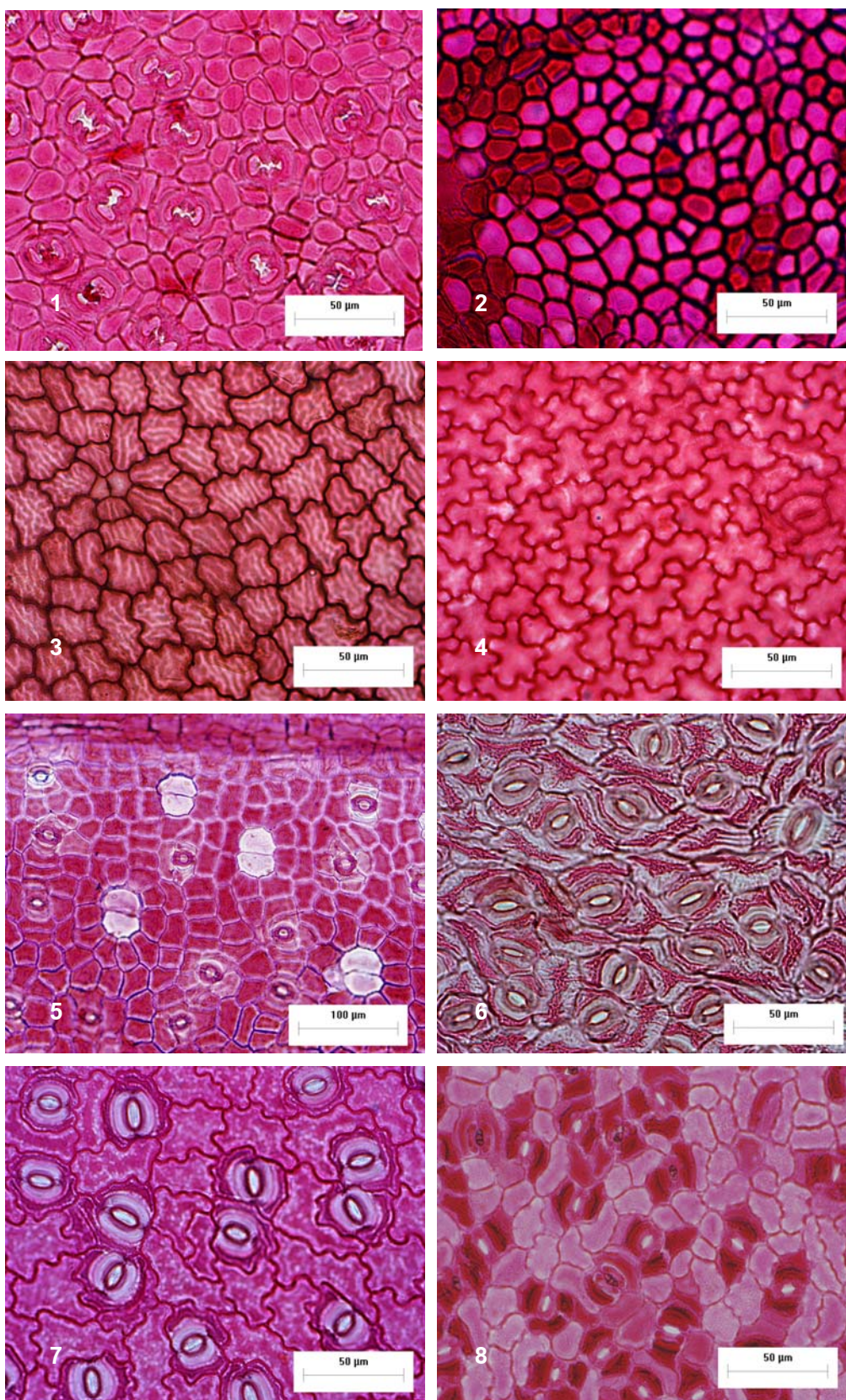
ศึกษากายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบและก้านใบ โดยการลอกผิวและตัดตามขวางโดยผ่านกรรมวิธีพาราฟินพบว่า แผ่นใบเป็นใบทั้งสองด้านต่างกันคือมีเซลล์แฟลชีเซลล์ติดกับเนื้อเยื่อชั้นผิวเฉพาะด้านบน พบน้อยที่มีมีไซฟิลล์สองด้านเหมือนกันคือมีเซลล์แฟลชีเซลล์ติดกับเนื้อเยื่อชั้นผิวทั้งด้านบนและด้านล่าง เนื้อเยื่อชั้นผิวที่ผิวใบทั้งสองด้านมีผิวเคลือบคิวทินชัดเจน เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวจากการลอกผิวด้านบนและด้านล่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนวนอน รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทรงสูง รูปสามเหลี่ยมถึงหลายเหลี่ยม รูปร่างกลม รูปรีและรูปร่างไม่แน่นอน ผนังเซลล์เรียบ เว้าเป็นคลื่น และหยักลึก มีเซลล์ท่อน้ำมีผนังสองเซลล์เรียงชิดกันอยู่กระจายที่ผิวใบทั้งสองด้าน ในภาคตัดขวางเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนมีขนาดใหญ่กว่าหรือใกล้เคียงกับด้านล่าง มีหรือไม่มีไทรโคม ปากใบ แบบแอนอโมไซติก พาราไชติก และพาราไชติกบนแอนไอโซไซติก อยู่ระดับเดียวกับเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง ในเส้น

กลางใบส่วนใหญ่มีมัดท่อลำเลียง 1-3 กลุ่ม พบน้อยที่มี 3-8 กลุ่ม รูปหัวใจ รูปเกือกม้า รูปรี รูปร่างกลมและรูปคล้ายตัวอักษรยูและมีหรือไม่มีมัดท่อลำเลียงขนาดเล็กรูปร่างกลมหรือรีอยู่ที่ปลายด้านบนของมัดท่อลำเลียง มีมัดท่อลำเลียงแบบขนาน เยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบส่วนใหญ่เป็นเซลล์เส้นใย มัดท่อลำเลียงที่เส้นใบย่อยส่วนใหญ่รูปร่างกลม และมีกลุ่มเซลล์เส้นใยเรียงตัวคล้ายตัวอักษรยูวางตัวอยู่หัวและท้ายของมัดท่อลำเลียง เยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงเป็นเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัว 1 ชั้น บางเซลล์ภายในมีหรือไม่มีสารสะสมที่ติดสี ส่วนใหญ่ไม่มีเยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงเจริญต่อไปจนถึงเนื้อเยื่อชั้นผิว **เนื้อเยื่อพื้น** แยกเป็นชั้นแฟลชีเซดและสpongioไซต์ เซลล์รูปดาวหรือรูปรีหรือทั้งสองแบบภายในมีหรือไม่มีสารสะสมที่ติดสี เซลล์แฟลชีเซดเรียงตัว 1-3 ชั้น เซลล์สpongioไซต์เรียงตัว 2-15 ชั้น มีท่อน้ำม้วนรูปร่างกลมอยู่กระจัดกระจายถัดลงมาจากเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนและด้านล่าง **ก้านใบ** ในภาคตัดขวางมีรูปร่างกลม ค่อนข้างกลม รูปครึ่งวงกลม และรูปรี ด้านบนเว้า ราบ นูน และเว้าเป็นรูปคล้ายตัวอักษรวี ส่วนใหญ่มีผิวเคลือบคิวทินชัดเจน จากภาคตัดขวางเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนวนอนถึงหลายเหลี่ยม รูปสามเหลี่ยม รูปร่างกลม รูปรี รูปคล้ายตัวอักษรยูและรูปร่างไม่แน่นอน ผันด้านตั้งฉากกับผิวส่วนใหญ่เรียบ **ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง** มีมัดท่อลำเลียง 1-2 กลุ่ม รูปร่างกลม รูปรี รูปจันทร์เสี้ยว รูปคล้ายตัวอักษรยูและรูปหัวใจ เยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงส่วนใหญ่เป็นเซลล์เส้นใยผนังหนา มีเซลล์สเกลอไรต์หรือไม่มี **เนื้อเยื่อพื้น** บริเวณคอร์เทกซ์เป็นเซลล์คอลเลงคิมาหรือเซลล์พาเรงคิมา ภายในมีหรือไม่มีสารสะสมที่ติดสี (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1-17)

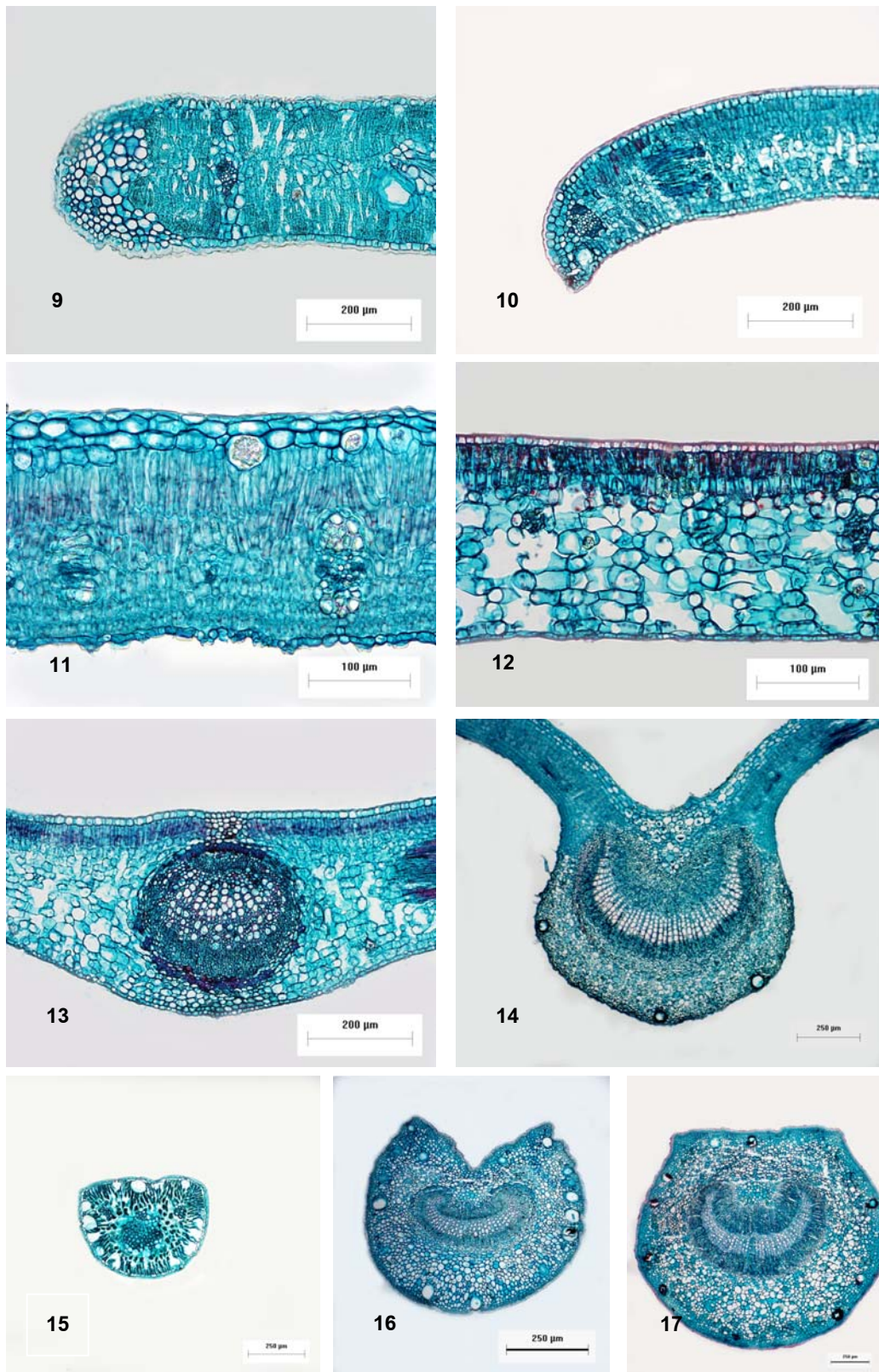
ตารางที่ 1. ตารางเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชวงศ์ชมพู่ในประเทศไทย

ชนิด	แผ่นใบในภาคตัดขวาง		ชนิดปากใบ	จำนวนชั้นของเนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว	ไตรโคม
	ใบสองด้านเหมือนกัน	ใบสองด้านต่างกัน			
<i>Baeckea frutescens</i>	+	-	PA	-	-
<i>Callistemon citrinus</i>	+	-	AN	-	-
<i>Cleistocalyx nervosum</i> var. <i>nervosum</i>	-	+	PA	-	-
<i>Decaspermum parviflorum</i> var. <i>parviflorum</i>	-	+	AN	-	+
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	+	-	AN	-	-
<i>Eugenia uniflora</i>	-	+	AN	-	-
<i>Melaleuca cajuputi</i>	+	-	AN	-	+
<i>Psidium guajava</i>	-	+	AN	+	+
<i>Rhodamnia dumetorum</i>	-	+	AN	-	+
<i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	-	+	AN	-	+
<i>Syzygium albiflorum</i>	-	+	AN	-	-
<i>S. aequum</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. aromaticum</i>	-	+	AN	-	-
<i>S. cinereum</i>	-	+	AN	-	-
<i>S. claviflorum</i>	-	+	AN	-	-
<i>S. cumini</i>	-	+	ANI, PA	+	-
<i>S. diospyrifolium</i>	-	+	AN	-	-
<i>S. formosum</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. jambos</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. laetum</i> subsp. <i>jugorum</i>	-	+	ANI, PA	-	-
<i>S. malaccense</i>	-	+	PA	+	-
<i>S. megacarpum</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. ripicola</i>	-	+	ANI, PA	+	-
<i>S. samarangense</i> var. <i>samarangense</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. siamense</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. winitii</i>	-	+	PA	-	-
<i>S. zimmermanii</i>	-	+	PA	-	-
<i>Tristaniaopsis burmanica</i> var. <i>rufescens</i>	-	+	AN	-	-

AN = แอนโนไมไซติก, ANI = แอนไอโซไซติก, PA = พาราไซติก, + = มี, - = ไม่มี



ภาพที่ 1-8. ผิวใบด้านบน (1-4) และ ผิวใบด้านล่าง (5-8): 1) *M. cajuputi*, 2) *Rh. tomentosus*, 3) *S. cinereum*, 4) *S. formosum*, 5) *C. citrinus*, 6) *S. albiflorum*, 7) *S. jambos*, 8) *S. ripicola*



ภาพที่ 9-17. ภาคตัดขวางของใบ (9-10) เนื้อใบ (11-12) เส้นกลางใบ (13-14) และก้านใบ (15-17)

9) *E. camaldulensis*, 10) *S. laetum* subsp. *jugorum*, 11) *P. guajava*, 12) *S. diospyrifolium*,
13) *Eu. uniflora*, 14) *P. guajava*, 15) *B. frutescens*, 16) *S. clsviflorum*, 17) *S. ripicola*

บทสรุป

จากข้อมูลทางกายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบและก้านใบของการลอกผิวและตัดตามขวางสามารถสร้างรูปวิธานระบุสกุลได้ 2 แบบ และรูปวิธานระบุชนิดพืชในสกุล *Syzygium* ได้ 1 แบบ พบว่าลักษณะที่นำมาใช้ในการระบุสกุลจากแผ่นใบ ได้แก่ ความเหมือนหรือความต่างของใบทั้งสองด้าน ผงของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวจากการลอกผิว ชนิดของปากใบ การมีหรือไม่มีไทรโคม การมีหรือไม่มีเยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงเจริญต่อไปจนถึงเนื้อเยื่อชั้นผิวหรือชั้นรองจากผิว และชนิดของผลึกที่สะสม และลักษณะที่นำมาใช้ในการระบุสกุลจากก้านใบ ได้แก่ รูปร่างของก้านใบ รูปร่างด้านบนของก้านใบ การเคลือบของคิวทินในเนื้อเยื่อชั้นผิวในที่มีคิวทินเคลือบเมื่อมองในภาคตัดขวาง การมีหรือไม่มีไทรโคม จำนวนเยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียง รูปร่างมัดท่อลำเลียง และการมีหรือไม่มีสารสะสมที่ติดสีในชั้นคอร์เทกซ์

ลักษณะที่นำมาใช้ในการระบุชนิดพืชสกุล *Syzygium* ได้แก่ ความเหมือนหรือความต่างของมิโซฟิลล์ทั้งสองด้าน รูปร่างขอบใบ รูปร่างเส้นกลางใบ รูปร่างก้านใบ ผงของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว ชนิดของปากใบ การมีหรือไม่มีไทรโคม การมีหรือไม่มีเนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว จำนวนชั้นการเรียงตัวของเซลล์สpongiform การมีหรือไม่มีเยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงเจริญต่อไปจนถึงเนื้อเยื่อชั้นผิว รูปร่างเยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบ จำนวนเยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบ การมีหรือไม่มีเซลล์สเกลอริด และชนิดของผลึกสะสม

การจำแนกและการจัดกลุ่มโดยใช้ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

1. การจัดกลุ่มในระดับสกุล

พืชวงศ์ชมพูทั้ง 12 สกุล สามารถจัดกลุ่มได้ 2 กลุ่ม โดยอาศัยลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ คือ กลุ่มที่ 1 มีไซฟิลล์สองด้านเหมือนกันซึ่งเป็นลักษณะที่มีเซลล์แฟลชีเซดที่เนื้อเยื่อชั้นผิวทั้งสองด้านของแผ่นใบ ได้แก่ สกุล *Baeckea*, *Callistemon*, *Eucalyptus* และ *Melaleuca* และกลุ่มที่ 2 มีไซฟิลล์สองด้านต่างกันเป็นซึ่งเป็นลักษณะที่มีเซลล์แฟลชีเซดเฉพาะที่เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนของแผ่นใบ ได้แก่ สกุล *Cleistocalyx*, *Decaspermum*, *Eugenia*, *Psidium*, *Rhodomyrtus*, *Syzygium* และ *Tristaniopsis* ซึ่งสอดคล้องกับการจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระดับวงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อย Myrtoideae ประกอบด้วยสมาชิกที่มีผลแห้งแตก และวงศ์ย่อย Leptospermoideae ประกอบด้วยสมาชิกที่มีผลสดแบบมีเนื้อหลายเมล็ดหรือผลเมล็ดเดี่ยวแข็ง (Heywood, 1985) ยกเว้นสกุล *Tristaniopsis* ไม่สอดคล้องกับการศึกษาทางสัณฐานวิทยา

2. การจำแนกพืชในสกุล *Eugenia* s.l.

เนื่องจากพืชสกุล *Eugenia* s.l. หลายชนิดมีปัญหาเกี่ยวกับการตั้งชื่อและการจำแนกรวมทั้งมีลักษณะสัณฐานวิทยาใกล้เคียงกัน จึงยากต่อการจัดระบบและการสร้างรูปวิธานในระดับชนิด ดังนั้นจึงนำลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์มาใช้เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการจำแนกและการระบุชนิด พืชในสกุล *Eugenia* s.l. มีลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์แตกต่างจากพืชในวงศ์ย่อยเดียวกัน คือ การไม่มีไทรโคมที่แผ่นใบและก้านใบ จากลักษณะรูปร่างมัดท่อลำเลียงสามารถจำแนกพืชทั้งสามสกุลได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มัดท่อลำเลียงรูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลมพบใน *Eugenia* และ *S. albiflorum* ขณะที่สมาชิกของสองสกุลที่เหลือมีมัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบรูปหัวใจ รูปเกือกม้าหรือรูปคล้ายตัวอักษรยู

3. การจัดกลุ่มพืชสกุล *Syzygium*

พืชในสกุล *Syzygium* ประกอบด้วยสมาชิกจำนวนมากรวมทั้งมีปัญหาและความคลุมเครือในการตั้งชื่อและระบุชนิด (Parnell, 1999) ได้ศึกษาพืชสกุลนี้จำนวน 17 แทกซา โดยอาศัยลักษณะความแตกต่างของฐานรองดอกและชนิดที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงและใกล้เคียงกัน (Parnell and Chantaranothai, 2002) เป็นตัวแทนในการศึกษา พบว่าจากชนิดของปากใบสามารถแบ่งพืชที่ศึกษาได้ 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 มีปากใบแบบแอนโนโมไซติก ได้แก่ *S. albiflorum*, *S. aromaticum*, *S. cinereum*, *S. claviflorum* และ *S. diospyrifolium*

กลุ่มที่ 2 มีปากใบแบบพาราไชติก ได้แก่ *S. aqum*, *S. formosum*, *S. jambos*, *S. malaccense*, *S. megacarpum*, *S. samarangense* var. *samarangense*, *S. siamense*, *S. winitii* และ *S. zimmermannii*

กลุ่มที่ 3 มีปากใบแบบพาราไชติกและแอนไอโซไชติกปนกัน ได้แก่ *S. cumini*, *S. laetum* subsp. *jugorum* และ *S. ripicola*

การจัดกลุ่มโดยใช้ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์มีทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับการจัดกลุ่มทางสัณฐานวิทยา โดยการจัดกลุ่มพืชในสกุล *Eugenia* s.l. มีความสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยามากที่สุด เพื่อให้การจำแนกมีความถูกต้องและใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติมากที่สุด จึงควรเพิ่มจำนวนชนิดของในแต่ละสกุล รวมทั้งนำเทคนิคทางด้านต่างๆ มาใช้ศึกษาประกอบการพิจารณาร่วมด้วยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

การระบุชนิดพืชที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกันจากลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีความคล้ายคลึงกันพบว่าการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ได้ผลสรุปดังนี้

1. *S. albiflorum* และ *S. zimmermannii* มีกิ่งคล้ายทรงกระบอก ใบรูปไข่ ไข่กลับ ใบหอกกลับ หรือขอบขนาน และขอบขนานแกมรูปไข่ ฐานใบรูปลิ้นหรือสอบเรียว ช่อดอกเป็นช่อแยกแขนง ฐานรองดอกรูปกรวย ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของใบและก้านใบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ การเรียงตัวของชั้นแพลิสเตด 1-2 ชั้น การเรียงตัวของชั้นสpongiform 7-12 ชั้น มัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบรูปหัวใจ มี 1-2 กลุ่ม รูปร่างเส้นกลางใบด้านบนนูนหรือราบ ด้านล่างมน ส่วนลักษณะที่แตกต่าง คือ *S. albiflorum* มีปากใบแบบแอนไอโซไชติก มีผลิกรูปดาวสะสมในชั้นมีโซฟิลล์ มัดท่อลำเลียงที่ก้านใบรูปจันทร์เสี้ยว ขอบใบเหี่ยยตรงปลายมน ก้านใบด้านบนราบ แต่ *S. zimmermannii* มีปากใบแบบพาราไชติก มีผลิกรูปดาวและรูปปริซึมสะสมอยู่ในชั้นมีโซฟิลล์ มัดท่อลำเลียงที่ก้านใบรูปคล้ายตัวอักษรยู ขอบใบเหี่ยยตรงปลายแหลม ก้านใบด้านบนเว้า

2. *S. aqum* และ *S. samarangense* var. *samarangense* มีใบรูปรีหรือรูปขอบขนาน ฐานใบรูปหัวใจ ปลายแหลม มีเส้นขอบใบ 2 เส้น ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของใบและก้านใบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ ผนังเซลล์ของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบนและด้านล่างหยักลึก มีปากใบแบบพาราไชติก สะสมผลิกรูปดาวและปริซึมในชั้นมีโซฟิลล์ เซลล์สpongiform เรียงตัว 8-12 ชั้น เส้นกลางใบด้านบนเว้าด้านล่างมน ส่วนลักษณะที่แตกต่าง คือ *S. aqum* มัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบคล้ายตัวอักษรยู มีมัดท่อลำเลียงที่ก้านใบ 4-5 กลุ่ม ขอบใบโค้งลงปลายแหลม ก้านใบด้านบนเว้า แต่ *S. samarangense* var. *samarangense* มีมัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบรูปเกือบกลม มีมัดท่อลำเลียงที่ก้านใบ 1 กลุ่ม ขอบใบเหี่ยยตรงปลายมน ก้านใบด้านบนนูนเล็กน้อย

3. *S. diospyrifolium* และ *S. formosum* มีใบเรียงแบบเป็นกระจกรอบข้อ ฐานใบรูปหัวใจ ปลายใบแหลมหรือเรียวแหลม ฐานรองดอกรูปกรวย ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของใบและก้านใบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ ผนังเซลล์ของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบนและด้านล่างหยักลึก มัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบรูปเกือบกลมมี 1-2 กลุ่ม ส่วนลักษณะที่แตกต่าง คือ *S. diospyrifolium* มีปากใบแบบแอนไอโซไชติก มีการสะสมผลิกรูปดาวอยู่ในชั้นมีโซฟิลล์ เซลล์แพลิสเตดเรียงตัว 2 ชั้น เซลล์สpongiform เรียงตัว 8-10 ชั้น ขอบใบเหี่ยยตรง ปลายโค้งลงมน เส้นกลางใบด้านบนเว้า ไม่มีเซลล์สเกลอริดที่เยื่อหุ้มมัดท่อลำเลียง ก้านใบด้านบนนูน แต่ *S. formosum* มีปากใบแบบพาราไชติก มีการสะสมผลิกรูปดาวและรูปปริซึมอยู่ในชั้นมีโซฟิลล์ เซลล์แพลิสเตดเรียงตัว 1 ชั้น เซลล์สpongiform เรียงตัว 11-15 ชั้น ขอบใบโค้งลงงอคล้ายตะขอหรือเหี่ยยตรงปลายมนหรือเรียวแหลม เส้นกลางใบด้านบนราบ มีเซลล์สเกลอริดในมัดท่อลำเลียง ก้านใบด้านบนราบ

4. *S. jambos* และ *S. siamense* มีใบรูปไข่หรือรูปใบหอก ปลายใบแหลมหรือเรียวแหลม เส้นขอบใบ 1 เส้นหรือ 2 เส้น ฐานรองดอกรูปกรวยกว้าง ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของใบและก้านใบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ ขอบใบเหี่ยยตรงปลายมน ผนังเซลล์ของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่างหยักลึก มีปากใบแบบพาราไชติก เซลล์แพลิสเตดเรียงตัว 1 ชั้น เซลล์สpongiform เรียงตัว 7-10 ชั้น เส้นกลางใบด้านบนราบหรือเว้าเล็กน้อย มัดท่อลำเลียงที่เส้นกลางใบรูป

หัวใจ ส่วนลักษณะที่แตกต่าง คือ *S. jambos* มีการสะสมผลึกรูปดาวและปริซึมในชั้นมีโซฟิลล์ มีต่อมลำเลียงที่ก้านใบ 1 กลุ่ม ปลายใบโค้งลงมน ก้านใบด้านบนราบ แต่ *S. siamense* มีการสะสมผลึกรูปดาวในชั้นมีโซฟิลล์ มีต่อมลำเลียงที่ก้านใบ 3 กลุ่ม ปลายใบมน ก้านใบด้านบนนูน

5. *S. ripicola* และ *S. winitii* มีใบรูปขอบขนาน รูปใบหอกกลับ รูปรีหรือรูปแถบ ฐานใบรูปลิ้น ปลายใบแหลม เรียวแหลม หรือมน เส้นใบย่อย 13-20 คู่ ฐานรองดอกรูปกรวย ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของใบและก้านใบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ มีการสะสมผลึกรูปดาวในชั้นมีโซฟิลล์ เซลล์เพลิวเทรียเรียงตัว 2 ชั้น เซลล์สpongiosities เรียงตัว 8-10 ชั้น มีต่อมลำเลียงที่เส้นกลางใบรูปหัวใจ และรูปกลมรี มี 2-4 กลุ่ม ส่วนลักษณะที่แตกต่าง คือ *S. ripicola* มีปากใบแบบพาราไชติกและแอนไอโซไชติกปนกัน มีเนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว 1 ชั้น มีเยื่อหุ้มมีต่อมลำเลียงเจริญต่อไปจนถึงเนื้อเยื่อชั้นผิว มีต่อมลำเลียงที่ก้านใบรูปจันทร์เสี้ยวและกลม ขอบใบหยักตรง ปลายใบโค้งลงแหลม เส้นกลางใบด้านบนตรง ก้านใบด้านบนรูปเงี่ยงศร แต่ *S. winitii* มีปากใบแบบพาราไชติก ไม่มีเนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว ไม่มีเยื่อหุ้มมีต่อมลำเลียงเจริญต่อไปจนถึงเนื้อเยื่อชั้นผิว มีต่อมลำเลียงที่ก้านใบรูปคล้ายตัวอักษรยู ขอบใบหยักตรงปลายมน เส้นกลางใบด้านบนเว้า ด้านล่างเป็นสันแหลม ก้านใบด้านบนเว้ามน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145029 และโครงการพัฒนาอาจารย์ในสาขาขาดแคลนศึกษาต่อภายในประเทศ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

- อัจฉรา ธรรมถาวร. 2538. คู่มือการทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อโดยการหมักสีฟาริน. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Chantaranonthai, P. and J. Parnell. 1994. A revision of *Acmena*, *Cleistocalyx*, *Eugenia* s.s. and *Syzygium* (Myrtaceae) in Thailand. *Thai Forest Bulletin* (Botany) 21: 1-123.
- Heywood, V.H. 1985. Flowering Plants of the World. Crooom Helm, England.
- Parnell, J. 1999. Numerical analysis of Thai members of the *Eugenia-Syzygium* group (Myrtaceae). *Blumea* 44: 351-379.
- Parnell, J. and P. Chantaranonthai. 2002. Myrtaceae. In Santisuk, T. and K. Larsen (eds.), *Flora of Thailand*. vol. 7, part 4, pp. 778-914. Prachachon Co. Ltd., Bangkok.
- Ridley, H.N. 1922. The Flora of Malay Peninsula. Vol. 1-Polypetalae. L. Reeve, London.

พืชสกุลเข็มขาว (*Pavetta* L.) ในประเทศไทย

จักรพงศ์ แท่งทอง และ ประนอม จันทรโนทัย

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract: The Genus *Pavetta* L. in Thailand**Jakrapong Thangthong and Pranom Chantaranothai**

Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

A taxonomic study of the genus *Pavetta* L. in Thailand was carried out between June 2002 and October 2005. Both dried and living specimens were examined. Keys to species and varieties were constructed. Pollen of 16 species was investigated by light and scanning electron microscopy with acetolysis. Leaf anatomical study was investigated by peeling and paraffin methods. Twenty five species and 28 taxa of the genus were enumerated, namely *P. aspera*, *P. aspera* var. *breviflos*, *P. breviflora*, *P. coronifera*, *P. finlaysoniana*, *P. fruticosa*, *P. graciliflora*, *P. graciliflora* var. *latifolia*, *P. humilis*, *P. kedahica*, *P. napieri*, *P. naucleiflora*, *P. nervosa*, *P. oligantha*, *P. peninsularis*, *P. petiolaris*, *P. pitardii*, *P. pusilliflora*, *P. salicina*, *P. siamica*, *P. sylvatica*, *P. tomentosa*, *P. tomentosa* var. *glabrescens*, *P. wallichiana*, *P. sp.1*, *P. sp.2*, *P. sp.3* and *P. sp.4*. Five new records for Thailand were obtained, namely *P. coronifera*, *P. kedahica*, *P. napieri*, *P. oligantha* and *P. salicina*. The results revealed that the pollen was oblate spheroidal to subprolate, tricolporate, sexine foveolate with microgemmae and small size, 12.8 – 23 µm. Two pollen types could be distinguished based on the annulus. The anatomy of epidermal cells, cuticle, position of stomata, shape of main vascular bundle, number of palisade layer and density of spongy parenchyma layer were useful characters for identification.

Key words: *Pavetta* L., anatomical study

บทนำ

พรรณไม้วงศ์เข็ม (Rubiaceae) เป็นวงศ์ไม้ดอกที่มีจำนวนสมาชิกมากเป็นลำดับที่ 5 รองลงมาจากวงศ์กล้วยไม้ (Orchidaceae) วงศ์ทานตะวัน (Compositae) วงศ์ถั่ว (Leguminosae) และวงศ์หญ้า (Gramineae) ตามลำดับ (Wong, 1989) พืชวงศ์เข้มนับว่ามีความหลากหลายมากทั่วโลกมีประมาณ 10,200 ชนิด ศูนย์กลางการกระจายพันธุ์อยู่ในเขตศูนย์สูตร โดยเป็นองค์ประกอบสำคัญของไม้ชั้นล่างในป่าดิบชื้น (Gardner et al., 2000) ในประเทศไทยมี 110 สกุล ประมาณ 600 ชนิด (Puff et al., 2005) พรรณไม้บางชนิดในวงศ์นี้ นับเป็นพรรณไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก เช่น กาแฟ (*Coffea arabica* L.) นำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มกาแฟ ควินิน (*Cinchona succirubra* Pav. ex Klotzsch) สกัดเป็นยาควินิน รักษาไข้มาลาเรีย พรรณไม้ในสกุลโอบ (*Uncaria* Schreber) บางชนิดเป็นยาสมุนไพร รักษาโรค (จำลอง และคณะ, 2518) พรรณไม้ในสกุลเข็ม (*Ixora* L.) สกุลพุท (*Gardenia* Ellis) และสกุลคัตเค้า (*Randia* L.) นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ ส่วนพรรณไม้สกุลเข็มขาว (*Pavetta* L.) เป็นสมาชิกหนึ่งในวงศ์เข็ม มีการกระจายพันธุ์ในประเทศศรีลังกา อินเดีย จีนตอนใต้ ไต้หวัน คาบสมุทอินโดจีน มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ตอนเหนือของออสเตรเลีย (Gardner et al., 2000) และแอฟริกา (Bremekamp, 1934) ในประเทศไทยมี 12 ชนิด 13 แทกซา (ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักงานป่าไม้ กรมป่าไม้, 2544) ลักษณะเป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดเล็ก ใบเรียบ เรียงตรงข้าม มีตุ่มสีเข้มบนผิวใบ หูใบ เป็นแผ่นรูปสามเหลี่ยม หุ้มเป็นคู่เชื่อมรอบข้ออยู่ระหว่างก้านใบ ดอกช่อแบบเชิงหลั่นหลวม ออกที่ปลายยอดหรือซอกใบ ดอกสีขาว มีกลิ่นหอม กลีบเลี้ยงมี 4 กลีบ กลีบดอกรูปแตร หลอดแคบ ปลายแยกเป็น 4 แฉก กลีบติดกันแน่นในดอกตูม เกสรเพศผู้มี 4 อัน ก้านชูสั้น อับเรณูบิดเป็นเกลียว ก้านเกสรเพศเมียเรียวและยาวมากกว่าความยาวของแฉกกลีบดอก ผลสีเขียวเป็นมัน ผลแก่สีดำ กลมหรือเกือบกลมมี 2 พู มีกลีบเลี้ยงติดอยู่ด้านบน เนื้อผลบาง มี 2 เมล็ด ด้านหนึ่งโค้งด้านหนึ่งแบน (Bakhuizen van den Brink, 1975) บางชนิดปลูกเป็นไม้ประดับได้ดี มีช่อดอกรูปทรงสวยงาม และมีกลิ่นหอม (ปิยะ, 2546) และบางชนิดมีประโยชน์ทางเภสัชศาสตร์ เช่น ไข่ใบและรากของ *P. indica* L. พอกฝี โรคติดเชื้อทางผิวหนัง โรคหิด รากต้มใช้เป็นยาภายใน รักษาอวัยวะภายใน ใบรักษาแผลในจมูก ดอกแช่น้ำ

ใช้เหมือนเครื่องสำอางหลังอาบน้ำ (Gardner et al., 2000) ใช้รากและลำต้นผสมสมุนไพรอื่นหลายชนิดต้มน้ำดื่ม รักษาโรคมะเร็ง (ภาควิชาเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2542)

จากการศึกษาเอกสารทางอนุกรมวิธานพืชของประเทศไทย พบว่ามีเพียงการรวบรวมรายชื่อพรรณไม้สกุลเข็มขาวเท่านั้น และมีรายละเอียดทางสัณฐานวิทยาเพียงบางชนิด ทำให้เกิดปัญหาแก่ผู้สนใจจะศึกษาตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพื่อนำไปใช้ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นด้านเภสัชศาสตร์ วนศาสตร์ เกษตรกรรมตลอดจนอุตสาหกรรม หรือแม้แต่ด้านพฤกษศาสตร์สาขาอื่นๆ เช่น กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา นิเวศวิทยา เซลล์วิทยา เป็นต้น ในปัจจุบันการศึกษาต้องอาศัยเอกสารจากต่างประเทศและประเทศใกล้เคียง ดังนั้นการศึกษาพืชสกุลนี้โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยามาใช้ในการจำแนก โดยอาศัยข้อมูลทางด้านเรณูวิทยาและกายวิภาคศาสตร์มาประกอบ และสร้างรูปวิธานที่ใช้สำหรับตรวจสอบหาชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เป็นการเพิ่มพูนข้อมูลด้านอนุกรมวิธานพืชในประเทศไทย เพื่อประโยชน์ทางวิชาการและสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

วิธีการ

1. ศึกษาเอกสารและตัวอย่างพรรณไม้แห้งที่เก็บไว้ในพิพิธภัณฑ์พืช เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นของพรรณไม้แต่ละชนิด
2. ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพืชภาคสนาม
3. วิเคราะห์ชื่อวิทยาศาสตร์
4. บรรยายลักษณะตามหลักการทางอนุกรมวิธานพืช
5. จัดทำรูปวิธานระดับชนิด
6. วิเคราะห์เรณู และลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบ

ผลการวิจัย

1. จากการศึกษานุกรมวิธานของพืชสกุลเข็มขาวในประเทศไทย พบพืช 25 ชนิด 28 แทกซา โดย
 - 1.1 เป็นพืชที่ไม่มีการรายงานในประเทศไทยมาก่อน (new record) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *P. coronifera*, *P. kedahica*, *P. napieri*, *P. oligantha* และ *P. salicina* ทั้งนี้ต้นฉบับได้จัดส่งให้บรรณาธิการหนังสือ Flora of Thailand ตรวจสอบแก้ไข เพื่อรอการตีพิมพ์
 - 1.2 เป็นพืชที่ติดค้างไว้จำนวน 4 ชนิด เพื่อรอการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งคาดว่าจะจะเป็นพืชชนิดใหม่ของโลก (new species)
 - 1.3 เป็นพืชถิ่นเดียวของประเทศไทย (endemic species) จำนวน 6 ชนิด 7 แทกซา
 - 1.4 ชื่อพืชที่กลายเป็นชื่อพ้อง 2 ชื่อ ได้แก่ *P. pilosa* Craib = *Tarenna pilosa* (Craib) Bremek. และ *P. tomentosa* var. *canescens* Craib = *P. pitardii* Bremek.

2. จากการศึกษาลักษณะของเรณูของพืชสกุลเข็มขาว จำนวน 16 ชนิด ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยเตรียมเรณูด้วยวิธีอะซิโตไลซิส พบว่า มีลักษณะร่วมกันคือ เป็นเม็ดเดี่ยว สมมาตรแบบรัศมี มีขั้วแบบ isopolar เป็นเรณูขนาดเล็ก มีช่องเปิดแบบร่องซ้อนทับแบบรู จำนวน 3 ช่อง ลวดลายของผนังชั้นนอกแบบ foveolate มี microgemmae รูปร่างของเรณูเป็นแบบ prolate spheroidal, subprolate และ oblate spheroidal อาจมีหรือไม่มี annulus

3. จากการศึกษากายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบพืชสกุลเข็มขาว 8 ชนิด 9 ตัวอย่าง โดยกรรมวิธีลอกผิวใบและตัดแผ่นใบตามขวางด้วยกรรมวิธีฟาราฟิน พบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิว พืชทุกชนิดบริเวณผิวใบทั้งสองด้านมีทิกเคิล เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวแต่ละด้านเรียงเป็นแถวเดี่ยว ตรงหรือเกือบตรง พบเพียง *P. tomentosa* ที่เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวเรียงเป็นแถวเดี่ยว ไม่เป็นระเบียบหรือขรุขระ เมื่อมองจากการลอกผิว เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนและด้านล่างมีรูปร่างไม่แน่นอน ขอบหยักเป็นคลื่นเล็กน้อยหรือหยักเป็นแฉกลึก พืชบางชนิดเนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่างมีเซลล์สะสมน้ำ เซลล์ใน

เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านบนมีขนาดใหญ่กว่าด้านล่าง ปากใบเป็นแบบพาราไซติก พบเฉพาะที่เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านล่าง ปากใบอยู่ระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว หรือปากใบอยู่ระดับสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว หรือปากใบอยู่ระดับเดียวกันและสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว พืชไม่มีขน หรือมีขน เป็นแบบเซลล์เดี่ยว หรือหลายเซลล์เรียงเป็นแถวเดี่ยว ประกอบด้วย 2 – 6 เซลล์ ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง พืชส่วนใหญ่บริเวณเส้นกลางใบมีมัดท่อลำเลียงรูปร่างคล้ายวงกลม บางชนิดมีมัดท่อลำเลียงรูปร่างคล้ายตัวยู และพืชส่วนใหญ่มีมัดท่อลำเลียงขนาดเล็กอยู่ด้านบนของมัดท่อลำเลียงหลัก **ชั้นมิโซฟิลล์** พืชที่มีเซลล์แพลลิดรูปร่างสี่เหลี่ยม เรียงเป็นแถว 1 ชั้น หรือมีเซลล์แพลลิดรูปร่างยาว เรียงเป็นแถวมากกว่า 1 ชั้น หรือมีเซลล์แพลลิดรูปร่างสี่เหลี่ยม เรียงเป็นแถวมากกว่า 1 ชั้น เซลล์สpongiform หรือไม่แน่นอน เรียงตัวหลวมๆ กระจายหรือเรียงตัวกันแน่น **ขอบใบ** พืชส่วนใหญ่ขอบใบตรง ไม่มีเนื้อเยื่อเคลือบผิว บางชนิดขอบใบโค้งงอ

บทสรุป

จากผลการศึกษาอนุกรมวิธานพืชสกุลเข็มขาวในประเทศไทย ได้สร้างรูปวิธานโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการจำแนกชนิดของพืช จำนวน 25 ชนิด 28 แทกซา ลักษณะที่นำมาใช้ในการจำแนก ได้แก่ ลักษณะวิสัย การมีหรือไม่มีขน ชนิดของขน ตุ่มใบ รูปร่างหูใบ ตำแหน่งที่เกิดช่อดอก รูปร่างแฉกกลีบเลี้ยง ความยาวแฉกกลีบเลี้ยง ความยาวหลอดกลีบดอก อัตราส่วนของความยาวแฉกกลีบดอกต่อความยาวหลอดกลีบดอก และอัตราส่วนพื้นที่หลอดกลีบดอกด้านในที่ขนปกคลุม ในการศึกษาลักษณะเรณู พบว่า เรณูมีลักษณะใกล้เคียงกัน ลักษณะที่แตกต่างกันได้แก่ รูปร่างของเรณู และการมีหรือไม่มีแอนนูลัสเท่านั้น ข้อมูลดังกล่าวจึงไม่สามารถนำมาใช้จำแนกชนิดพืชได้ แต่หากนำมาประกอบกับข้อมูลทางสัณฐานวิทยา ก็สามารถช่วยในการจำแนกชนิดได้ ส่วนข้อมูลทางกายวิภาคศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดได้ ลักษณะที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่ เซลล์ชั้นผิวขอบหยักเป็นคลื่นเล็กน้อย หรือหยักเป็นแฉกลึก ชั้นคิวทิเคิลเรียบหรือขรุขระ ระดับปากใบเมื่อเทียบกับระดับของเนื้อเยื่อชั้นผิว การมีหรือไม่มีเซลล์สะสมน้ำ รูปร่างของมัดท่อลำเลียง การมีหรือไม่มีมัดท่อลำเลียงขนาดเล็กด้านบนของมัดท่อลำเลียงหลัก จำนวนชั้นของเซลล์แพลลิด ความหนาแน่นของเซลล์สpongiform นอกจากนี้ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_146007

เอกสารอ้างอิง

- จำลอง เพ็งคล้าย, รัชชชัย สันติสุข, ชุมศรี ชัยอนันต์, บุศปรณ ณ สงขลา และลีนา ผู้พัฒน์พงศ์. 2518. ไม่มีที่มียาคูค่าทางเศรษฐกิจของไทย. หอพรรณไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.
- ภาควิชาเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2542. สารานุกรมสมุนไพร เล่ม 4 กกายีสาน. มูลนิธิมหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ.
- ปิยะ เฉลิมกลิ่น และคณะ. 2546. หอมกลีบดอกไม้ในเมืองไทย. จัดพิมพ์โดยโครงการ BRT. บริษัท จีรวัฒน์ เอ็กซ์เพรส จำกัด กรุงเทพฯ. 336 หน้า.
- ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักงานป่าไม้ กรมป่าไม้. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันท์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544. ประชาชน กรุงเทพฯ.
- Bakhuizen van den Brink, R.C. (Jr.). 1975. A synoptical key to the genera of the Rubiaceae of Thailand. *Thai Forest Bulletin (Botany)*. 9: 15-55.
- Bremekamp, C.E.B. 1934. A monograph of the genus *Pavetta* L. Repertorium Speciarum Novarum Regi Vegetabilis. Fedde, F. (ed.), Berlin-Dahlem Fabeckstr, Germany.
- Gardner, S., P. Sitisunthorn and V. Anusarnsunthorn. 2000. A Field Guide to Forest Trees of Northern Thailand. Kobfai Publishing Project, Bangkok.
- Puff, C., K. Chayamarit and V. Chamchumroon. 2005. Rubiaceae of Thailand: A Pictorial guide to indigenous and cultivated genera. Prachachon, Bangkok.
- Wong, K.M. 1989. Rubiaceae. In Ng, F.S.P. (ed.), Tree Flora of Malaya. Vol. 4. Art Printing Works, Kuala Lumpur.

พฤกษศาสตร์พื้นบ้านกับความมั่นคงด้านอาหารของชุมชนเผ่ามูเซอ
บ้านใหม่พัฒนา อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

วรรณธิภา จันทร์กลม¹, โกมล แพรกทอง², สันต์ เกตุปราณี³ และ เตือนใจ นุชดำรงค์⁴

¹บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, ²กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, ³ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, ⁴กรมป่าไม้ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: Ethnobotany and Food Security of a Lahu Community at Ban Mai Pattana, Chiang Dao District, Chiang Mai Province
Wanthipa Chanklom¹, Komon Pragtong², San Kaitpraneet³ and Teunchai Noochdamrong⁴

¹Graduate School, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, ²National Park, Wildlife and Plant Conservation Department, Chatuchak, Bangkok 10900, ³Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, ⁴Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900

Ethnobotany and Food Security of a Lahu Community were studied at Ban Mai Pattana, Chiang Dao District, Chiang Mai Province. The objectives of the study were 1) to study the ethnobotany and potential of forest areas with regard to the dependence on edible wild plants and medicinal plants of the Lahu communities. 2) to study food security of Lahu Communities with regard to edible wild plants and medicinal plants. Rapid Rural Appraisal (RRA) and survey of forest area were employed in data collection. Qualitative description and relevant statistics were employed for data analysis. The study found that the Lahu community consumed 58 species from 50 genera and 32 families of edible wild plants. The edible wild plants were collected about 2-6 kilometers from community; the total area was about 17,359 rai. There were two periods of gathering. In the first period, there were 36 species that were gathered all year. In the second period there were 22 species that were gathered in a specific season. There were at least 15 species of edible wild plants that could provide valuable nutrients. Moreover, it was also found that edible wild plants could generate income of approximately 3,764 baht/family/year and so help save money from buying food of 3,576 baht/family/year. So, this study found that edible plants are important factors for the livelihoods of local people.

Key words: Lahu Community, Chiang Dao District

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้านอาหารมาตั้งแต่อดีต ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อนและภูมิอากาศที่ก่อให้เกิดภูมิโนะเวศที่หลากหลาย เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของพืชพรรณและสิ่งมีชีวิตนานาชนิด ทำให้ประเทศไทยเป็นพื้นที่แห่งหนึ่งในโลกที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ (วิสุทธิ์, 2540) ทั้งความหลากหลายด้านชนิดพันธุ์ ด้านพันธุกรรม และความหลากหลายของระบบนิเวศ พืชทางทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้ส่งผลให้ประเทศไทยมีอาหารการกินที่อุดมสมบูรณ์มาตลอด โดยเฉพาะชนบทห่างไกลที่ชุมชนต้องดำรงชีวิตด้วยการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ทั้งเพื่อการบริโภคและการใช้สอยด้านต่างๆ โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากของป่าเพื่อเป็นอาหารและสมุนไพร (ชูศรี, 2539) ชุมชนเหล่านี้ได้สั่งสมความรู้ ความเข้าใจ ประสบการณ์ และทักษะมาหลายชั่วอายุคนในการคัดเลือกและใช้ประโยชน์จากพืชพรรณในป่าเพื่อเป็นอาหารและยารักษาโรค เป็นวิถีชีวิตที่เชื่อมโยงสายสัมพันธ์ระหว่างคน ป่า และสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ในปัจจุบันวิถีการผลิตและอิทธิพลจากวัฒนธรรมใหม่ๆ จะเข้ามาบั่นทอนสิ่งเหล่านี้ลงไปบ้าง แต่ทรัพยากรป่าไม้ก็ยังเป็นแหล่งผลิตอาหารและยาที่สำคัญของคนในชนบท ทั้งในด้านความหลากหลายของพืชอาหาร

ปริมาณที่มีเพียงพอต่อการบริโภค คุณค่าทางโภชนาการ ความสะอาดปลอดภัย และความสามารถของชุมชนในการเข้าถึงแหล่งอาหารจากป่าเป็นไปได้อย่างทั่วถึง ทำให้คนที่อยู่รอบพื้นที่ป่ามีความมั่นคงทางอาหารมากกว่าชุมชนที่ไม่มีทรัพยากรเหล่านี้ (FAO, 1989) อย่างไรก็ตาม ศักยภาพของพื้นที่ป่าไม้ในการเอื้อประโยชน์ในด้านต่างๆ ดังกล่าวต้องขึ้นอยู่กับระดับที่ดีด้วย ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อชุมชนมีภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้ประโยชน์ การจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ดีและเหมาะสม ไม่ทำลายหรือทำความเสียหายให้แก่ระบบนิเวศและพืชพรรณ

ในภาคเหนือของประเทศไทยมีชนเผ่าต่างๆ หลายชนเผ่าที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้หรือในพื้นที่ใกล้เคียง มีวิถีการดำรงชีวิตใกล้ชิดกับป่า ดังเช่นชนเผ่ามูเซอซึ่งเป็นชนเผ่าที่อาศัยอยู่บนพื้นที่สูง มีการประกอบอาชีพด้วยการทำไร่เลื่อนลอย (สมัย, 2541) ซึ่งมักถูกคนส่วนใหญ่ในสังคมมองว่าเป็นผู้ทำลายทรัพยากรป่าไม้ ทั้งที่มีหมู่บ้านมูเซออีกหลายหมู่บ้านที่ดำรงชีวิตด้วยการใช้ประโยชน์และดูแลจัดการทรัพยากรป่าไม้ของตนเองบนพื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีอยู่ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจว่าชนเผ่ามูเซอมีการใช้ประโยชน์จากป่าโดยเฉพาะพืชอาหารและพืชสมุนไพรอย่างไรบ้าง มีความหลากหลายมากน้อยเพียงใด และการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ดังกล่าวทำให้เกิดความมั่นคงทางอาหารแก่ชนเผ่ามูเซอได้หรือไม่ พื้นที่ป่ามีศักยภาพในการเอื้ออำนวยประโยชน์อย่างไร ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของชนเผ่ามูเซอและทรัพยากรป่าไม้ นอกจากนี้ยังเป็นการรวบรวมองค์ความรู้ในการใช้ประโยชน์และวิธีการจัดการทรัพยากรป่าไม้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกระตุ้นให้ชุมชนเห็นถึงความสำคัญและศักยภาพของชุมชนในการจัดการทรัพยากรป่าไม้เพื่อประโยชน์ของชุมชน รวมทั้งการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้ประโยชน์และการจัดการสู่เยาวชนรุ่นใหม่ เป็นแนวทางในการเผยแพร่สร้างความรู้ความเข้าใจในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านและศักยภาพของพื้นที่ป่าที่สนองตอบต่อการพึ่งพิงด้านพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ และเพื่อศึกษาความมั่นคงด้านอาหารของพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ

วิธีการ

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของชุมชนและข้อมูลการใช้ประโยชน์พืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร ด้วยเทคนิคการสำรวจชนบทแบบเร่งด่วน (RRA) และศึกษาศักยภาพของพื้นที่ป่าที่สนองตอบต่อการใช้ประโยชน์ด้านพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร จากการเดินสำรวจเพื่อกำหนดขอบเขตการเก็บหาและวางแผนตัวอย่างด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพืชอาหารป่าที่พบทั้งจำนวนชนิดและปริมาณส่วนที่กินได้ของพืชทั้ง 3 ฤดูกาล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย เป็นต้น

ผลการวิจัย

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลพื้นฐานของราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่บ้านใหม่พัฒนา หมู่ที่ 2 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่มีชาวมูเซอตั้งถิ่นฐานอยู่มาประมาณ 28 ปี ปัจจุบันมีประชากรทั้งสิ้น 280 คน จำนวน 36 ครัวเรือน เป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่ป่า การพัฒนาด้านสาธารณูปโภคต่างๆ ยังมีไม่มากนัก ราษฎรส่วนใหญ่นับถือศาสนาคริสต์ เมื่อพิจารณาจากเงินรายได้ต่อครัวเรือนแล้วพบว่า อาชีพเก็บหาของป่าและล่าสัตว์เป็นอาชีพที่ให้รายได้แก่ครัวเรือนเป็นหลัก รองลงมาได้แก่อาชีพรับจ้าง ในกรณีการทำการเกษตร จะเป็นการทำเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนเป็นส่วนใหญ่ มีบางส่วนที่ขายผลผลิตเพื่อเป็นรายได้ โดยมีรายได้เฉลี่ยประมาณ 50,000 บาท/ครัวเรือน/ปี มีที่ดินทำกินโดยเฉลี่ยประมาณ 5.5 ไร่/ครัวเรือน จะเห็นว่าพื้นที่ทำการเกษตรจะมีค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เนื่องจากที่ดินโดยรอบหมู่บ้านเป็นป่าอนุรักษ์ จึงถูกจำกัดและควบคุมโดยเจ้าหน้าที่และกฎหมายไม่ให้มีการบุกรุกที่ทำกิน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลักดันให้ราษฎรต้องหันไปประกอบอาชีพเก็บหาของป่าและล่าสัตว์แทนการทำการเกษตร

2. พฤกษศาสตร์พื้นบ้านและศักยภาพของพื้นที่ป่าที่สนองตอบต่อการพึ่งพิงด้านพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ

2.1 พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษาพฤกษศาสตร์พื้นบ้านไว้ว่าเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนเผ่ามูเซอกับการใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารและยาสมุนไพรจากทรัพยากรพรรณพืชที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีผลการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 ความหลากหลายของพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรพบว่า พืชอาหารป่าที่ชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษานำมาบริโภคมีถึง 32 วงศ์ 50 สกุล 58 ชนิด แยกเป็นพืชกินใบ 27 ชนิด พืชกินดอก 8 ชนิด พืชกินผล 20 ชนิด พืชกินส่วนอื่นๆ เช่น หัว เปลือก หน่อ ฯลฯ รวม 14 ชนิด พืชจำพวกเห็ด 4 ชนิด และพืชสมุนไพร 6 ชนิด โดยบางชนิดสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายส่วน เช่น กินได้ทั้งใบ ดอก และผล เป็นต้น อย่างไรก็ตามพบว่า ชาวมูเซอบ้านใหม่พัฒนา มีการเก็บหาพืชอาหารและพืชสมุนไพรน้อยกว่าชาวมูเซอที่บ้านจะกอนะ ตำบลป่าตึง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ที่มีการเก็บหาพืชอาหารป่าถึง 89 ชนิด และพืชสมุนไพร 60 ชนิด (ชูศรี และปริทรรศน์, 2543) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพพื้นที่ป่ามีความแตกต่างกัน ทำให้มีความหลากหลายทางด้านชนิดพันธุ์พืชที่ชาวมูเซอทั้งสองหมู่บ้านเก็บหามาใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ในกรณีของพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันพบว่ามีความน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชาวบ้านสามารถเดินทางไปรักษาที่โรงพยาบาลในพื้นที่ได้สะดวกกว่าชาวมูเซอบนดอยแม่สะลอง ทำให้การเก็บหาพืชสมุนไพรมารักษาพยาบาลลดน้อยลงเหลือเพียง 6 ชนิดเท่านั้น

2.1.2 การเก็บหาพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ ซึ่งประกอบไปด้วย วิธีการเก็บหาบริเวณที่เก็บหา ช่วงฤดูกาลเก็บหา และปริมาณความต้องการในการเก็บหาพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร โดยมีรายละเอียดในแต่ละประเด็นดังนี้

1) วิธีการเก็บหาพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร พบว่า การเก็บหาพืชอาหารป่าของชนเผ่ามูเซอในพื้นที่ศึกษาจะแตกต่างกันไปตามส่วนที่ใช้ประโยชน์ของพืช และความยากง่ายในการเข้าถึงส่วนที่ใช้ประโยชน์ของพืชนั้นๆ กล่าวคือ พืชกินใบ ดอก และผล ถ้าเป็นไม้พื้นล่าง ไม้ล้มลุก และไม้พุ่ม จะใช้มือเด็ดเอาเฉพาะส่วนที่กินมาเท่านั้น เช่น ผักกูด เป็นต้น แต่ถ้าเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถเอื้อมถึง จะใช้วิธีการปีนต้น และใช้มีดฟันเอาเฉพาะกิ่งที่ต้องการ ซึ่งถือเป็นวิธีการเก็บหาที่ไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรมากนัก แต่เป็นการจัดการที่ทำให้ผลผลิตของพืชชนิดนั้นๆ มีเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย เช่น ยอดมะกอก เป็นต้น ส่วนพืชอาหารป่าที่ใช้ประโยชน์ส่วนอื่นๆ เช่น หน่อ เหง้า หรือเถา จะมีวิธีการเก็บหาที่แตกต่างไปตามชนิด เช่น หน่อไม้ จะมีการเก็บหาไปใช้ประโยชน์ แต่จะยังคงเหลือหน่อไม้ไว้ในกอจะไม่ขุดไปทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อที่จะให้มีหน่อเจริญเติบโตเป็นต้นต่อไป และวิธีการจัดการเพื่อให้ได้หน่อไม้ของชนเผ่ามูเซออีกวิธีการหนึ่ง คือการตัดลำไม้ที่แก่ไปใช้ประโยชน์ เพราะจะทำให้กอไม้มีความโปร่งทำให้แตกหน่อได้มากขึ้น เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษายังพบว่า วิธีการเก็บหาพืชอาหารป่าบางประเภทมีลักษณะการเก็บหาที่อาจก่อให้เกิดความไม่ยั่งยืน เช่น พืชที่กินเปลือก ได้แก่ ก่อสืเสียด ซึ่งมีวิธีการเก็บโดยการลอกเปลือก หากไม่มีการควบคุมปริมาณที่พอเหมาะ อาจจะทำให้ต้นตายได้ นอกจากนี้พืชอาหารป่าที่มีปัจจัยแวดล้อมในการควบคุมการเจริญเติบโต ถ้าไม่มีการจัดการที่ดีและเหมาะสมอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศโดยรวมได้ เช่น การใช้ไฟเผาป่าเพื่อเก็บเห็ดเผาะ เป็นต้น

2) บริเวณเก็บหาพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร จากการสำรวจขอบเขตการเก็บหาพืชอาหารป่าบ้านใหม่พัฒนาร่วมกับชุมชน พบว่า มีการเก็บหาพืชอาหารป่าในเขตป่าเบญจพรรณ เต็งรัง และดิบเขา โดยมีระยะทางเก็บหาพืชอาหารป่าโดยรอบหมู่บ้านอยู่ในรัศมีประมาณ 2 – 6 กิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 27.78 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 17,359 ไร่ เส้นทางที่มีระยะทางไกลจะเป็นเส้นทางที่มีความหลากหลายของพืชอาหารป่ามาก และเป็นเส้นทางเชื่อมต่อไปยังพื้นที่หมู่บ้านใกล้เคียง ทำให้มีระยะทางเดินเก็บหาพืชอาหารปายาวกว่าเส้นทางอื่นๆ ส่วนเส้นทางเก็บหาพืชอาหารป่าที่มีระยะทางสั้น เนื่องมาจากเส้นทางดังกล่าวมีความลาดชันค่อนข้างมาก และมีระยะสั้น

สุดการเดินทางไปจรดบริเวณหน้าผาสูงชัน ยากต่อการเดินทางต่อไป ประกอบกับบริเวณนี้มีความหลากหลายของพืชอาหารป่าน้อยชนิดกว่าบริเวณอื่นๆ ทำให้ชุมชนไม่สนใจที่จะเดินทางขึ้นไปเก็บหาพืชอาหารป่าในพื้นที่ดังกล่าว

3) ช่วงฤดูกาลเก็บหาพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร พบว่า ราษฎรในพื้นที่สามารถเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อบริโภคได้ตลอดทั้งปี ทั้งพืชอาหารป่าที่บริโภคส่วนที่เป็นใบ ดอก ผล และส่วนอื่นๆ เช่น พบว่ามีพืชอาหารป่าประมาณ 22 ชนิด ที่สามารถเก็บหาได้ตามฤดูกาล และมีประมาณ 36 ชนิด ที่สามารถเก็บหาได้ตลอดทั้งปี แสดงให้เห็นว่าราษฎรสามารถเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อการยังชีพได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถเก็บหาได้หลากหลายชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับราษฎรชาวอีสานที่บ้านฟ้าสวย และบ้านนาเลาใหม่ ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บหาพืชอาหารป่าได้ตลอดทั้งปีเพียง 17 ชนิด และต้องรอเก็บหาตามฤดูกาลถึง 51 ชนิด (เตือนใจ และธีรยุทธ, 2548)

4) ปริมาณความต้องการในการเก็บหาพืชอาหารและพืชสมุนไพร พบว่า ราษฎรชาวมูเซอทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา มีการเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อบริโภค แต่มีปริมาณไม่สูงมากนัก การเก็บหาดังกล่าวส่วนใหญ่เก็บหาไว้เพียงพอต่อการบริโภคในแต่ละวันเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากพืชผักเหล่านี้จะมีความอร่อยเมื่อเก็บมาใหม่ๆ และในป่ายังมีปริมาณพืชผักดังกล่าวอยู่ในปริมาณมาก เพียงพอแก่การเก็บหามาใช้ประโยชน์ จึงไม่จำเป็นต้องเก็บกักตุนไว้อย่างไรก็ดี พบว่า พืชอาหารป่าที่นิยมบริโภคในปริมาณมาก ได้แก่ ใผ่รวก ประมาณ 50 กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี ใผ่บง ประมาณ 50 กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี และบัวบก ประมาณ 20 กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี เป็นต้น และมีการเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อจำหน่ายเป็นรายได้ อันดับ 1 คือ เห็ดเผาะ ซึ่งมีราษฎรทุกครัวเรือนเก็บหาขายเพื่อเป็นรายได้ มีปริมาณการเก็บหาประมาณ 50 กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี คิดเป็นเงินรายได้ 90,000 บาท/หมู่บ้าน/ปี รองลงมาได้แก่ เห็ดหล่ม มีราษฎรเก็บหาร้อยละ 27.78 มีปริมาณการเก็บหาประมาณ 40 กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี คิดเป็นเงินรายได้ 20,000 บาท/หมู่บ้าน/ปี และผักกูด มีราษฎรเก็บหาร้อยละ 27.78 มีปริมาณการเก็บหาประมาณ 200 กิโลกรัม/ครัวเรือน/ปี คิดเป็นเงินรายได้ 16,000 บาท/หมู่บ้าน/ปี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การที่ราษฎรหมู่บ้านนี้มีการเก็บหาพืชอาหารป่าดังกล่าวเพื่อการจำหน่าย อาจเนื่องมาจากสามารถเก็บหาได้ทั่วไปไม่ไกลจากหมู่บ้าน เช่น เห็ดเผาะ จะเก็บได้จากป่าโดยรอบหมู่บ้าน ส่วนผักกูดและจะคำนจะพบมากบริเวณที่ค่อนข้างชื้นริมห้วย และบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ทำการเกษตร ทำให้สะดวกในการเก็บหาเพื่อขาย อีกทั้งในหมู่บ้านจะมีพ่อค้าคนกลางเข้าไปรับซื้อผลิตผลจากป่า เช่น น้ำผึ้ง สัตว์ป่า และพืชอาหารป่าเป็นประจำ และหมู่บ้านดังกล่าวยังอยู่ติดกับบ้านแม่กอน หมู่ที่ 2 ตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีเส้นทางคมนาคมสะดวกเป็นถนนปูนติดต่อกับถนนสายหลักที่จะเดินทางไปสู่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ทำให้หมู่บ้านดังกล่าวกลายเป็นแหล่งตลาดที่สำคัญของชาวมูเซอที่จะนำพืชอาหารป่าไปจำหน่ายให้แก่คนภายนอกหมู่บ้านได้ง่ายและสะดวก

2.2 ศักยภาพของพื้นที่ป่าที่สนองต่อการพึ่งพิงพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวางแผนตัวอย่างเพื่อสำรวจศักยภาพของพื้นที่ป่าที่ตอบสนองต่อการพึ่งพิงด้านพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร โดยทำการเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างต่อเนื่องกัน 3 ฤดูกาล คือ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรที่คาดการณ์ว่าจะพบได้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษามีความสอดคล้องกับข้อมูลความต้องการใช้ประโยชน์ของชุมชน กล่าวคือ จากการสำรวจในแปลงตัวอย่างรูปวงกลมรัศมี 17.84 เมตร (0.625 ไร่) จำนวน 21 แปลง คิดเป็นพื้นที่ 13.125 ไร่ พื้นที่ทั้งหมด 17,359.17 ไร่ โดยแบ่งเป็นป่าที่สามารถพบพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรได้ 3 ประเภท คือ ป่าริมห้วย ป่าดิบเขา และป่าเบญจพรรณ โดยลักษณะของป่าเบญจพรรณในพื้นที่ศึกษาจะมีลักษณะเป็นป่าเบญจพรรณผสมป่าเต็งรัง โดยไม่สามารถแปลตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อแยกประเภทของป่าออกจากกันได้ ดังนั้นจึงทำการคำนวณปริมาณพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนิดพืชที่สามารถพบในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณโดยใช้พื้นที่ป่าเดียวกัน และจากผลการศึกษาพบว่า พืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรที่พื้นที่ป่าในพื้นที่ศึกษามีศักยภาพในการผลิตมากที่สุดคือ เปล้าใหญ่ ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรสามารถพบได้ตามป่าริมห้วยและป่าเบญจพรรณที่มีขนาดพื้นที่รวมกันประมาณ 13,065.89 ไร่ เมื่อทำการประมาณการณ์ผลผลิตที่คาดว่าศักยภาพของป่าเบญจพรรณและป่าริมห้วยในพื้นที่ศึกษาจะสามารถผลิตเปล้าใหญ่ได้ประมาณ

2,963,629.33 กิโลกรัม/ปี รองลงมาได้แก่ มะกอก ในส่วนการใช้ประโยชน์จากผล โดยสามารถพบได้ตามป่าเบญจพรรณทั้งหมดในพื้นที่ (12,815.89 ไร่) ซึ่งคาดการณ์ได้ว่าจะสามารถผลิตผลของมะกอกได้ประมาณ 2,904,935 กิโลกรัม/ปี นอกจากนี้ยังพบว่าศักยภาพของพื้นที่ป่าในการผลิตพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรได้น้อยที่สุด คือ มะระขี้นก ในส่วนการใช้ประโยชน์ที่เป็นผล และเมื่อทำการประมาณการผลผลิตที่คาดว่าศักยภาพของป่าบริเวณริมห้วยในพื้นที่ศึกษา (250 ไร่) จะสามารถผลิตผลของมะระขี้นกได้ประมาณ 360 กิโลกรัม/ปี ทั้งนี้เป็นเพราะประเภทและจำนวนพื้นที่ป่าที่สามารถพบพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน อีกทั้งความแตกต่างของส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ก็มีผลต่อปริมาณของพืชอาหารและพืชสมุนไพรด้วย กล่าวคือ ถ้าเป็นพืชประเภทนำส่วนที่เป็นใบมาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ซึ่งมีปริมาณมากบ้าง น้อยบ้าง ตามฤดูกาลที่เปลี่ยนไป เช่น เปล้าใหญ่ ผักกูด เป็นต้น แต่ถ้าเป็นพืชที่นำส่วนของดอก ผล หรือส่วนอื่นๆ เช่น หน่อ มาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่ไม่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี เพราะต้องขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่จะให้ผลผลิตนั้นๆ ด้วย ซึ่งจะมีเพียงช่วงเดียวในรอบหนึ่งปีเท่านั้น เช่น ดอกขี้เหล็ก ฝอยทอง และหน่อข่า เป็นต้น

3. ความมั่นคงด้านอาหารของพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของชนเผ่ามูเซอ

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษาความมั่นคงด้านอาหารของพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรไว้ 4 ลักษณะคือ ต้องมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ พื้นที่ป่าที่กำลังผลิตในรอบหนึ่งปีเพียงพอแก่ความต้องการใช้ประโยชน์ มีปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ และลดค่าใช้จ่าย ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 ความหลากหลายของชนิดพันธุ์

จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าที่ราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษาเข้าไปใช้ประโยชน์มีความหลากหลายของพืชอาหารป่าในด้านชนิดพันธุ์อยู่ระดับปานกลาง และมีความหลากหลายสูงในด้านพันธุกรรม กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดพืชอาหารป่า และพืชสมุนไพรที่ชาวมูเซอบ้านนี้เก็บหากับชนเผ่าอื่นที่มีการศึกษาในเขตพื้นที่ของอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ จะพบว่าพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรที่ชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษา นำมาใช้ประโยชน์มีทั้งสิ้น 32 วงศ์ 50 สกุล 58 ชนิด ซึ่งใกล้เคียงกับชาวลีซุบ้านฟ้าสวและบ้านนาเลาใหม่ ตำบลเชียงดาว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีการเก็บหาพืชอาหารป่ารวม 36 วงศ์ 41 สกุล 56 ชนิด (เดือนใจ และธีรยุทธ, 2548) แต่เมื่อเปรียบเทียบในส่วนของความหลากหลายทางพันธุกรรมแล้วพบว่า ชาวมูเซอบ้านใหม่พัฒนาได้มีการนำพืชที่มีความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์มากกว่าชาวลีซุบ้านฟ้าสวและบ้านนาเลาใหม่ ดังเช่นตัวอย่างพืชในวงศ์ Euphorbiaceae ซึ่งชาวมูเซอบ้านใหม่พัฒนาได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ถึง 9 สกุล ได้แก่ เต็ม ไต่ใบดัน เปล้าใหญ่ มะกอกคัต มะขามป้อม มะไฟ เม่าไข่ปลา เม่าสร้อย และเหือดควาย ซึ่งมากกว่าชาวลีซุบ้านฟ้าสวและบ้านนาเลาใหม่ ที่มีเพียง 2 ชนิด คือ เม่าไข่ปลา และมะขามป้อม ที่เป็นเช่นนั้นอาจเนื่องมาจากโอกาสในการเข้าถึงแหล่งอาหาร ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่าที่มีความแตกต่างกัน ทำให้การนำพืชมาใช้ประโยชน์มีความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมที่แตกต่างกันไป

3.2 กำลังผลิตของพื้นที่ป่าในรอบหนึ่งปี

จากการศึกษาศักยภาพของพื้นที่ป่าที่ตอบสนองต่อการพึ่งพิงด้านพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร ทำให้คาดการณ์ถึงกำลังผลิตของพื้นที่ป่าในรอบหนึ่งปีได้ในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดพืช และเมื่อนำปริมาณการคาดการณ์ผลผลิตดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ของราษฎรในหมู่บ้านแล้วพบว่า กำลังผลิตพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรของพื้นที่ป่าในรอบหนึ่งปีมีความเพียงพอต่อความต้องการใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อบริโภคและจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ ตัวอย่างเช่นพืชอาหารป่าที่ราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษามีความต้องการใช้ประโยชน์ในปริมาณมากเป็นอันดับต้นๆ ได้แก่ ผักกูด และเห็ดเผาะ ซึ่งราษฎรมีความต้องการเพื่อบริโภคและจำหน่ายชนิดละประมาณ 2,360 และ 1,980 กิโลกรัม/หมู่บ้าน/ปี ตามลำดับ ในขณะที่คาดการณ์ได้ว่าจะมีผลผลิตในป่าถึง 57,200 และ

287,076 กิโลกรัม/ปี อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าปริมาณผลผลิตที่คาดการณ์ว่าพื้นที่ป่าในพื้นที่ศึกษาจะผลิตได้ในรอบหนึ่งปี จะมีปริมาณสูงกว่าความต้องการใช้ประโยชน์ของราษฎรในชุมชน แต่ก็ไม่สามารถแสดงถึงความยั่งยืนของทรัพยากรป่าไม้ในบริเวณนี้ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าไม่ได้มีชุมชนเข้ามาพัฒนาเพียงชุมชนเดียวที่เข้าไปพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ในบริเวณนี้ แต่ยังคงมีหมู่บ้านใกล้เคียง เช่น ชาวไทยพื้นราบ ชนเผ่ากะเหรี่ยง และชนเผ่าลีซู ซึ่งตั้งกลุ่มบ้านอยู่โดยรอบบริเวณพื้นที่ป่าในพื้นที่ศึกษาอีกหลายกลุ่มที่เข้าไปใช้ประโยชน์ด้วยเช่นกัน

3.3 ปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ

จากการศึกษาพบว่า มีพืชอาหารป่าของชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษาอย่างน้อย 15 ชนิด ที่ให้คุณค่าทางอาหาร เช่น พลังงาน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ฟอสฟอรัส และวิตามินสำคัญๆ เช่น เบตาแคโรทีน วิตามินเอ ไทอะมิน วิตามินซี เป็นต้น โดยพืชอาหารป่าแต่ละชนิด จะให้ปริมาณสารอาหารแตกต่างกันไป และเมื่อนำปริมาณสารอาหารที่สามารถพบในพืชแต่ละชนิด (คิดจากปริมาณ 100 กรัม) มาคำนวณเทียบสัดส่วนกับปริมาณพืชอาหารป่าที่ชาวมูเซอบริโภคในหนึ่งปี พบว่าพืชอาหารป่าดังกล่าว จะให้พลังงานโดยเฉลี่ยคนละประมาณ 5,485.80 กิโลแคลอรี/คน/ปี สารอาหารในส่วนนี้จะมีส่วนช่วยให้พลังงานและเสริมสร้างความแข็งแรง โดยมีการบริโภคสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตหรือกลุ่มแป้ง อย่างน้อยประมาณ 10 ชนิด โดยเฉลี่ยคนละประมาณ 705.60 กรัม/คน/ปี ซึ่งจะช่วยเสริมอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตจากพืชเกษตร เช่น ข้าว และข้าวโพด ที่บริโภคอยู่เป็นประจำ อีกทั้งชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษายังมีโอกาสได้บริโภคพืชอาหารป่าที่ให้เส้นใยอาหารอย่างน้อย 7 ชนิด คือ แควขาว ชะมวง ผักชีฝรั่ง ผักหนาม มะกอก มะเขือพวง และหน่อไม้รวก มีโอกาสได้รับฟอสฟอรัส และแคลเซียมจากการเก็บหาพืชอาหารป่า เช่น ชะอม ผักกูด บัวบก ผักหนาม ฯลฯ โดยประมาณ 6,337.89 และ 10,129.93 มิลลิกรัม/คน/ปี ตามลำดับ ปริมาณสารอาหารดังกล่าว จะช่วยลดแคลเซียมจากการบริโภคนม ให้แก่ราษฎรในพื้นที่ศึกษาได้ทางหนึ่ง และการบริโภคธาตุเหล็กยังเพียงพอกับความต้องการของร่างกายในการช่วยสร้างเม็ดเลือด เนื่องจากสามารถเก็บหาพืชอาหารป่าอย่างน้อย 17 ชนิด เช่น ชะอม ผักกูด มะกอก ฯลฯ มาบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยได้รับธาตุเหล็กจากการบริโภคพืชอาหารป่าประมาณ 751.95 มิลลิกรัม /คน/ปี นอกจากนี้ยังมีโอกาสได้รับวิตามินที่สำคัญๆ เช่น วิตามินซี และวิตามินเอ เป็นต้น

3.4 คุณค่าทางเศรษฐกิจ และการลดค่าใช้จ่าย

จากการศึกษาการพึ่งพิงทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษา พบว่า มีการเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อการบริโภคเป็นหลัก และมีการเก็บหาพืชอาหารป่าประมาณ 6 ชนิด คือ ผักกูด มะกอก เพกา เห็ดเผาะ เห็ดหล่ม และเป้งาใหญ่ ขายเป็นรายได้ แต่พบว่าปริมาณการเก็บหาเพื่อขายมีไม่มากนัก เช่นพบว่าราษฎรในพื้นที่ศึกษาเก็บผักกูดขายประมาณ 2,000 กิโลกรัม/ปี/หมู่บ้าน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 16,000 บาท/หมู่บ้าน/ปี หรือเห็ดเผาะซึ่งพบว่าการเก็บหาเพื่อขายประมาณ 1,800 กิโลกรัม/ปี/หมู่บ้าน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 90,000 บาท/ปี/หมู่บ้าน เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากจะพิจารณามูลค่าเป็นตัวเงิน จะเห็นว่าราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษามีการเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อขายเป็นรายได้รวมทั้งสิ้นเป็นเงินประมาณ 135,500 บาท/ปี/หมู่บ้าน หรือโดยเฉลี่ยประมาณ 3,764 บาท/ครัวเรือน/ปี ซึ่งรายได้หลักของครัวเรือนจะมาจากการเก็บหาของป่าโดยเฉพาะการล่าสัตว์ป่ามากกว่าการเก็บหาพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร นอกจากนี้พืชอาหารปายังเอื้อประโยชน์ให้แก่ราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษาในแง่การออมเงินที่จำเป็นต้องใช้จ่ายเพื่อซื้อพืชอาหารเพื่อบริโภค กล่าวคือจากการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลราคาท้องถิ่นที่มีการซื้อขายพืชอาหารป่าแล้วพบว่าพืชอาหารป่าที่ชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษาเก็บหามาเพื่อการบริโภคมีมูลค่าโดยรวมประมาณ 128,757 บาท/ปี/หมู่บ้าน แยกเป็นมูลค่าของพืชกินใบประมาณ 33,290 บาท/ปี/หมู่บ้าน กินดอกประมาณ 8,701 บาท/ปี/หมู่บ้าน กินผลประมาณ 12,330 บาท/ปี/หมู่บ้าน กินส่วนอื่นๆ 33,726 บาท/ปี/หมู่บ้าน เห็ด ประมาณ 36,000 บาท/ปี/หมู่บ้าน และสมุนไพร 4,710 บาท/ปี/หมู่บ้าน หรืออาจกล่าวได้ว่าโดยเฉลี่ยแล้วราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษาสามารถออมเงินที่จำเป็นต้องใช้ในการซื้อหาพืชอาหารป่าเพื่อบริโภคประมาณ 3,576 บาท/ปี/ครัวเรือน จะเห็นว่าการเก็บหาพืชอาหารป่ามาเพื่อบริโภคช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้ทางหนึ่ง และอาจกล่าวได้ว่าพืชอาหารป่าช่วยเอื้อประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่ชุมชนในพื้นที่ศึกษาในระดับหนึ่งได้อีกด้วย

บทสรุป

พฤษศาสตร์พื้นบ้านกับความมั่นคงด้านอาหารของชุมชนเผ่ามูเซอ บ้านใหม่พัฒนา อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีประชากรรวม 280 คน 36 ครัวเรือน ราษฎรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเก็บหาของป่าเป็นหลัก ทำการเกษตร รับจ้าง และค้าขายเป็นอาชีพรอง โดยมีรายได้เฉลี่ยประมาณ 50,000 บาท/ครอบครัว/ปี มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพื่อเก็บหาพืชอาหารและพืชสมุนไพรในป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และดิบเขา โดยมีระยะทางเก็บหาพืชอาหารป่าโดยรอบหมู่บ้านอยู่ในรัศมี 2-6 กิโลเมตร ซึ่งพบว่ามีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชอาหารป่าที่บริโภคโดยราษฎรในพื้นที่ศึกษารวม 32 วงศ์ 50 สกุล 58 ชนิด แยกเป็นพืชกินใบ 27 ชนิด กินดอก 8 ชนิด กินผล 20 ชนิด กินส่วนอื่นๆ เช่น หัว เปลือก หน่อ ฯลฯ 14 ชนิด พืชจำพวกเห็ด 4 ชนิด และพืชสมุนไพร 6 ชนิด ซึ่งพืชบางชนิดสามารถกินได้ทั้งใบ ดอก ผล และส่วนอื่นๆ

ราษฎรชาวมูเซอทุกครัวเรือนในพื้นที่ศึกษามีการเก็บหาพืชอาหารป่าเพื่อการบริโภคในปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสามารถและเวลาว่างของแต่ละครัวเรือน อย่างไรก็ตามพบว่าพืชอาหารป่าที่สามารถเก็บหาได้ตลอด 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว มีจำนวน 36 ชนิด และพืชอาหารที่เก็บได้เฉพาะช่วงฤดูการ 22 ชนิด นอกจากนี้พบว่าพืชอาหารป่ามีส่วนช่วยสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารให้แก่ราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษา ทั้งในแง่ความหลากหลายทางด้านชนิดพันธุ์พืช กำลังผลิตในรอบหนึ่งปีที่เพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการในการบริโภค คุณค่าทางโภชนาการที่ช่วยสนับสนุนให้มีสุขภาพแข็งแรง นอกจากนี้พืชอาหารป่ายังมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ คือสร้างรายได้ให้แก่ราษฎรชาวมูเซอในพื้นที่ศึกษาเฉลี่ย 3,764 บาท/ครัวเรือน/ปี และประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพรเพื่อบริโภคได้ประมาณ 3,576 บาท/ครัวเรือน/ปี จึงกล่าวได้ว่าพืชอาหารป่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของชาวมูเซอเป็นอย่างมาก

ผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวทางเพื่อการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ไว้ดังนี้ คือ 1) ข้อเสนอแนะต่อชุมชนบ้านใหม่พัฒนา เช่น การวางแผน ระเบียบ และกำหนดหน้าที่ในการดูแลทรัพยากรป่าไม้ร่วมกัน 2) ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานต่างๆ ที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ เช่น การวางแผนทางการสร้างการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และ 3) ข้อเสนอแนะต่อนักวิจัยที่จะดำเนินการวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป เช่น การศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสรรพคุณทางยาของพืชอาหารป่าและพืชสมุนไพร และขอควรระวังในการเลือกใช้วิธีการศึกษาในงานวิจัยที่จะมีขึ้นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_448003

เอกสารอ้างอิง

ชูศรี ไตรสนธิ และปริทรรศน์ ไตรสนธิ. 2543. รายงานการวิจัยการศึกษาพฤษศาสตร์พื้นบ้านของชาวไทยภูเขาบนดอยแม่สะลอง จังหวัดเชียงราย.

ชูศรี ไตรสนธิ. 2539. พฤษศาสตร์พื้นบ้าน: การประชุมวิชาการทางพฤษศาสตร์ สวนพฤษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เชียงใหม่. เตือนใจ นุชดำรง และธีรยุทธ สมตน. 2548. พฤษศาสตร์พื้นบ้าน: พืชอาหารป่าชาวลีซู. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า ระหว่างวันที่ 21-24 สิงหาคม 2548 ณ โรงแรมริเจนท์ ซะอ่า จังหวัดเพชรบุรี. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ.

วิสุทธ์ ไข่ม้วน. 2540. วัฒนธรรมกับความหลากหลายทางชีวภาพ. เอกสารการสัมมนาวิชาการ กรมวิชาการเกษตรและศูนย์ฝึกอบรมพฤษศาสตร์ชุมชนแห่งภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมัย สุทธิธรรม. 2541. สารคดีชีวิตของชนกลุ่มน้อยบนดอยสูงมูเซอ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). บริษัทเลิฟแอนด์ลิฟเพรส จำกัด กรุงเทพฯ.

FAO. 1989. Forestry and food security. FAO Forestry Paper No. 90.

การใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าในพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช

สุจิตรา โกศล, พงษ์มณี ทองใบ, ตันติมา กำลัง, ธนภักษ์ อินยอด, จิตติมา ผสมญาติ, ทักษิณ อาชาวาคม,

จำลอง แผลกสระน้อย และ สมัย เสวครบุรี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: The Utilization of Non-timber Products in Sakaerat Biosphere Reserve
Sujitra Kosol, Pongmanee Thongbai, Tantima Kumlung, Tanapak Inyod,
Jittima Phasomyard, Taksin Archavacom, Jumlong Plagsanoi and Samai
Savakhornburi

Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Chatuchak, Bangkok 10900

The purpose of this study on the utilization of non-timber products at Sakaerat Biosphere Reserve was to survey species diversity and distribution of edible mushrooms and plants by participatory action research during September 2004 to August 2005. An additional aim was to determine the value of wild products carried out from Sakaerat forest. Thirty species from 9 families of edible mushrooms were found in the deciduous dipterocarp forest, dry evergreen forest, and reforest plantation. The dominant species of mushrooms were *Russula* spp. (Fam. Russulaceae), *Amanita* spp. (Fam. Amanitaceae), *Termitomyces* spp. (Fam. Tricholomataceae). Moreover, sixty-two species from 35 families of edible plants were found in Sakaerat forest and most of them occurred in the deciduous dipterocarp forest. The favorite economic edible plants were *Melientha suavis* Pierre, *Cratogeomys formosum* (Jack) Dyer, *Spondias pinnata* (L.f.) Kurz, *Phyllanthus emblica* L., *Careya sphaerica* Roxb., *Amorphophallus brevispathus* Gagnep., *Parkia sumatrana* Miq. subsp. *streptocarpa* (Hance) H.C.F. Hopkins, *Kaempferia pulchra* (Ridl.) Ridl., and bamboo shoots. Approximately 43 percent of people from villages surrounding Sakaerat forest and 75 percent of Sakaerat Environmental Research Station staff have gathered wild products from Sakaerat forest. Most edible mushrooms and plants were collected for consumption, rarely were they carried out for commercial purposes. The total approximate value of wild products carried out from Sakaerat forest was about 4,896,100 baht/year (The value of edible mushrooms was roughly 3,551,400 baht/year and some 1,344,700 baht for edible plants.)

Key words: Sakaerat Biosphere Research, Sakaerat forest, wild product

บทนำ

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตประเภทรากลุ่มที่มีพัฒนาการขั้นสูง ส่วนใหญ่จัดอยู่ในราหมวด Basidiomycotina และหมวด Ascomycotina แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ เห็ดกินได้ (edible mushroom) และเห็ดพิษ (poisonous mushroom or toadstool) (ราชบัณฑิตยสถาน, 2539) ปัจจุบันคนได้หันมาบริโภคเห็ดกันมากขึ้น เพราะนอกจากจะมีรสชาติดีแล้วเหดยังมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูงและเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพ (ศิริวรรณ และไมตรี, 2545) อีกทั้งยังให้ไขมันต่ำรับประทานแล้วไม่ก่อให้เกิดไขมันสะสมในร่างกาย ในธรรมชาติเห็ดเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทอย่างมากในระบบนิเวศทั้งในด้านการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช บางชนิดอยู่ร่วมกับรากไม้แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) บางชนิดเป็นปรสิต (parasite) ที่เป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรคกับต้นไม้ ดังนั้น ความหลากหลายและการกระจายของเห็ดจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ความสมบูรณ์ของแหล่งธรรมชาติและเป็นความรู้พื้นฐานที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์และสาขาอื่นต่อไป (นองนิจ และชริดา, 2546) ส่วนพืชกินได้ในป่านั้น นอกจากจะมีบทบาทหลักในระบบนิเวศคือการเป็นผู้ผลิตแล้วยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ด้วย โดยส่วนใหญ่นิยมรับประทานเป็นผัก ช่วยในระบบขับถ่ายดีขึ้น หลากๆ ชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นสมุนไพร จึงเป็นเหตุให้คนหันมาบริโภคผักเพื่อสุขภาพมากขึ้น (ยุวดี, 2545)

สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2510 เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงในประเทศเขตร้อน จนได้รับการรับรองจาก UNESCO ภายใต้โครงการมนุษย์และชีวมณฑล (MAB : Man and Biosphere Program) ในปี พ.ศ. 2519 ให้เป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑล (Biosphere Reserve Area) แห่งหนึ่งของโลก จากทั้งหมด 408 แห่งใน 94 ประเทศทั่วโลก โดยเป้าหมายหลักประการหนึ่งของโครงการมนุษย์และชีวมณฑล คือ พัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนในพื้นที่สงวนชีวมณฑลให้สามารถอยู่ร่วมกับป่าได้อย่างยั่งยืน (ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2544)

สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 48,800 ไร่ พื้นที่เกือบทั้งหมดอยู่ในเขตแกนกลาง (core area) ของแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราช ประกอบด้วยป่า 2 ชนิด คือ ป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest) และป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) เป็นพื้นที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาวิจัยและอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ตลอดจนเป็นสถานที่สำหรับฝึกอบรมและถ่ายทอดความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแต่ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชได้ถูกบุกรุกทำลาย และราษฎรได้เข้าไปเก็บหาของป่าและล่าสัตว์เป็นจำนวนมาก ซึ่งการกระทำดังกล่าวก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรและระบบนิเวศ รวมทั้งก่อให้เกิดความเสียหายกับแปลงทดลองที่ดำเนินการวิจัยในพื้นที่อีกด้วย พฤติกรรมดังกล่าวยังก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในเรื่องของการใช้ประโยชน์จากป่าระหว่างเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ดูแลพื้นที่กับราษฎรกลุ่มที่เข้ามาเก็บหาของป่าในพื้นที่ค่อนข้างรุนแรง ดังนั้น การศึกษาโครงการ การใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าในพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช จึงเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบข้อมูลการใช้ประโยชน์จากป่าโดยชุมชนโดยรอบ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการแก้ไขปัญหา ข้อขัดแย้งเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากป่าดังกล่าวแล้วข้างต้น ทั้งนี้ เพื่อการอนุรักษ์พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราชอย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ

1. เพื่อทราบถึงชนิดและการกระจายของพืชอาหารและเห็ดกินได้ชนิดต่างๆ ในป่าสะแกราช
2. เพื่อทราบถึงปริมาณการใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าสะแกราชของชุมชนโดยรอบ
3. เพื่อทราบถึงมูลค่าจากการเก็บหาของป่าของชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบพื้นที่ป่าสะแกราช
4. เพื่อทำ Participatory Mapping แสดงการกระจายของพืชและเห็ดกินได้ในป่าสะแกราช สำหรับการประกอบการจัดทำแผนการติดตามตรวจสอบทรัพยากรชีวภาพ ตลอดจนแผนการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากป่าสะแกราชแบบยั่งยืนต่อไป

วิธีการ

การดำเนินโครงการใช้แนวทางการมีส่วนร่วมของชุมชน (Participatory Action Research) (ICFOR, 2002) โดยการจัดประชุมสร้างมิตรภาพและความเข้าใจกับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบพื้นที่ป่าสะแกราชเกี่ยวกับการดำเนินโครงการ เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงความเป็นจริง

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.1 การสำรวจข้อมูลเศรษฐกิจ - สังคม และการเก็บหาของป่า ใช้วิธีการประชุมราษฎรที่อาศัยอยู่โดยรอบพื้นที่ป่าสะแกราช เพื่อสร้างความเข้าใจต่อโครงการ โดยกลุ่มเป้าหมายที่ทำการสำรวจแบ่งเป็น 2 ชุด คือ กลุ่มพนักงานของสถานีวิจัยสะแกราช และกลุ่มราษฎรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านโดยรอบป่าสะแกราช ทั้งนี้การสอบถามจะครอบคลุมกลุ่มประชากรใน 4 กลุ่มคือ (1) กลุ่มเจ้าหน้าที่/พนักงานที่ดูแลรักษาป่าสะแกราช (2) กลุ่มผู้นำชุมชน (3) กลุ่มชาวบ้านที่เข้ามาเก็บหาของป่าในพื้นที่ป่าสะแกราช (4) กลุ่มประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่โดยรอบป่าสะแกราชแต่ไม่ได้เข้ามาเก็บหาของป่า

1.2 การสำรวจชนิดและการกระจายของพืชและเห็ดกินได้ ทำการสำรวจให้ครอบคลุมทุกสภาพตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเส้นทางเดินป่าของป่าสะแกราช

1.3 การทำแผนที่การกระจายของพืชและเห็ดกินได้ ในส่วนนี้จะทำการประชุมสร้างความเข้าใจ กับกลุ่มผู้เก็บหาของป่าเพื่อทำการชี้จุดบริเวณที่เข้าไปเก็บหาของป่าในแผนที่แบบคร่าวๆ หลังจากนั้นจะให้กลุ่มผู้เก็บหาของป่านำทางเข้าไปสู่บริเวณที่เก็บหาของป่าในพื้นที่จริงเพื่อเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับชนิดของพืชและเห็ดกินได้ที่พบในแต่ละพื้นที่ตลอดจนกำหนดพิกัดตำแหน่งและขอบเขตลงในแผนที่และหลังจากนั้นก็ทำการติดตามสำรวจเห็ดและพืช ในช่วงที่เห็ดและพืชเจริญในแต่ละช่วงเวลาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์ถึงความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปริมาณ และบริเวณที่มีการกระจายของพันธุ์พืช รวมทั้งเห็ดกินได้ชนิดต่างๆ ในป่าสะแกราชที่ราษฎรนำมาใช้ประโยชน์ในการยังชีพและสร้างรายได้ให้กับครอบครัว

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลมูลค่าจากการเก็บของป่า ช่วงเวลาการเก็บหาของป่าแต่ละชนิดในรอบปี ทั้งกลุ่มของราษฎรที่เข้ามาเก็บหาของป่า ราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนโดยรอบสถานี และกลุ่มผู้นำชุมชนโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS

ผลการวิจัย

1. ชนิดและการกระจายของเห็ดและพืชกินได้ในป่าสะแกราช

1.1 เห็ดกินได้ (Edible Mushrooms)

การศึกษาและจัดจำแนกชนิดของเห็ดกินได้ได้นั้นอ้างอิงตาม ราชบัณฑิตยสถาน (2539), สุมาลี (2547), อนงค์ (2544) และ Rolf (1986) ผลการศึกษาพบเห็ดกินได้ 30 ชนิด 9 วงศ์ (ตารางที่ 1) โดยชนิดของเห็ดที่มีความเด่นทั้งด้านปริมาณและความถี่ ได้แก่ กลุ่มเห็ดตะไคล สกุล *Russula* วงศ์ *Russulaceae* กลุ่มเห็ดระโงก สกุล *Amanita* วงศ์ *Amanitaceae* กลุ่มเห็ดปลวกหรือเห็ดโคน สกุล *Termitomyces* วงศ์ *Tricholomataceae* ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างลักษณะของเห็ดกินได้ที่พบในป่าสะแกราชแสดงในภาพที่ 1 สำหรับบริเวณที่มีการกระจายของเห็ดกินได้ในป่าสะแกราชนั้น พบว่ามีเห็ดกระจายอยู่ทั้งในป่าดิบแล้ง เต็งรัง และป่าปลูก โดยเห็ดแต่ละชนิดจะเจริญในบริเวณที่แตกต่างกัน เช่น เห็ดบด (*Lentinus polychrous* Lev.) พบในป่าดิบแล้งโดยเห็ดมักเจริญบนกิ่งหรือท่อนไม้ตะเคียนหินที่ผุและขึ้น ในช่วงปลายฤดูฝนและย่างเข้าสู่ช่วงที่มีอากาศหนาวเย็น เห็ดหูหนู (*Auricularia* spp.) เจริญบนกิ่งหรือท่อนไม้ที่ผุหรือบนต้นไม้มียังมีชีวิตอยู่แต่เป็นส่วนเซลล์ที่ตายแล้วของต้นไม้ที่ขึ้นมากๆ เห็ดระโงกชนิดต่างๆ (*Amanita* spp.) เจริญบนพื้นดินที่ร่วนซุยและมีเศษใบไม้ทับถมซึ่งพบมากบริเวณสวนป่า (ไม้กระถินณรงค์ ไม้ยูคาลิปตัส) และป่าเต็งรัง แต่พบน้อยในป่าดิบแล้ง กลุ่มเห็ดตะไคล (*Russula* spp.) พบมากทั้งในป่าดิบแล้งและป่าเต็งรังที่มีพรรณไม้วงศ์ยาง (*Dipterocarpaceae*) เป็นพันธุ์ไม้เด่น ส่วนเห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morg.) พบได้ผิวดินในป่าเต็งรังที่เคยถูกไฟไหม้และมีเศษใบไม้ทับถม เส้นใยใต้ดินของเห็ดชนิดนี้อาศัยเกื้อกูลกับรากพืชชั้นสูง (*Ectomycorrhiza*) เป็นต้น

1.2 พืชกินได้ (Edible Plants)

การศึกษาและจัดจำแนกชนิดของพืชกินได้ได้นั้นอ้างอิงตาม เต็ม (2544), มุลนิธิแพทย์แผนไทยพัฒนา (2547ก, ข และค), เอื้ออมพร และปณิธาน (2547) ผลการศึกษาพบว่าพืชกินได้ 62 ชนิด 35 วงศ์ (ตารางที่ 2) ส่วนมากพบกระจายในพื้นที่ป่าเต็งรัง ชนิดของพืชที่พบบ่อยและมีปริมาณมาก รวมทั้งที่ราษฎรนิยมรับประทานและนำมาขายเป็นสินค้า ได้แก่ ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre) ดีวขาว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer) มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) กระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.) บุกอีรอกเขา (*Amorphophallus brevispathus* Gagnep.) ลูกจิง (*Parkia sumatrana* Miq. subsp. *streptocarpa* (Hance) H.C.F. Hopkins) เปราะป่า (*Kaempferia pulchra* (Ridl.) Ridl.) และหน่อไม้ (Bambooshoot) เป็นต้น ซึ่งลักษณะของพืชกินได้ที่พบมากแสดงในภาพที่ 2 สำหรับการกระจายของพืชกินได้ที่พบทั้งในป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และสวนป่า โดยพืชแต่ละชนิดมักเจริญในพื้นที่ที่ค่อนข้างเฉพาะ และมีเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถปรับตัวเจริญในสภาพพื้นที่ที่หลากหลายได้ แต่

ในภาพรวมแล้วพืชกินได้ที่เป็นที่นิยมของราษฎรส่วนใหญ่พบในป่าเต็งรัง โดยพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่พบในป่าเต็งรังได้แก่ ผักหวานป่า ตั้วขาว และมะขามป้อม โดยผักหวานป่าที่พบและชาวบ้านนิยมเก็บส่วนยอดเพื่อนำไปบริโภคนั้นมีขนาดต้นเล็ก กระจายอยู่ทั่วพื้นที่เขาหินเพลิง ทางด้านทิศเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือของป่าสะแกราษ มะขามป้อมซึ่งเป็นพืชที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและเจริญได้ดีในดินลูกรังพบมากบริเวณป่าเต็งรัง ทั้งสองข้างของถนนทางเข้าสถานีวิจัยสะแกราษ ส่วนกระโดนพบมากในป่าเต็งรังและเขตรอยต่อระหว่างป่าเต็งรังกับป่าดิบแล้ง (Ecotone) นอกจากนี้ ยังมีพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่พบเฉพาะในป่าดิบแล้ง ได้แก่ ลูกดิ่ง ส่วนพืชที่พบได้ทั้งในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง เช่น มะกอก เปราะป่า ซึ่งเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดมาก เป็นต้น

ตารางที่ 1. รายชื่อเห็ดกินได้ในป่าสะแกราษและสภาพทางนิเวศวิทยา

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์	บริเวณที่พบ/สภาพแวดล้อม
Fam. Amanitaceae		
1. เห็ดระโงกขาว, เห็ดไข่คน	<i>Amanita princeps</i> Corner and Bas.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
2. เห็ดระโงกเหลือง, เห็ดไข่ห่านเหลือง	<i>Amanita hemibapha</i> (Berk. et Br.) Sacc. subsp. <i>javanica</i> Corner et Bas.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
3. เห็ดระโงกแดง	<i>Amanita hemibapha</i> (Berk. et Br.) Sacc.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
Fam. Russulaceae		
4. เห็ดน้ำแป้ง	<i>Russula alboareolata</i> Hongo.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
5. เห็ดหล่มหมวกเขียว	<i>Russula aeruginea</i> Lindbl.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
6. เห็ดหล่มขาว	<i>Russula delica</i> Fr.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
7. เห็ดถ่านเล็ก	<i>Russula densifolia</i> (Sacc.) Gill.	พื้นดินในป่าเต็งรัง
8. เห็ดถ่านใหญ่	<i>Russula nigricans</i> Fr.	พื้นดินในป่าเต็งรัง
9. เห็ดน้ำหมาก	<i>Russula luteotacta</i> Rea.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
10. เห็ดหน้าม่วง, เห็ดหน้ามอย	<i>Russula cyanoxantha</i> (Schw.) Fr.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
11. เห็ดหล่มกระเขี้ยว	<i>Russula virescens</i> Fr.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
12. เห็ดหล่มกระน้ำตาล	<i>Russula crustosa</i> Peck.	พื้นดินร่วนซุยบริเวณป่าปลูก ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
13. เห็ดฟานสีเหลืองทอง	<i>Lactarius hygrophoroides</i> Berk et Br.	พื้นดินป่าดิบแล้ง
14. เห็ดฟานสีน้ำตาลแดง	<i>Lactarius volemus</i> Fr.	พื้นดินป่าดิบแล้ง
Fam. Cantharellaceae		
15. เห็ดมันปูใหญ่	<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	พื้นดินป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
16. เห็ดขมิ้นเล็ก (มันปูเล็ก)	<i>Cantharellus minor</i> Peck.	พื้นดินป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
17. เห็ดขมิ้นใหญ่	<i>Craterellus oderatus</i> (Schw.) Fr.	พื้นดินป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
18. เห็ดขมิ้นน้อย	<i>Craterellus aureus</i> Berk. et Br.	พื้นดินป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง
Fam. Lycoperdaceae		
19. เห็ดเผาะ	<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers) Morg.	ใต้ผิวดินป่าเต็งรังบริเวณที่เคยถูกไฟไหม้
Fam. Auriculariaceae		
20. เห็ดหูหนู	<i>Auricularia</i> spp. (3 ชนิด)	ขอนไม้/ตอไม้ และต้นไม้ที่มีความชื้นสูง
Fam. Tremellaceae		
21. เห็ดหูหนูขาว	<i>Tremella fuciformis</i> Berk.	ขอนไม้/ตอไม้ และต้นไม้ที่มีความชื้นสูง
Fam. Tricholomataceae		
22. เห็ดข้าวตอก	<i>Termitomyces microcarpus</i> (Berk. Et Br.)	พื้นดินบริเวณใกล้จอมปลวก
23. เห็ดโคน	<i>Termitomyces</i> spp. (4 ชนิด)	พื้นดินบริเวณใกล้จอมปลวก
Fam. Stereaceae		
24. เห็ดตีนตุ๊กแก, เห็ดจิก	<i>Schizophyllum commune</i> Fr.	ขอนไม้กระถินณรงค์ ยูกาลิปตัสในป่าปลูก ขอนไม้มะม่วง
Fam. Polyporaceae		
25. เห็ดลม, เห็ดกระด้าง	<i>Lentinus polychrous</i> Lev.	กิ่งไม้ / ขอนไม้ตะเคียนหินผุๆ ในป่าดิบแล้ง

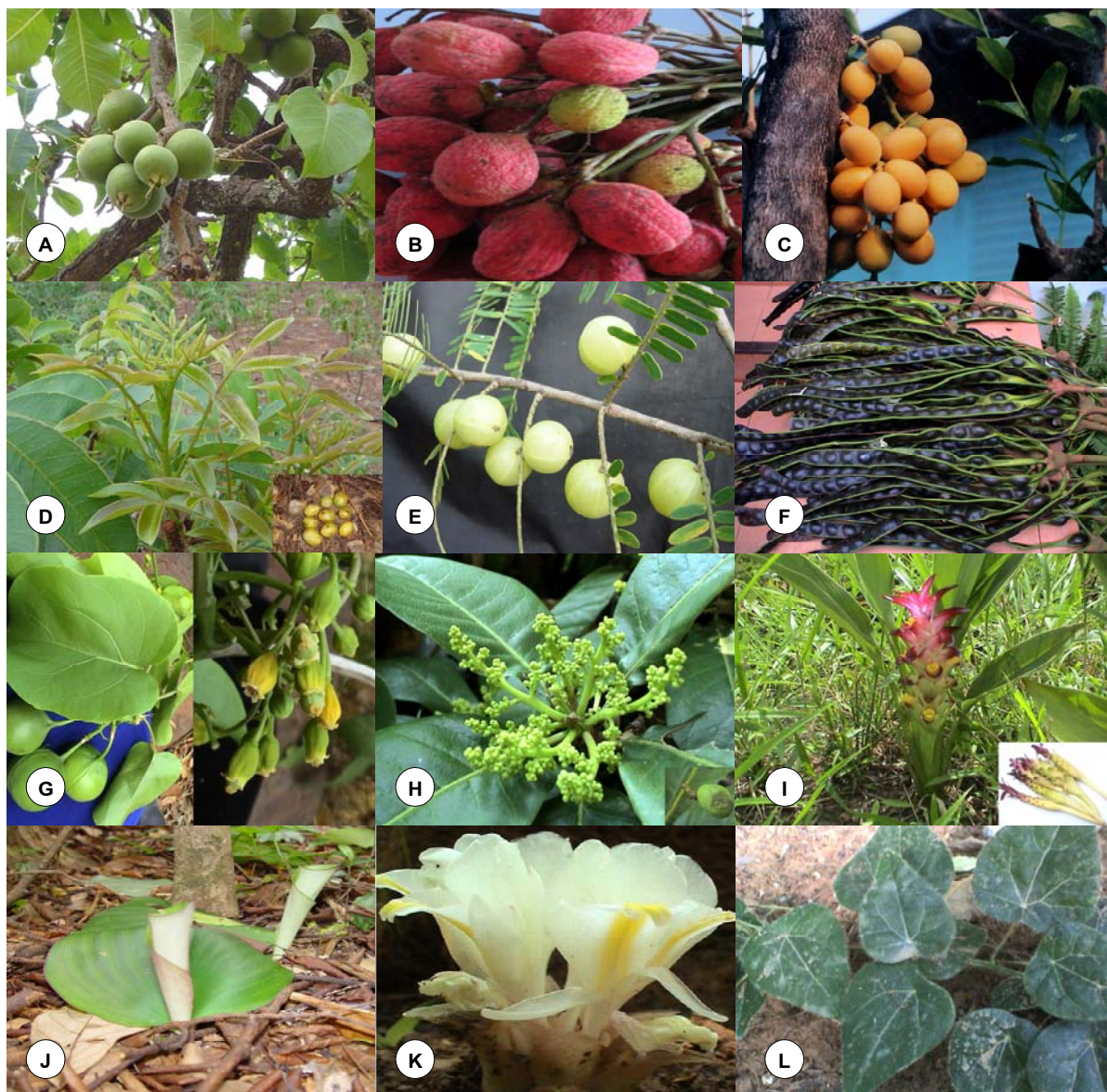


ภาพที่ 1. เห็ดกินได้ในพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช : (A) เห็ดระโงกขาว (*Amantita princeps* Corner and Bas.), (B) เห็ดระโงกเหลือง (*A. hemibapha* (Berk. et Br.) Sacc. subsp. *javanica* Corner et Bas.), (C) เห็ดระโงกแดง (*A. hemibapha* (Berk. et Br.) Sacc.), (D) เห็ดขมิ้นเล็ก (*Cantharellus minor* Peck.), (E) เห็ดฟานสีเหลืองทอง (*Lactarius hygrophoroides* Berk et Br.), (F) เห็ดน้ำแป้ง (*Russula alboareolata* Hongo), (G) เห็ดหล่มหมวกเขียว (*R. aeruginea* Lindbl.), (H) เห็ดน้ำหมาก (*R. luteotacta* Rea.), (I) เห็ดตะไคลขาว (*R. delica* Fr.)

2. การใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าสะแกราช

2.1 สัดส่วนการใช้ประโยชน์จากป่า

จากการสำรวจการใช้ประโยชน์จากป่าสะแกราช ในช่วงเดือนกันยายน 2547 ถึง สิงหาคม 2548 ในรูปแบบของการเก็บเห็ดและพืชกินได้ในป่าสะแกราชของราษฎรในกลุ่มต่างๆ ที่อาศัยอยู่โดยรอบป่า พบว่า กลุ่มประชากรที่มีการใช้ประโยชน์มากได้แก่ กลุ่มพนักงานของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช โดยมีการเก็บเห็ดและพืชกินได้ คิดเป็นปริมาณร้อยละ 72 และ 75 ของจำนวนพนักงานทั้งหมด รองลงไปได้แก่ บ้านห้วยน้ำเค็ม (ร้อยละ 62 และ 55 ของจำนวนครัวเรือน) บ้านไทรทองพัฒนา (ร้อยละ 61 และ 54 ของจำนวนครัวเรือน) บ้านชัยไพรทอง (ร้อยละ 50 และ 44 ของจำนวนครัวเรือน) และบ้านวังน้ำเขียว (ร้อยละ 50 และ 37.5 ของจำนวนครัวเรือน) ทั้งนี้เนื่องจากราษฎรกลุ่มนี้อาศัยอยู่ใกล้และติดกับผืนป่าสะแกราช ส่วนหมู่บ้านอื่นๆ ที่อยู่โดยรอบป่าสะแกราชมีการเก็บหาของป่าทั้งเห็ดและพืช แต่เป็นสัดส่วนที่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนครัวเรือน ซึ่งหมู่บ้านดังกล่าว ได้แก่ บ้านบะใหญ่ บ้านบุตะโกเมืองใหม่ บ้านห้วยแก้ว บ้านหนองนกเขียน และบ้านบะด่าน ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งก็เนื่องจากหมู่บ้านดังกล่าวอยู่ห่างไกลจากผืนป่าการเดินทางลำบากมากกว่าในกลุ่มแรก (สัดส่วนการใช้ประโยชน์จากป่า ดังภาพที่ 3)

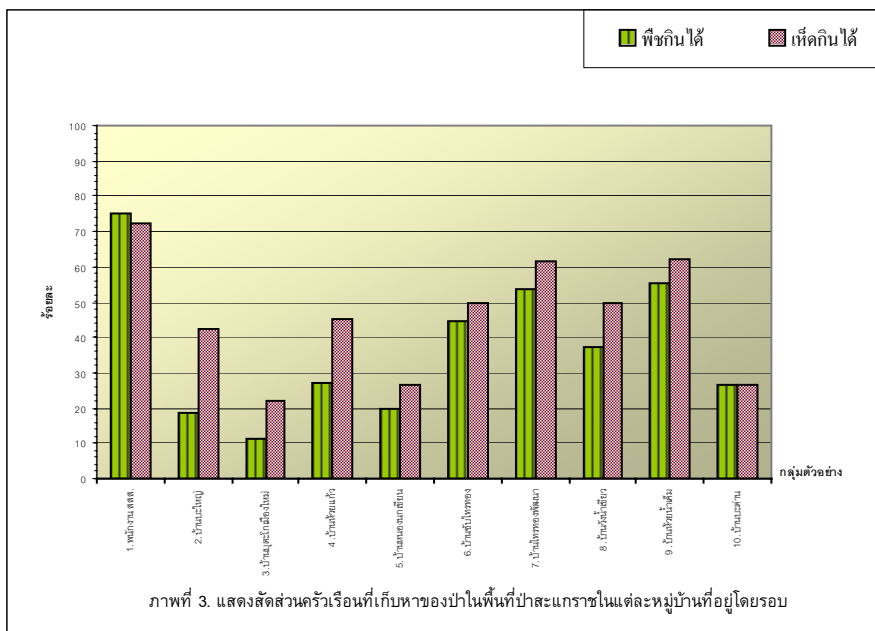


ภาพที่ 2. พืชกินได้ในพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช : (A) กระโดน (*Careya sphaerica* Roxb, *C. arborea* Roxb), (B) คอแล่น (*Nephelium hypoleucum* Kurz), (C) ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre), (D) มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz), (E) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.), (F) ลูกตึง (*Parkia sumatrana* Miq. subsp. *streptocarpa* (Hance) H.C.F. Hopkins (G) อีหนู (*Adenia veridiflora* Craib), (H) มะม่วงหาวแมงวัน (*Buchanania lanzan* Spreng.), (I) กระเจียว (*Curcuma sessilis* Gage), (J) เปราะป่า (*Kaempferia pulchra* (Ridl.) Ridl.), (K) กระเจียวขาว (*Curcuma parviflora* Wall.), (L) กระจับปี่ (*Cissampelos pareira* L.)

2.2 ปริมาณและมูลค่าจากการเก็บหาของป่า

2.2.1 เติบโตได้ดี ชนิดของพืชที่ราษฎรโดยรอบป่าสะแกราชเก็บได้ในปริมาณมาก ได้แก่ กลุ่มเห็ดตะไคล กลุ่มเห็ดระโงก เห็ดน้ำแป้ง เห็ดน้ำหมาก เห็ดปลวก โดยเก็บได้เฉลี่ย 3.85, 2.93, 1.96, 1.54 และ 1.35 กิโลกรัมต่อครัวเรือน ตามลำดับ และเมื่อประเมินมูลค่าของเห็ดที่ราษฎรเก็บออกจากป่าสะแกราชพบว่า มูลค่าเฉลี่ยต่อครัวเรือนค่อนข้างต่ำ ประกอบกับราษฎรส่วนใหญ่เก็บเห็ดเพื่อบริโภคในครัวเรือนเท่านั้น ยกเว้นราษฎรบางกลุ่ม ในบ้านวังน้ำเขียว บ้านห้วยน้ำเค็ม และบ้านหนองนกเขียนที่เก็บเห็ดเพื่อการค้า โดยมีมูลค่าจากการเก็บเห็ดเฉลี่ยประมาณ 8,606, 2,702 และ 1,539 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ตามลำดับ และเมื่อประเมินมูลค่าของเห็ดทั้งหมดรวมทุกหมู่บ้านพบว่า มีมูลค่าประมาณ 3,551,446 บาทต่อปี

2.2.2 พืชกินได้ พืชกินได้ที่พบในป่าสะแกราชทั้ง 62 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นผักพื้นบ้านที่ราษฎรโดยรอบป่าเก็บเพื่อการบริโภคในครัวเรือน มีเพียง 3 ชนิดที่มีปริมาณมากและเก็บเพื่อการค้า ได้แก่ ผักหวานป่า ลูกดิ่ง และหน่อไม้ โดยหมู่บ้านที่เก็บพืชเพื่อการค้าได้แก่ บ้านห้วยน้ำเค็ม ซึ่งเก็บลูกดิ่งและหน่อไม้ เป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากหมู่บ้านห้วยน้ำเค็มตั้งอยู่ใกล้บริเวณป่าดิบแล้งซึ่งมีลูกดิ่งเจริญในป่าชนิดนี้และมีป่าไผ่ขึ้นปะปน ส่งผลให้มีการเก็บ ลูกดิ่งและหน่อไม้เป็นปริมาณมาก และหมู่บ้านวังน้ำเขียวเก็บผักหวานและหน่อไม้เป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากหมู่บ้านวังน้ำเขียวตั้งอยู่ใกล้บริเวณป่าเต็งรัง ซึ่งมีผักหวานป่าเจริญในป่าชนิดนี้และมีป่าไผ่ขึ้นผสม ส่งผลให้มีการเก็บ ผักหวานป่าและหน่อไม้เป็นปริมาณมาก ส่วนหมู่บ้านอื่นๆ ที่อาศัยอยู่รอบๆ ป่าสะแกราช มีการเก็บพืชกินได้แต่ในปริมาณไม่มากแต่ถ้าเหลือจากการบริโภคก็จะขาย และเมื่อประเมินมูลค่าของการเก็บ พืชกินได้จากป่าสะแกราชของหมู่บ้านห้วยน้ำเค็มและบ้านวังน้ำเขียว พบว่า มีมูลค่าเฉลี่ยต่อครัวเรือนต่อปี



ประมาณ 7,153 และ 491 บาท ตามลำดับ และเมื่อประเมินมูลค่าของพืชกินได้ที่ราษฎรนำออกจากป่ารวมทุกหมู่บ้านพบว่า มีมูลค่าประมาณ 1,344,751 บาทต่อปี (มูลค่าการเก็บของป่าดังแสดงในตารางที่ 3)

ตารางที่ 3. แสดงสัดส่วนครัวเรือนที่ใช้ประโยชน์และมูลค่าจากการเก็บของป่าโดยตรงในพื้นที่ป่าสะแกราช

กลุ่มประชากรที่สำรวจ	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ (%) ของครัวเรือน	มูลค่าจากการเก็บหาของป่า (บาท)			
		เห็ดกินได้		พืชกินได้	
		เฉลี่ยต่อครัวเรือน	รวมทั้งหมด	เฉลี่ยต่อครัวเรือน	รวมทั้งหมด
1. พนักงานสถานีวิจัยสะแกราช	75	510	19,903	139	5,438
2. บ้านมะใหญ่	18.4	464	108,551	33	8,219
3. บ้านบุตะโกเมืองใหม่	11.1	171	34,111	210	20,972
4. บ้านห้วยแก้ว	27.3	1,000	80,000	783	19,133
5. บ้านหนองนกเขียน	20	1,539	360,204	130	12,675
6. บ้านซับไทรทอง	44.4	489	50,844	531	27,611
7. บ้านไทรทองพัฒนา	53.8	963	60,674	417	9,476
8. บ้านวังน้ำเขียว	37.5	8,606	2,237,544	491	113,483
9. บ้านห้วยน้ำเค็ม	55.2	2,702	524,134	7,153	1,117,788
10. บ้านมะदान	26.8	248	75,481	29	9,956
รวม			3,551,446		1,344,751

บทสรุป

จากการศึกษาชนิดของเห็ดและพืชกินได้ในป่าสะแกราช พบเห็ดกินได้ 30 ชนิด 9 วงศ์ พืชกินได้ 62 ชนิด 35 วงศ์ กลุ่มประชากรที่มีการใช้ประโยชน์จากป่ามาก คือ กลุ่มที่อาศัยอยู่ใกล้ชิดกับป่า ได้แก่ พนักงานของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (ร้อยละ 75) บ้านห้วยน้ำเค็ม (ร้อยละ 55) บ้านไทรทองพัฒนา (ร้อยละ 54) บ้านซับไทรทอง (ร้อยละ 44) และบ้านวังน้ำเขียว (ร้อยละ 38) ส่วนหมู่บ้านที่อยู่ห่างไกลออกไปก็มีการใช้ประโยชน์ลดลงไป สำหรับ

กลุ่มประชากรที่เก็บของป่าเพื่อค้าขายเป็นหลักมีเพียง 2 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่บ้านวังน้ำเขียวและหมู่บ้านห้วยน้ำเค็ม โดยหมู่บ้านวังน้ำเขียว มีมูลค่าจากการเก็บเห็ดและพืชเฉลี่ยต่อครัวเรือนสูงถึง 8,606 และ 491 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ส่วนหมู่บ้านห้วยน้ำเค็ม มีมูลค่าจากการเก็บพืชเฉลี่ยต่อครัวเรือนสูงถึง 7,153 บาทต่อครัวเรือนต่อปีและมูลค่าจากการเก็บเห็ดป่า ประมาณ 2,702 บาทต่อครัวเรือนต่อปี และเมื่อประเมินมูลค่าของเห็ดที่ราษฎรโดยรอบป่าสะแกราชเก็บออกจากพื้นที่ป่าตลอดทั้งปีคิดเป็นมูลค่าประมาณ 3,551,446 บาท และมูลค่าพืชประมาณ 1,344,751 บาท

ข้อเสนอแนะ

พื้นที่ป่าสะแกราชถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่แกนกลาง (core area) ของแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราช ซึ่งเป็นบริเวณที่ควรสงวนไว้เพื่อการอนุรักษ์ห้ามมีการบุกรุกทำลาย ส่วนราษฎรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านบริเวณรอบป่าสะแกราช ถูกกำหนดให้อยู่ในเขตรอบนอกของพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช โดยหลักการของพื้นที่สงวนชีวมณฑลคือการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของคนที่ย้ายอยู่ในพื้นที่ให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีและสามารถอยู่ร่วมกับป่าได้อย่างยั่งยืน ในขณะที่ผลการศึกษาของโครงการ ทำให้ทราบถึงสัดส่วนและประเภทของการใช้ประโยชน์จากป่าของราษฎรโดยรอบ ดังนั้น แนวทางที่เป็นไปได้ที่จะลดระดับของการบุกรุกป่า คือ การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะพันธุ์พืชและเห็ดจากป่าและถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นๆ ให้ราษฎรจนสามารถเพาะปลูกได้ในระดับครัวเรือนเพื่อการยังชีพและระดับอุตสาหกรรมเพื่อการค้าซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับชีวิตความเป็นอยู่ของคนให้ดีขึ้นได้อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_448001

เอกสารอ้างอิง

- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพมหานคร.
- นองนิจ เหลือมล้ำ และชรีดา ปุกหุด. 2546. ความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดป่าในอุทยานแห่งชาติภูจองนายอย ใน : เห็ดไทย 2546. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร. หน้า 41-65.
- มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา. 2547ก. ผักพื้นบ้านภาคอีสาน. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงใหม่. บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด กรุงเทพมหานคร.
- มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา. 2547ข. ผักพื้นบ้านภาคเหนือ. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงใหม่. บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด กรุงเทพมหานคร.
- มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา. 2547ค. ผักพื้นบ้านภาคใต้. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงใหม่. บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ) จำกัด กรุงเทพมหานคร.
- ยุวดี จอมพิทักษ์. 2545. อาหารธรรมชาติผักพื้นเมืองโภชนาการสูงเหลือเชื่อ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพมหานคร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2539. เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- ศิริวรรณ สุทธจิตต์ และไมตรี สุทธจิตต์. 2545. เห็ดสมุนไพร : จากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต ใน : เห็ดไทย. 2545. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร.
- ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2544. คน ป่าไม้ และพื้นที่สงวนชีวมณฑล. รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการฉลองครบรอบ 30 ปี โครงการมุนษย์และชีวมณฑล. ณ เค ยู โสม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร.
- สุมาลี พิษญากร. 2547. เห็ดโคนและลูกผสม. บริษัท สามเจริญพาณิชย์ กรุงเทพมหานคร.
- อนงค์ จันทรศรีกุล. 2544. เห็ดเมืองไทย. เทคโนโลยีการเพาะเห็ด. ไทยวัฒนาพานิช จำกัด กรุงเทพมหานคร.
- เอี่ยมพร วิสมหมาย และปณิธาน แก้วดวงเทียน. 2547. ไม้ยืนต้นของไทย 1. บริษัท เอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด กรุงเทพมหานคร.
- CIFOR. 2002. Exploring biological diversity, environment and local people's perspectives in forest landscapes. Center for International Forestry Research, Bogor Barat, Indonesia.
- Rolf, S. 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy. Koeltz Scientific Books, Federal Republic of Germany.

ชนิด การกระจายพันธุ์ และโครงสร้างประชาคมของปะการังแข็งสกุล *Acropora* ในอ่าวไทยอัญชลี จันทร์คง¹ และ วิภูษิต มั่นทะจิตร²¹ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก อ.แกลง จ.ระยอง 21190²ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131**Abstract: Species, Distribution and Community Structure of the Scleractinian Corals Genus *Acropora* in the Gulf of Thailand****Anchalee Chankong¹ and Vipoosit Manthachitra²**¹Eastern Marine and Coastal Resources Research Center, Klang, Rayong 21190, ²Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Muang, Chonburi 20131

Scleractinian corals of the genus *Acropora* of the Family Acroporidae are the dominant group within coral assemblages in the Gulf of Thailand. The purpose of this study was to investigate the diversity, abundance, species composition and community structure of *Acropora* in the Gulf of Thailand. 30 x 1 m belt transects with 3 replicates (total study area 90 m²) were employed at each of 80 stations in 30 locations (Islands) in the Gulf of Thailand. A total of 37 species were found covering an average area of 14.9%. The dominant species were *A. millepora*, *A. samoensis*, *A. digitifera* etc. Common species were *A. valida*, *A. hyacinthus*, *A. divaricata* etc. Rare species were *A. cytherea*, *A. humilis*, *A. valenciennesi* etc. Ma Island and Phangan Island had the highest species richness (15 species). Kra Island had the second highest species richness (14 species). The diversity indices at all stations were 0.5-2.0 while the evenness indices were 0.5-1.0. The station at Kram Island on the leeward-reef slope (KM21) had the highest diversity index (2.0). Species composition of *Acropora* based on area coverage varied significantly in habitats depending on location. Community structure could be used to classify stations into 4 groups. the first group included a station at Klang Island with a windward-reef slope (KL12), and a station at Klang Island with a leeward-reef slope (KL22), having *A. aculeus* as the dominant species, and a station at Kra Island with a leeward-reef slope (KR22) having *A. nana* as the dominant species. The second group was a station at Klang Island with a leeward-reef slope (KL22) and having *A. formosa* as the dominant species. The third group was a station at Kra Island with a leeward-reef flat (KR21) that had *A. cf. copiosa*, *A. longicyathus*, *A. tenuis* and *A. microphthalma* as the dominant species and the last group of stations had common species and rare species. In addition, colony size structure was also significantly different among habitats depending on location. The largest sizes of colonies ranged from 21-50 to > 100 cm. This study showed the recent condition of *Acropora* in the Gulf of Thailand and that they had recovered after the bleaching phenomenon in 1998.

Key words: *Acropora*, community structure

บทนำ

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุดและมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง แหล่งหนึ่งในบรรดาระบบนิเวศชายฝั่งทะเลทั้งหลาย เนื่องจากมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อนเหมาะกับการเป็นที่อยู่อาศัย หลบภัย ห่อหุ้มและเลี้ยงตัวในวัยอ่อนของสัตว์น้ำนานาชนิด จึงทำให้เป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ เอื้อประโยชน์ให้กับชาวประมงพื้นบ้านที่เข้ามาเก็บเกี่ยวผลผลิตตามธรรมชาติ (วิภูษิต, 2537) นอกจากนี้ยังเปรียบเสมือนแนวกำแพงที่ช่วยลดความรุนแรงของกระแสน้ำช่วยป้องกันชายฝั่งพังทลาย โครงสร้างหินปูนที่ปะการังสร้างขึ้นเมื่อสักร่อนลงก็จะกำเนิดเป็นเม็ดทรายให้กับชายหาดสำหรับระบบนิเวศหาดทรายอีกส่วนหนึ่งด้วย ตลอดจนเป็นแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติทางทะเลที่สำคัญของนักท่องเที่ยว นารายได้จากการท่องเที่ยวเข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก รวมทั้งเป็นแหล่งศึกษาระบบนิเวศทางทะเลและการวิจัยทางด้านการแพทย์

ปัจจุบันความเสื่อมโทรมของแนวปะการังในประเทศไทยเกิดจาก 2 สาเหตุหลัก คือ เกิดจากธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ สำหรับการทำลายจากธรรมชาติ ได้แก่ พายุและกระแสน้ำลม ความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงผิดปกติดีเป็นเวลานาน รวมถึงการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยปกติ หลังจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวเมื่อปี 2541 ทำให้แนวปะการังหลายแห่งเสื่อมโทรมลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอ่าวไทยที่เกิดขึ้นรุนแรงมากกว่าทางฝั่งอันดามันและรุนแรงกว่าครั้งที่ผ่านๆ มา นอกจากนี้ปะการังยังมีศัตรูตามธรรมชาติที่สำคัญคือ ดาวมงกุฎหนาม (*Acanthaster planci*) ปลานกแก้ว สัตว์ที่เจาะไชเข้าไปในโครงสร้างของปะการัง ส่วนสาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ปัญหาการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเล การทำประมงที่ผิดกฎหมาย การลักลอบทิ้งของเสียลงสู่ทะเล และการท่องเที่ยวที่ผิดวิธี จากผลกระทบดังกล่าวล้วนมีผลทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพทางทะเลลดลงทั้งสิ้น

การศึกษาระบบนิเวศแนวปะการังของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายทางชีวภาพของปะการังยังมีน้อย ที่ผ่านมามีส่วนใหญเป็นการสำรวจเบื้องต้นเพื่อจัดทำแผนที่แนวปะการัง ประเมินสภาพหรือระดับความสมบูรณ์ของแนวปะการัง และมีการศึกษาเฉพาะบางพื้นที่เท่านั้นส่วนใหญเป็นการรายงานในระดับสกุล กอปรกับในปัจจุบันการศึกษความหลากหลายทางชีวภาพของปะการังในประเทศไทยยังค่อนข้างน้อยและไม่มีระบบ การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งจะทำให้ทราบถึงสภาพปัจจุบันของปะการังสกุลนี้ในฝั่งอ่าวไทยได้ละเอียดยิ่งขึ้น เนื่องจากการศึกษาเน้นเฉพาะกลุ่มและเป็นการศึกษาในระดับพื้นที่กว้าง ซึ่งยังไม่มีการศึกษาไว้อย่างจริงจัง ดังนั้นการเลือกศึกษาปะการังเฉพาะกลุ่ม จะทำให้ทราบข้อมูลได้ดีขึ้น มีความทันสมัยและละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาทางด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับปะการังต่อไป และยังสามารถนำไปใช้ในการจัดการทรัพยากรปะการังของประเทศไทย เพื่อการอนุรักษ์ และการฟื้นฟูแนวปะการังที่เสื่อมโทรมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ รวมถึงประโยชน์ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของปะการังของประเทศไทยและทางด้านนิเวศวิทยาทางทะเล ตลอดจนทางด้านการแพทย์ เป็นต้น

ปะการังเขากวางเป็นปะการังในสกุล *Acropora* อยู่ในครอบครัว Acroporidae มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนใต้แปซิฟิกมีความหลากหลายของชนิดสูง (Wallace, 1997) ไม่ว่าในอินโดนีเซีย ทางตอนใต้ของ Great Barrier Reef สำหรับในประเทศไทยพบได้ทั่วไปทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ปะการังสกุล *Acropora* เป็นปะการังที่มีความสำคัญและเป็นสกุลหลักที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในอ่าวไทย โดยมักพบว่าเป็นปะการังกลุ่มเด่นร่วมกับปะการังชนิด *Porites lutea* ในครอบครัว Poritidae และปะการังครอบครัว Faviidae โดยพบว่าปะการัง *Porites lutea* มักเป็นชนิดเด่นในที่ตื้น (reef flat) ซึ่งเป็นบริเวณที่ใกล้ฝั่งหรือน้ำตื้น ส่วนปะการัง *Acropora* มักเป็นชนิดเด่นในบริเวณที่มีน้ำใสหรือในที่ลึก (reef slope) หรือแนวปะการังที่อยู่นอกฝั่ง (สิทธิพันธ์ และคณะ, 2527, 2528; Sakai et al., 1986; Phongsuwan and Chansang, 1992; Kudo and Yamano, 1997) แม้ว่าปะการังชนิด *P. lutea* จะเป็นปะการังที่มีการครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด (Phongsuwan and Chansang, 1992; หรรษา และคณะ, 2542) แต่ในแง่ความหลากหลายของชนิดแล้วปะการังครอบครัว Faviidae และปะการัง *Acropora* มีความหลากหลายสูงกว่า ทางด้านฝั่งตะวันออกบริเวณเกาะต่างๆ มักพบปะการังสกุลนี้เป็นปะการังชนิดเด่น (สิทธิพันธ์ และคณะ, 2528; Sakai, 1986; วิภูษิต, 2537; ตรงค์, 2540; ทรงวุฒิ, 2545) ส่วนกลุ่มเกาะต่างๆ ทางด้านอ่าวไทยฝั่งตะวันตกก็มักพบปะการังสกุลนี้เป็นปะการังชนิดเด่นเช่นเดียวกัน (สุรพล และคณะ, 2531; Yeemin et al., 1994, 1998; อัญชลี, 2543; Chankong, 2000) หลังจากเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวทั่วโลกเมื่อปี 2541 พบว่าปะการังในสกุล *Acropora* ได้รับผลกระทบมากที่สุด (Wilkinson, 2000; Hashimoto et al., 1999) ซึ่งแนวปะการังในประเทศไทยทั้งทางด้านฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน (ธรรมศักดิ์, 2541; Boonprakob and Chankong, 2000; นิพนธ์ และคณะ, 2544)

การศึกษาวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพของปะการังในประเทศไทยและการศึกษาในระดับพื้นที่กว้างยังมีอยู่ไม่มากนัก ส่วนใหญ่แล้วเป็นการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยาและอนุกรมวิธาน รวมถึงสภาพความสมบูรณ์ของแนวปะการัง โดย Ditlev (1980) เป็นคนแรกที่ศึกษาอนุกรมวิธานของปะการังแข็งในประเทศไทยเพื่อใช้เป็นคู่มือในการจำแนกชนิดของปะการังในเขตร้อนใต้-แปซิฟิก โดยตัวอย่างที่ทำการศึกษาล้วนใหญ่อยู่ในจังหวัดภูเก็ตและฝั่งอันดามัน ต่อมา Phongsuwan (1994) ทำการศึกษานุกรมวิธานของปะการังแข็งบริเวณหมู่เกาะอ่างดำ-ราวี การศึกษาทางด้านฝั่ง

อ่าวไทย ได้แก่ วรณพร (2528) ศึกษาอนุกรมวิธานของปะการังแข็งที่รวบรวมได้จากอ่าวไทย พบปะการังใน Order Scleractinia (จำนวน 5 suborder 14 วงศ์ 46 สกุล) เป็นปะการังวงศ์ Acroporidae 14 ชนิด ซึ่งมีปะการังสกุล *Acropora* 9 ชนิด คือ *Acropora humilis*, *A. cf. digitifera*, *A. nobilis*, *A. formosa*, *A. aspera*, *A. millepora*, *A. hyacinthus*, *A. nasuta* และ *A. florida* นอกจากนี้มีการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธาน การกระจายพันธุ์ และสภาพโครงสร้างทางสังคมและนิเวศวิทยาเฉพาะพื้นที่ตามเกาะต่างๆ บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก (Sakai et al., 1986; วิภูษิต, 2537; ตรงค์, 2540) สรุพล และคณะ (2531) ทำการศึกษาเชิงปริมาณของแนวปะการังตามเกาะที่สำคัญในอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ได้แก่ กลุ่มเกาะอ่าวชุมพร กลุ่มเกาะเต่า กลุ่มเกาะพะงัน กลุ่มเกาะสมุย กลุ่มเกาะทางตอนใต้ของเกาะสมุย หมู่เกาะอ่างทอง และผลกระทบของตะกอนต่อปะการัง พบปะการังในวงศ์ Acroporidae ทั้งหมด 18 ชนิด เป็นปะการังสกุล *Acropora* 11 ชนิด สกุล *Astreopora* 3 ชนิด และสกุล *Montipora* 4 ชนิด Yeemin และคณะ (1994) ศึกษาเชิงปริมาณและโครงสร้างประชาคมของปะการังแข็งบริเวณเกาะเต่าและเกาะนางญวนในปี 1992 พบว่าแนวปะการังที่อ่าวโฉลกบ้านเก่าซึ่งเป็นด้านที่รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่าที่เกาะนางญวนตรงตำแหน่งที่หลบลมทั้งลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องจากมีเกาะเต่าช่วยกำบังคลื่นลมถึงแม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์ครอบคลุมของปะการังมีชีวิตมากกว่าก็ตาม และยังพบปะการังสกุล *Acropora* ที่เกาะนางญวน 4 ชนิด โดยมี *A. formosa* เป็นชนิดเด่น อรวรรณ และวิภูษิต (2546) ได้ศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของปะการังแข็งวงศ์ Acroporidae ในจังหวัดชลบุรีและระยอง พบทั้งหมด 34 ชนิด ปะการังสกุล *Acropora* มีจำนวนชนิดมากที่สุด 21 ชนิด รองลงมาคือ *Montipora* 9 ชนิด และ *Astreopora* 4 ชนิด จากการศึกษาของทรงวุฒิ (2545) ถึงโครงสร้างชุมชนของปะการังแข็งบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทยพบปะการังในสกุล *Acropora* ทั้งหมด 6 ชนิด คือ *Acropora humilis*, *A. samoensis*, *A. nobilis*, *A. formosa*, *A. millepora* และ *A. hyacinthus* ส่วนการศึกษาทางด้านฝั่งทะเลอันดามันได้แก่ Phongsuwan (1994) ศึกษาอนุกรมวิธานของปะการังแท้ (ซีเลนเทอรატา-แอนโทซัว) สกุล *Acropora* บริเวณหมู่เกาะอาดัง-ราวี อุทยานแห่งชาติตะรุเตา พบปะการังสกุล *Acropora* 23 ชนิด ซึ่งการศึกษาเหล่านี้ยังไม่มีการศึกษาถึงโครงสร้างประชาคมและประชากรของปะการังสกุลนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบชนิด การกระจายพันธุ์ องค์ประกอบชนิด และโครงสร้างประชาคมของปะการังแข็งสกุล *Acropora* ในแต่ละพื้นที่ศึกษาในอ่าวไทยซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่เขตตะวันออกตอนใน เขตตะวันออกตอนนอกและเขตตะวันตกตอนนอกของอ่าวไทย

วิธีการ

ทำการศึกษาตามแนวปะการังในอ่าวไทย (ภาพที่ 1) ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่ได้เป็น 3 เขตใหญ่ๆ คือ

1. เขตตะวันออกตอนนอก เริ่มตั้งแต่เกาะกูด จังหวัดตราด จนถึงเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง
2. เขตตะวันออกตอนใน เริ่มจากเกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จนถึงเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
3. เขตตะวันตกตอนนอก เริ่มจากเกาะทะลุ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จนถึงเกาะกระ จังหวัดนครศรีธรรมราช

โดยในแต่ละเขตจะประกอบด้วยกลุ่มเกาะ แล้วสุ่มเลือกตัวแทนของกลุ่มเกาะ กลุ่มเกาะละ 2 เกาะ (location) ในแต่ละเกาะทำการสุ่มเลือกตัวแทนแนวปะการัง 2 ด้าน (side) คือ ด้านรับลม (แทนด้วย 1) และด้านอับลม (แทนด้วย 2) และในแต่ละด้านของเกาะศึกษาประกอบด้วย 1-2 แหล่งที่อยู่อาศัย (habitat) ได้แก่ โซนพื้นราบ (reef flat) (แทนด้วย 1) และโซนลาดชัน (reef slope) (แทนด้วย 2) เช่น KU12 หมายถึงสถานีเกาะกูดด้านรับลมบนโซนลาดชัน การพิจารณาว่าด้านใดเป็นด้านรับลมหรืออับลมนั้น จะพิจารณาจากทิศทางของลมมรสุมหลักที่มีอิทธิพลต่อเกาะนั้นๆ โดยเกาะที่อยู่ในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นหลักดังนั้นด้านทิศตะวันตกและด้านทิศใต้จะเป็นด้านรับลมในขณะที่ด้านทิศตะวันออกและด้านทิศเหนือของเกาะจะเป็นด้านอับลม (ยกเว้นเกาะมันใน ที่ด้านทิศตะวันตกเป็นด้านอับลม ส่วนทิศใต้ของเกาะเป็นด้านรับลม) สำหรับเกาะที่อยู่ในเขตอ่าวไทยฝั่งตะวันตกจะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก ดังนั้นด้านทิศตะวันออกและทิศเหนือของเกาะจึงเป็นด้านรับลมในขณะที่

ด้านทิศตะวันตกและทิศใต้จะเป็นด้านอับลม แนวปะการังทางด้านอับลมมักมีแนวที่กว้างกว่าด้านรับลม จึงสำรวจทั้งบริเวณโซนพื้นราบและโซนลาดชัน ยกเว้นบางบริเวณที่มีแนวแคบจะทำเฉพาะโซนลาดชันเท่านั้น (เกาะครามน้อยด้านทิศตะวันตกมีแนวกว้างกว่าจะทำการสำรวจทั้งสองโซน ส่วนด้านทิศตะวันออกสำรวจเฉพาะโซนลาดชัน) รวมสถานที่ทำการศึกษารวม 15 กลุ่มเกาะ ประกอบด้วย 30 เกาะ รวมทั้งสิ้น 80 สถานี ดังนี้

1. กลุ่มเกาะกูด ประกอบด้วย	- เกาะกูด (KU)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะไม้ซี้เล็ก (MS)	จำนวน 2 สถานี
2. กลุ่มเกาะหมาก ประกอบด้วย	- เกาะหมาก (MR)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะลอม (LM)	จำนวน 3 สถานี
3. กลุ่มเกาะช้าง ประกอบด้วย	- เกาะช้าง (CH)	จำนวน 1 สถานี
	- เกาะหวาย (WY)	จำนวน 3 สถานี
4. กลุ่มเกาะมันใน ประกอบด้วย	- เกาะมันใน (MN)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะมันนอก (MK)	จำนวน 2 สถานี
5. กลุ่มเกาะเสม็ด ประกอบด้วย	- เกาะเสม็ด (ST)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะกูด (KD)	จำนวน 3 สถานี
6. กลุ่มเกาะแสมสาร ประกอบด้วย	- เกาะแสมสาร (SS)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะขาม (KH)	จำนวน 3 สถานี
7. กลุ่มเกาะคราม ประกอบด้วย	- เกาะคราม (KM)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะครามน้อย (KN)	จำนวน 3 สถานี
8. กลุ่มเกาะสีชัง ประกอบด้วย	- เกาะสีชัง (SC)	จำนวน 2 สถานี
	- เกาะค้ำคาว (KK)	จำนวน 3 สถานี
9. กลุ่มเกาะลัน ประกอบด้วย	- เกาะลัน (LN)	จำนวน 2 สถานี
	- เกาะสาก (SK)	จำนวน 3 สถานี
10. กลุ่มเกาะไผ่ ประกอบด้วย	- เกาะไผ่ (PH)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะมารวิชัย (MV)	จำนวน 2 สถานี
11. กลุ่มเกาะทะเล ประกอบด้วย	- เกาะทะเล (TL)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะสิงห์ (SI)	จำนวน 2 สถานี
12. กลุ่มเกาะเต่า ประกอบด้วย	- เกาะเต่า (TA)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะนางญวน (NY)	จำนวน 2 สถานี
13. กลุ่มเกาะพะงัน ประกอบด้วย	- เกาะพะงัน (PN)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะม้า (MA)	จำนวน 3 สถานี
14. กลุ่มเกาะสมุย ประกอบด้วย	- เกาะสมุย (SM)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะกะเต็น (KT)	จำนวน 3 สถานี
15. กลุ่มเกาะกระ ประกอบด้วย	- เกาะกระ (KR)	จำนวน 3 สถานี
	- เกาะกลาง (KL)	จำนวน 2 สถานี

เริ่มทำการศึกษาดังแต่เดือนเมษายน 2546 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2548 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสี่ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ การศึกษาชนิดและการกระจายพันธุ์ของปะการัง โดยการจำแนกชนิดในภาคสนามแล้วเก็บตัวอย่างปะการังมาจำแนกชนิดและศึกษาอย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการ ส่วนที่สองคือ การศึกษาองค์ประกอบชนิดและโครงสร้างประชาคมของปะการังสกุล *Acropora* โดยการบันทึกข้อมูลจากภาคสนาม ส่วนที่สามคือ ข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่สำคัญ และส่วนที่สี่เป็นการนำข้อมูลจากภาคสนามมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. ชนิดและการกระจายพันธุ์

การศึกษาทำโดยการดำน้ำแบบ SCUBA diving บันทึกข้อมูลจากภาคสนามที่พบได้ทั่วไปในแนวปะการังที่ทำการศึกษาโดยให้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่โซนพื้นราบ (reef flat) จนถึงโซนลาดชัน (reef slope) เพื่อให้ครอบคลุมจำนวนชนิดมากที่สุด บันทึกชนิด รูปทรง สี และขนาดความกว้างของโคโลนี (ถ้าสามารถวัดได้ เช่น ปะการังที่มีรูปทรงแบบพุ่ม หรือแบบโต๊ะ) ของปะการังสกุล *Acropora* ทุกชนิดที่พบ รวมถึงโซนและความลึกที่พบปะการังลงในแผ่นบันทึกข้อมูล จากนั้นถ่ายรูปแล้วเก็บตัวอย่างปะการังเพื่อประโยชน์ในการศึกษาเรื่องลักษณะสัณฐานปะการัง (morphological structure)

การจำแนกชนิดปะการังทำได้โดยใช้ลักษณะของโครงสร้างแข็งภายนอก (skeletal structure) ตามเอกสารของ Veron และ Wallace (1984), Wallace (1999), Veron (2000) และ Phongsuwan (1994) พร้อมทั้งถ่ายรูปโครงสร้างแข็งของปะการัง ลักษณะของ corallum, corallite และลักษณะที่สำคัญอื่นๆ ของปะการังแต่ละชนิด

2. องค์ประกอบชนิดและโครงสร้างประชาคม

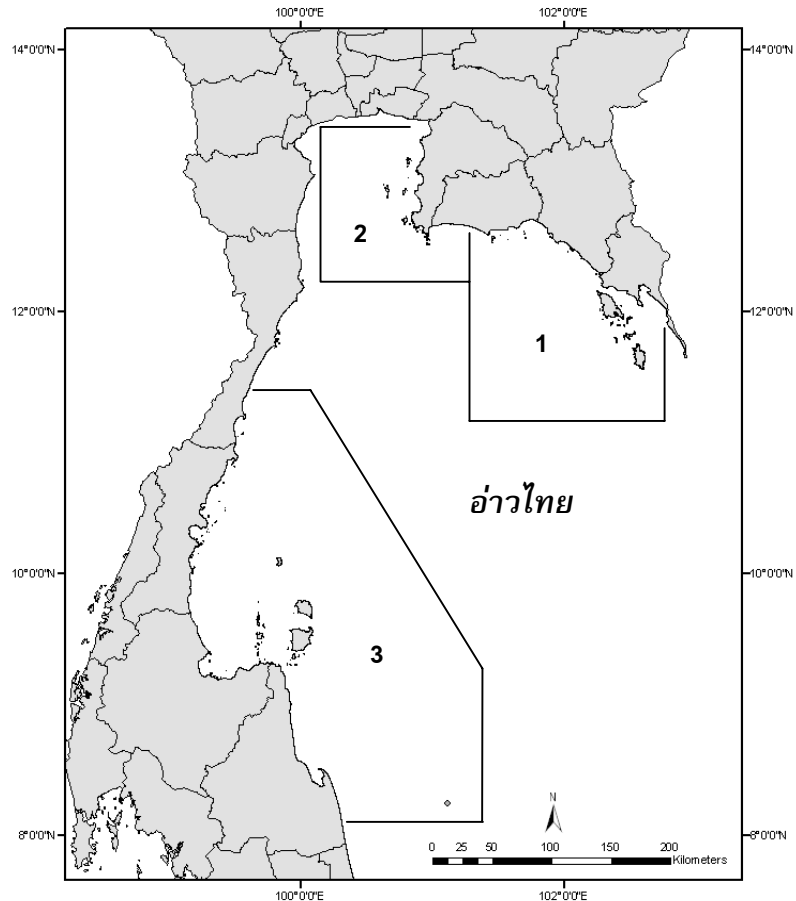
ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยวิธีการวาง Line Intercept Transect (English et al., 1994) โดยใช้เส้นเทปความยาว 30 เมตร กว้าง 1 เมตร จำนวน 3 เส้น โดยแต่ละซ้ำจะครอบคลุมพื้นที่ 30 ตารางเมตร จดบันทึกชนิดปะการัง รูปทรงและสี วัดขนาดของโคโลนี พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลองค์ประกอบอื่นๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษาด้วย

3. ข้อมูลประกอบอื่นๆ

ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของสถานีศึกษา ข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ข้อมูลสภาพแวดล้อมในขณะทำการศึกษา บันทึกลักษณะโดยทั่วไปบริเวณแนวปะการังและบริเวณที่วางเส้นเทป และบันทึกค่าที่วัดได้จากเครื่องมือที่วัดในภาคสนาม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลชนิดและการกระจายพันธุ์ของปะการังที่พบในแต่ละสถานีนำมาสรุปในรูปของตาราง ส่วนข้อมูลองค์ประกอบชนิดและโครงสร้างประชาคม จากข้อมูลดิบที่ได้จะนำมาจัดข้อมูลความชุกชุมแต่ละชนิด ในแต่ละสถานี หาค่าเฉลี่ยของแต่ละชนิดในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัย นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของประชาคม ได้แก่ จำนวนชนิด ความหลากหลายของชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ โดยวิธีการวิเคราะห์การแปรปรวนหลายตัวแปร



ภาพที่ 1. พื้นที่ที่ทำการศึกษาในอ่าวไทย (เขต 1 อ่าวไทยฝั่งตะวันออกตอนนอก เขต 2 อ่าวไทยฝั่งตะวันออกตอนใน และเขต 3 อ่าวไทยฝั่งตะวันตกตอนนอก)

(MANOVA) ในการทดสอบสมมติฐานว่าปัจจัย สถานี ทิศทางลม และแหล่งที่อยู่อาศัย มีผลต่อความชุกชุมของปะการังแต่ละชนิดหรือไม่ เมื่อมีความแตกต่างใช้องค์ประกอบพื้นฐาน (Principle Component Analysis-PCA) ในการแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างเกิดจากปัจจัยใด และปะการังชนิดใดมีความแตกต่าง

ผลการวิจัย

1. ชนิดและการกระจายพันธุ์ของปะการัง

จากการศึกษาชนิดของปะการัง พบปะการังสกุล *Acropora* รวม 37 ชนิด ประกอบด้วย *Acropora aculeus*, *Acropora cerealis*, *Acropora* cf. *copiosa*, *Acropora cytherea*, *Acropora dendrum*, *Acropora digitifera*, *Acropora divaricata*, *Acropora exquisita*, *Acropora florida*, *Acropora formosa*, *Acropora gemmifera*, *Acropora grandis*, *Acropora humilis*, *Acropora hyacinthus*, *Acropora latistella*, *Acropora* cf. *listeri*, *Acropora longicyathus*, *Acropora* cf. *lovelli*, *Acropora microphthalma*, *Acropora millepora*, *Acropora* cf. *monticulosa*, *Acropora nana*, *Acropora nasuta*, *Acropora nobilis*, *Acropora prostata*, *Acropora robusta*, *Acropora samoensis*, *Acropora sarmentosa*, *Acropora secale*, *Acropora selago*, *Acropora solitaryensis*, *Acropora subulata*, *Acropora tenuis*, *Acropora valida*, *Acropora valenciennesi*, *Acropora verweyi* และ *Acropora* sp.1 (Arborescent)

การกระจายพันธุ์ของปะการังสกุล *Acropora* มีพื้นที่ครอบคลุม 14.9% ของพื้นที่สำรวจเมื่อเปรียบเทียบกับปะการังกลุ่มอื่น (65.8%) พบว่า องค์ประกอบหลักของแนวปะการังประกอบด้วยปะการังจาก 3 วงศ์ คือ วงศ์ Poritidae (44.1%) Acroporidae (22.6%) และ Faviidae (14.1%) กลุ่มเกาะกระมีพื้นที่ครอบคลุมของปะการังสกุล *Acropora* สูงที่สุดคือมีมากถึง 43.1 – 71.7% ของพื้นที่ กลุ่มเกาะครามมี 31.8-34.6% รองลงมาคือ เกาะสิงห์ เกาะกุฎี เกาะหมาก เกาะพะงัน เกาะมاریชัย และเกาะขาม ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุมอยู่ประมาณ 10-20%

ปะการัง *A. millepora*, *A. digitifera* และ *A. samoensis* เป็นชนิดที่ถูกพบมากในหลายสถานี สำหรับรูปแบบการกระจายพันธุ์ได้พิจารณาจากจำนวนโคโลนีของปะการัง 1,452 โคโลนี ของปะการังจำนวน 17 ชนิด โดยได้เลือกเฉพาะชนิดที่สามารถทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้อย่างถูกต้องคือ รูปทรงแบบ Corymbose และ Table ที่พบตั้งแต่ 5 สถานีขึ้นไป รูปแบบการกระจายพันธุ์พิจารณาจากระดับความชุกชุมบน Log Scale แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ชนิดที่พบมากที่สุดได้แก่ *A. millepora*, *A. samoensis*, *A. digitifera*, *A. subulata*, *A. cerealis* ชนิดที่พบทั่วไปได้แก่ *A. valida*, *A. hyacinthus*, *A. divaricata*, *A. selago*, *A. aculeus*, *A. tenuis*, *A. nasuta* และชนิดที่พบยาก ได้แก่ *A. cytherea*, *A. humilis*, *A. valenciennesi*, *A. gemmifera* และ *A. dendrum* (ภาพที่ 2)

เมื่อพิจารณาสัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของปะการังสกุล *Acropora* แต่ละชนิด (ภาพที่ 3) พบว่า *A. formosa* และ *A. subulata* เป็นชนิดที่มีพื้นที่ครอบคลุมสูงที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มของ *Acropora* cf. *copiosa*, *A. divaricata*, *A. nana*, *A. longicyathus*, *A. millepora*, *A. hyacinthus*, *A. samoensis*, *A. florida* และ *A. digitifera* ส่วนปะการังกลุ่มที่เหลือเป็นกลุ่มที่พบครอบคลุมพื้นที่น้อยถึงน้อยมาก และเมื่อพิจารณาจากจำนวนสถานีที่พบ ปรากฏว่า *Acropora* cf. *copiosa*, *A. nana* และ *A. longicyathus* แม้จะพบอัตราการครอบคลุมพื้นที่สูงแต่กลับมีจำนวนสถานีที่พบน้อยเพียง 1-2 สถานีเท่านั้น

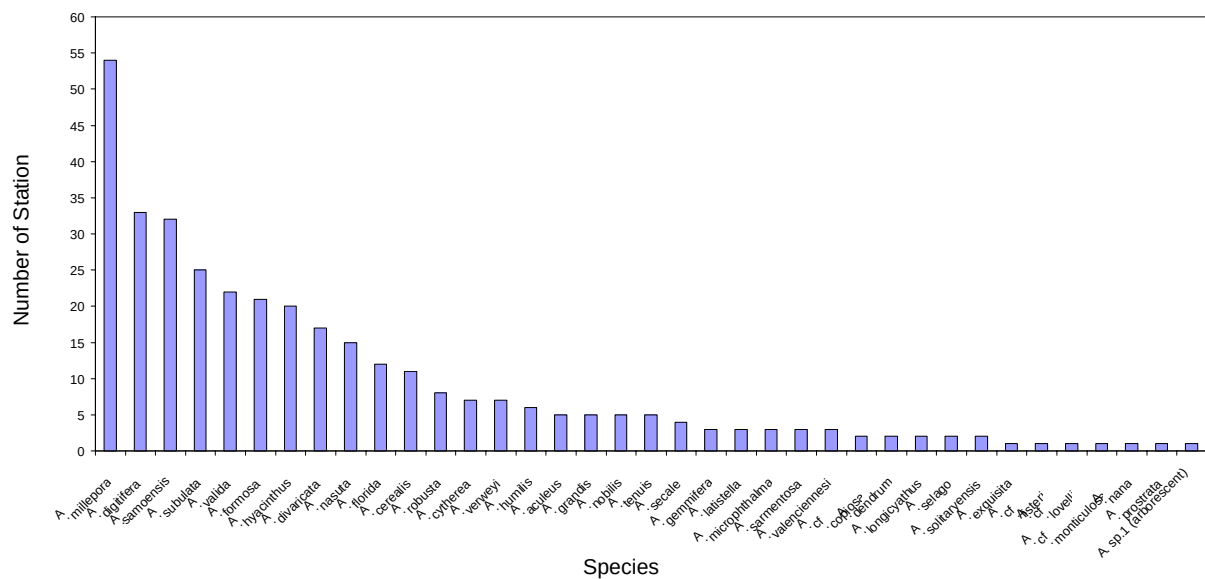
2. โครงสร้างประชาคมของปะการัง

2.1 พารามิเตอร์ด้านประชาคม

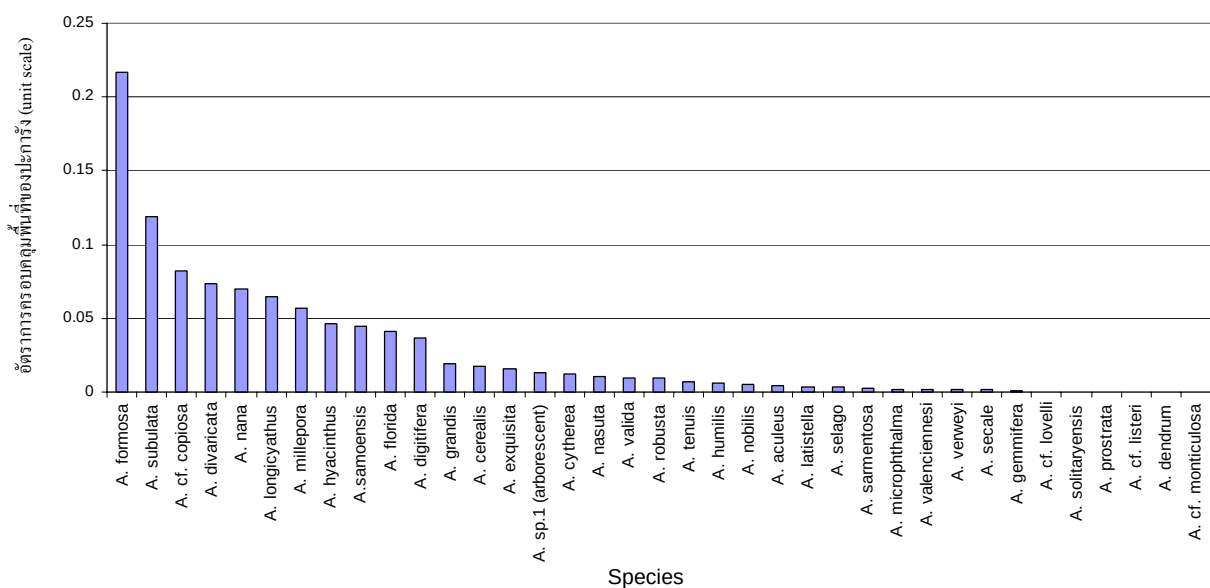
ผลการวิเคราะห์จำนวนชนิด ดัชนีความหลากหลาย และดัชนีความสม่ำเสมอ ของพื้นที่ครอบคลุมปะการังของปะการังสกุล *Acropora* ทั้ง 80 สถานี จาก 30 เกาะ ดังนี้

1) จำนวนชนิดของปะการัง ส่วนใหญ่เป็นปะการังสกุล *Acropora* ที่พบทั้งด้านรับลมและอับลม (ของ 56 สถานี จาก 28 เกาะ) รวมทั้งโซนพื้นราบและโซนลาดชัน (ของ 44 สถานี จาก 22 เกาะ) อยู่ในช่วง 2-6 ชนิด โดยพบว่ามีการตั้งตั้งแต่ 10 ชนิดขึ้นไปเฉพาะด้านรับลมเท่านั้น ส่วนด้านอับลมมีจำนวนชนิดสูงสุดไม่ถึง 10 ชนิด สถานีที่มีจำนวนชนิดของปะการังสูงสุดที่ด้านรับลมคือ เกาะม้ามี่จำนวน 11 ชนิด รองลงมาคือ เกาะกุกีและเกาะกระมีจำนวน 10 ชนิดเท่ากัน สำหรับสถานีที่มีจำนวนชนิดของปะการังสูงสุดที่ด้านอับลมคือ เกาะพะงันมีจำนวน 8 ชนิด และเกาะกุกีมีจำนวน 7 ชนิด

เมื่อพิจารณาแหล่งที่อยู่อาศัยพบว่า จำนวนชนิดของปะการังบนโซนพื้นราบมีจำนวนชนิดสูงสุดคือจำนวน 12 ชนิด อยู่ที่สถานีบนโซนพื้นราบของเกาะคราม รองลงมาคือ เกาะมัวพบ 10 ชนิด ส่วนเกาะที่มีจำนวนชนิดของปะการังสูงสุดที่สถานีบนโซนลาดชันไม่ถึง 10 ชนิด คือ เกาะพะงันมีจำนวน 8 ชนิด เกาะกุกี และเกาะครามน้อยมีจำนวน 7 ชนิดเท่ากัน



ภาพที่ 2. การปรากฏของปะการังสกุล *Acropora* 37 ชนิด จากการสำรวจ 80 สถานี ในอ่าวไทย

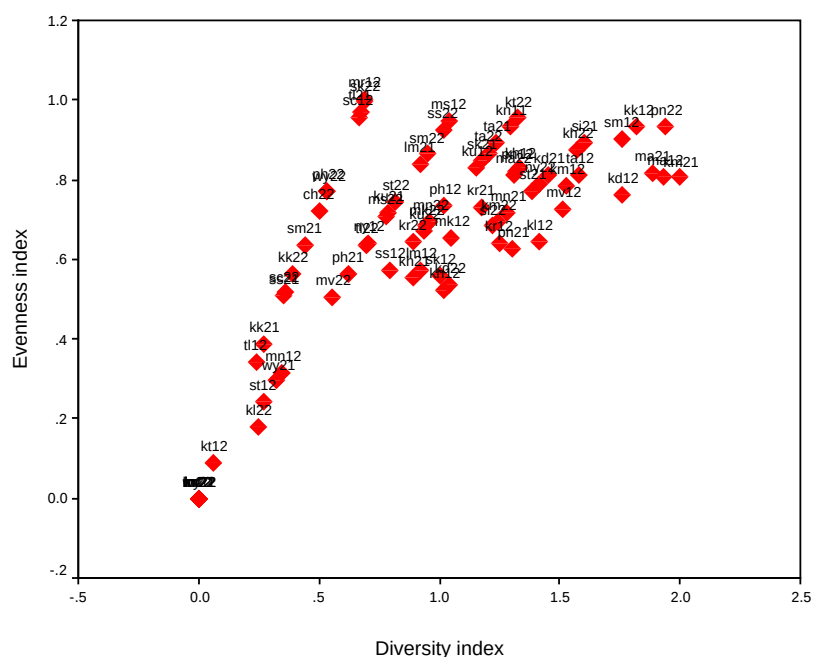


ภาพที่ 3. สัดส่วนการครอบคลุมพื้นที่ของปะการังสกุล *Acropora* 37 ชนิด จากทั้งหมด 80 สถานี ในอ่าวไทย

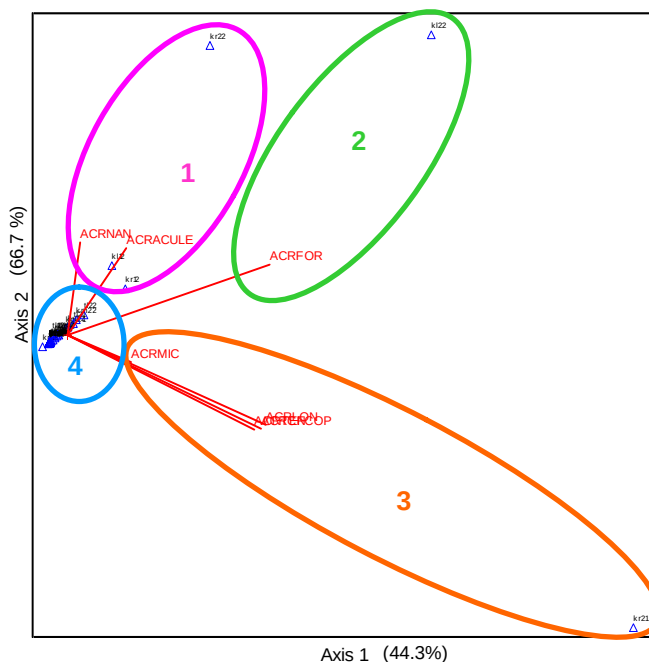
2.2 องค์ประกอบ ของชนิด

วิเคราะห์ให้เห็นถึงความแตกต่างของพื้นที่
ครอบคลุมประชากรระหว่างสถานีของแต่ละแหล่ง
ที่อยู่อาศัยในแต่ละเกาะ (ประชากรทั้งหมด 37
ชนิด จำนวน 80 สถานี)

ผลการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบชนิดของปะการัง (ภาพที่ 5) พบว่า สามารถแบ่งลักษณะโครงสร้างของประชาคมปะการังออกเป็น 4 กลุ่มตามปะการังที่พบ คือ กลุ่มที่ 1 สถานีเกาะกลางด้านรับลมบนโซนลาดชัน (KL12) และสถานีเกาะกลางด้านอับลมบนโซนลาดชัน (KL22) มีปะการัง *A. aculeus* เป็นชนิดที่พบเด่น และสถานีเกาะกระดานอับลมบนโซนลาดชัน (KR22) มีปะการัง *A. nana* เป็นชนิดที่พบเด่น กลุ่มที่ 2 สถานีเกาะกลางด้านอับลมบนโซนลาดชัน (KL22) มีปะการัง *A. formosa* เป็นชนิดที่พบเด่น กลุ่มที่ 3 สถานีเกาะกระดานอับ



ภาพที่ 4. ค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอของพื้นที่ครอบคลุมของปะการังสกุล *Acropora* บริเวณอ่าวไทย (80 สถานี)



ภาพที่ 5. Ordination plots ของ scores ของแต่ละสถานีแสดงความแตกต่างของโครงสร้างประชาคมของปะการังสกุล *Acropora* เมื่อพิจารณาพื้นที่ครอบคลุมของปะการัง 37 ชนิด ใน 80 สถานี

ลมบนโซนพื้นราบ (KR21) ปะการังที่พบมากได้แก่ *Acropora* cf. *copiosa*, *A. longicyathus*, *A. tenuis* และ *A. microphthalma* และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มของสถานที่ที่เหลือซึ่งพบปะการังชนิดอื่นๆ และชนิดที่พบได้ยาก

เมื่อพิจารณาพื้นที่ครอบคลุมของปะการังสกุล *Acropora* ทั้งสองด้านคือ ด้านรับลมและอับลม 56 สถานี จาก 28 เกาะ ซึ่งเลือกพิจารณาเฉพาะสถานีบนโซนลาดชัน คิดเป็นพื้นที่ศึกษา 5,040 ตารางเมตร ส่วนใหญ่ไม่เกิน 10% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $4.3 \pm 7.7\%$ สำหรับด้านรับลม และ $4.6 \pm 10.4\%$ สำหรับด้านอับลม สถานีด้านรับลมชนิดปะการังที่พบครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ได้แก่ *A. subulata*, *A. divaricata* และ *A. formosa* ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุมเฉลี่ย $1.0 \pm 3.8\%$, $0.8 \pm 2.7\%$ และ $0.4 \pm 1.4\%$ ตามลำดับ ส่วนสถานีด้านอับลมชนิดปะการังที่ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ได้แก่ *A. formosa* และ *A. nana* ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $1.9 \pm 6.9\%$ และ $1.0 \pm 5.3\%$ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแหล่งที่อยู่อาศัยคือ บนโซนพื้นราบและโซนลาดชัน ของ 44 สถานี จาก 22 เกาะ ซึ่งเลือกพิจารณาเฉพาะสถานีบริเวณด้านอับลม คิดเป็นพื้นที่ศึกษา 3,960 ตารางเมตร ส่วนใหญ่มีพื้นที่ครอบคลุมไม่เกิน 10-20% โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5-7% ของพื้นที่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $6.4 \pm 10.4\%$ สำหรับบริเวณโซนพื้นราบ และ $5.8 \pm 10.9\%$ สำหรับโซนลาดชัน ชนิดปะการังที่พบครอบคลุมพื้นที่สถานีบนโซนพื้นราบมากที่สุด ได้แก่ *Acropora* cf. *copiosa*, *A. longicyathus* และ *A. formosa* ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุมเฉลี่ย $1.4 \pm 6.8\%$, $1.2 \pm 5.4\%$ และ $0.9 \pm 3.1\%$ ตามลำดับ ส่วนชนิดปะการังที่พบครอบคลุมพื้นที่สถานีบนโซนลาดชันมากที่สุด ได้แก่ *A. nana*, *A. subulata* และ *A. formosa* ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุมเฉลี่ย $1.3 \pm 6.0\%$, $1.2 \pm 4.2\%$ และ $0.8 \pm 2.2\%$ ตามลำดับ

3. ขนาดโครงสร้างของปะการังบางชนิดในสกุล *Acropora*

ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาจากปะการังที่เป็นชนิดเด่นบางชนิดในพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นชนิดที่มีรูปทรงที่สามารถวัดขนาดได้อย่างถูกต้องหรือมีรูปทรงที่ค่อนข้างแน่นอน โดยได้เลือกปะการังที่มีรูปทรงแบบ Corymbose 1 ชนิด คือ *A. millepora* และรูปทรงแบบ Table 1 ชนิด คือ *A. subulata* พิจารณาจากจำนวนโคโลนีที่พบในแต่ละขนาด โดยแบ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางออกเป็น 4 ขนาด สำหรับ *A. millepora* คือ ขนาด 1-10, 11-20, 21-50 และ 51-100 เซนติเมตร และ 5 ขนาด สำหรับ *A. subulata* คือ ขนาด 1-10, 11-20, 21-50, 51-100 และ > 100 เซนติเมตรขึ้นไป ผลการศึกษามีดังนี้

3.1 *Acropora millepora* พบขนาด 21-50 เซนติเมตร มากที่สุดในทุกพื้นที่ คิดเป็น 49.1% ส่วนขนาดที่พบรองลงมาคือ 11-20 และ 51-100 เซนติเมตร ซึ่งพบในปริมาณใกล้เคียงกันคิดเป็น 19.8% และ 20.1% ตามลำดับ

3.2 *Acropora subulata* พบขนาด > 100 เซนติเมตร มากที่สุดในทุกพื้นที่ คิดเป็น 29.6% ส่วนขนาดที่พบรองลงมาคือ 51-100 เซนติเมตร และขนาด 21-50 เซนติเมตร ซึ่งพบในปริมาณใกล้เคียงกันคิดเป็น 27.8% และ 25.9% ตามลำดับ

4. ข้อมูลทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมบางประการ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้วัดระดับความลึกของน้ำในทุกสถานี เนื่องจากระดับน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงตามรอบการขึ้นลงของน้ำ ค่าความลึกที่บันทึกในภาคสนามจึงต้องแปลค่าใหม่ โดยเทียบกับมาตราน้ำของกรมอุทกศาสตร์จากสถานีวัดน้ำที่ใกล้เคียง ดังนั้นค่าความลึกที่ได้เป็นค่าเมื่อระดับน้ำลงต่ำสุด (lowest low water) ซึ่งความลึกของน้ำที่สถานีบนโซนพื้นราบของทุกเกาะส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.5-2 เมตร ความลึกสูงสุด 3.7 เมตร และมีค่าความลึกเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 ± 0.9 เมตร ในขณะที่สถานีบนโซนลาดชัน ความลึกของน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 4-6 เมตร ความลึกสูงสุด 12 เมตร (ที่สถานีเกาะกระ) และมีค่าความลึกของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.0 ± 2.2 เมตร

สำหรับข้อมูลสิ่งแวดล้อมได้ทำการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ความเค็ม ความโปร่งใสของน้ำและระยะการมองเห็นใต้น้ำ ซึ่งอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 28.5 ± 1.5 องศาเซลเซียส ความเค็มมีค่าเฉลี่ย 31.6 ± 2.4 ppt. ความโปร่งใสของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.4 ± 2.1 เมตร และระยะการมองเห็นใต้น้ำมีค่าเฉลี่ย 7.1 ± 1.4 เมตร

บทสรุป

1. ชนิดและการกระจายพันธุ์ของปะการัง

1.1 จากการศึกษานิตปะการังสกุล *Acropora* ในอ่าวไทยครั้งนี้พบจำนวน 37 ชนิด ซึ่งมีชนิดที่ยังไม่เคยมีรายงานในอ่าวไทยจำนวน 10 ชนิด และมี 4 ชนิดที่ยังไม่เคยมีรายงานในประเทศไทย

1.2 ปะการังสกุล *Acropora* มีการกระจายพันธุ์ได้มากเป็นอันดับที่สองรองจาก *Porites* ซึ่งมีพื้นที่ครอบคลุมเฉลี่ย 14.9% ในอ่าวไทย

1.3 ปะการังสกุล *Acropora* ชนิดที่พบมาก ได้แก่ *A. millepora*, *A. samoensis*, *A. digitifera* ชนิดที่พบทั่วไป ได้แก่ *A. valida*, *A. hyacinthus*, *A. divaricata* และชนิดที่พบยาก ได้แก่ *A. cytherea*, *A. humilis*, *A. valenciennesi*

2. โครงสร้างประชาคมของปะการัง

2.1 เกาะม้าและเกาะพะงันมีจำนวนชนิดของปะการังสกุล *Acropora* มากที่สุดคือ 15 ชนิด รองลงมาคือเกาะกระมี 14 ชนิด

2.2 แนวปะการังส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความหลากหลายของรูปแบบของปะการังสกุล *Acropora* อยู่ระหว่าง 0.5-2.0 และดัชนีความสม่ำเสมออยู่ระหว่าง 0.5-1.0

2.3 เกาะที่มีดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดคือ เกาะม้า เกาะคราม และเกาะพะงัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.71, 1.42 และ 1.41 ตามลำดับ แต่สถานที่ที่มีดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดคือ สถานีเกาะครามด้านอับลมบนโซนลาดชัน (KM21) คือ มีค่าเท่ากับ 2.0

2.4 องค์ประกอบชนิดของปะการังสกุล *Acropora* มีความแตกต่างกันซึ่งความแตกต่างของพื้นที่ครอบคลุมปะการังและจำนวนโคโลนีในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัยขึ้นอยู่กับเกาะ โดยกลุ่มเกาะกระและกลุ่มเกาะครามมีพื้นที่ครอบคลุมได้มากกว่าพื้นที่อื่นๆ

2.5 โครงสร้างประชาคมของปะการังสกุล *Acropora* แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สถานีเกาะกลางด้านรับลมบนโซนลาดชัน (KL12) และสถานีเกาะกลางด้านอับลมบนโซนลาดชัน (KL22) พบปะการัง *A. aculeus* เป็นชนิดเด่น และสถานีเกาะกระด้านอับลมบนโซนลาดชัน (KR22) พบปะการัง *A. nana* เป็นชนิดเด่น กลุ่มที่ 2 สถานีเกาะกลางด้านอับลมบนโซนลาดชัน (KL22) พบปะการัง *A. formosa* เป็นชนิดเด่น กลุ่มที่ 3 สถานีเกาะกระด้านอับลมบนโซนพื้นราบ (KR21) พบปะการังที่พบมาก ได้แก่ *Acropora* cf. *copiosa*, *A. longicyathus*, *A. tenuis* และ *A. microphthalma* และกลุ่มที่ 4 เป็นสถานที่ที่เหลือซึ่งพบปะการังชนิดอื่นๆ ที่เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปและพบได้ยาก

3. โครงสร้างของขนาดปะการังบางชนิดในสกุล *Acropora*

3.1 โครงสร้างของขนาดโคโลนีปะการังมีความแตกต่างกันในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัยซึ่งขึ้นอยู่กับเกาะ

3.2 ส่วนใหญ่ปะการังสกุล *Acropora* มีขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ ซึ่งปะการังที่มีรูปทรงแบบพุ่ม (Corymbose เช่น *A. millepora*) ขนาดที่พบมากที่สุดคือ ขนาด 21-50 เซนติเมตร ส่วนปะการังที่มีรูปทรงแบบโต๊ะ (Tabulate เช่น *A. subulata*) ขนาดที่พบมากที่สุดคือ ขนาด > 100 เซนติเมตร

3.3 ปะการังสกุล *Acropora* ในอ่าวไทยมีแนวโน้มกำลังฟื้นตัว (recovery) หลังจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวเมื่อปี 2541

ข้อเสนอแนะ

1. ปะการังสกุล *Acropora* ที่มีความหลากหลายของชนิดสูง ทั้งยังพบการแพร่กระจายในหลายพื้นที่ มีส่วนช่วยให้แนวปะการังมีความสลับซับซ้อนซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแนวปะการัง อีกทั้งยังเป็นดัชนีทางชีวภาพที่ช่วยบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก จึงควรจะมีการศึกษาติดตามต่อไปในอนาคต

2. การศึกษาถึงชนิดของปะการังควรทำการศึกษาในพื้นที่ที่กว้างขึ้นจะทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของปะการังที่ได้รับมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สังเกตจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเมื่อออกไปนอกพื้นที่ศึกษาในบางสถานียังสามารถพบชนิดปะการังได้เพิ่มขึ้น และควรมีการศึกษาโดยเน้นรายละเอียดเฉพาะพื้นที่

3. ควรมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของชนิดกับปัจจัยทางกายภาพเพิ่มเติม เช่น ความลึกของน้ำ ระยะห่างจากฝั่ง พื้นที่เกาะ และขนาดพื้นที่แนวปะการัง รวมถึงกระแสน้ำที่จะมีผลต่อการพัดพาตัวอ่อนจากแหล่งพ่อแม่พันธุ์ไปยังแหล่งใหม่ และความเกี่ยวเนื่องของแนวปะการังในแต่ละบริเวณในอ่าวไทย

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้ และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพแห่งประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุ์ชีวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_146017

เอกสารอ้างอิง

- ตรงค์ ยิ่งชล. 2540. ชนิดของปะการังแข็งที่พบบริเวณหมู่เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ทรงวุฒิ จันทะรัง. 2545. โครงสร้างชุมชนของปะการังแข็งบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ธรรมศักดิ์ ยี่มิน. 2541. การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในอ่าวไทย. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ทุนพัฒนานักวิจัย RSA21/2538 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ, ทนศักดิ์ จันทรเมธากุล และไพฑูล แพนชัยภูมิ. 2544. ประชาคมปะการังในหมู่เกาะอ่าง-ราวี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2544 สถาบันวิจัยชีววิทยาและประมงทะเล กรมประมง.
- วรุดพร จิรวัดณ์. 2528. การศึกษานุกรมมิธานของปะการังแข็งที่รวบรวมได้จากอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิภูษิต มั่นทะจิตร์. 2537. รายงานวิจัยสภาพทรัพยากรปะการังบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.
- สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, พิชัย สนแจ้ง, สมถวิล เดชะพรหมพันธ์ และชลธิ์ ชีวเศรษฐธรรม. 2527. รายงานวิจัย สภาพปะการังของเกาะแรด และบริเวณใกล้เคียง. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ชลบุรี.
- สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, พิชัย สนแจ้ง, สมถวิล เดชะพรหมพันธ์ และชลธิ์ ชีวเศรษฐธรรม. 2528. รายงานวิจัย สภาพปัจจุบันแนวปะการังบริเวณเกาะยอและเกาะอีเลา จังหวัดชลบุรี. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ชลบุรี.
- สุรพล สุตารา, อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, ธรรมศักดิ์ ยี่มิน, รณชัย หมอดี, วิภูษิต มั่นทะจิตร์, สุวรรณ ภาณุตระกูล, พรศรี สุทธนารักษ์ และ สุวลักษณ์ นทีกาญจนลาภ. 2531. การวิจัยเชิงปริมาณของแนวปะการังตามเกาะที่สำคัญในอ่าวไทยฝั่งตะวันตก และผลกระทบของตะกอนต่อแนวปะการัง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- हरररररर จรร์รร์ร, อุกกฤต สดภูมินทร์ และสมบัติ ภูวชิรานนท์. 2542. แผนที่แนวปะการังในน่านน้ำไทย เล่มที่ 1 อ่าวไทย.
- อรรรรณ กิตติโอการ และวิภูษิต มั่นทะจิตร์. 2546. ชนิดและการกระจายพันธุ์ของปะการังแข็งวงศ์ Acroporidae (Cnidaria: Scleractinia) ในจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง. วารสารการประมง 56: 3.
- อัญชลี จันทรัง. 2543. การสำรวจแนวปะการังในอ่าวไทยฝั่งตะวันตก. เอกสารการสัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2543.
- Boonprakob, R. and A.Chankong. 2000. Occurrence of coral bleaching in the Gulf of Thailand in 1998. Abstract of the 8th International Coral Reef Symposium, Bali: 373.
- Chankong, A. 2000. Assessment of coral reefs in the western part of the Gulf of Thailand. Abstract of the 8th International Coral Reef Symposium, Bali: 354.
- Ditlev, H. 1980. A field-guide to the reef-building coral of the Indo-Pacific. Scandinavian Science Press, Klumpenborg. 291 pp.

- English, S., C.R. Wilkinson and V. Baker (eds.). 1994. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Hashimoto, K., T. Shibuno, O. Abe and Y. Takada. 1999. Extreme reduction in live coral cover caused by bleaching and physical disturbance in Urasoko Bay, Ishigaki Island. [Online] 1999; Available online: <http://ss.snf.affrc.go.jp/English/wwwsupl/supl4.htm>.
- Kudo, K. and H. Yamano. 1997. Dynamic structure of coral reef communities: A simulation study. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium. 1: 459-464.
- Phongsuwan, N. and H. Chansang. 1992. Assessment of Coral Communities in the Andaman Sea (Thailand). Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium 1: 114-121.
- Phongsuwan, N. and H. Chansang. 1994. Taxonomy of Scleractinian Corals (Coelenterata-Anthozoa) of the Adang-Rawi Island Group, Tarutao National Park, Thailand: Part I: Genus *Acropora*. *Phuket Marine Biology Center Research Bulletin* 59: 11-26.
- Sakai, K., T. Yeemin, A. Snidwongs. K. Yamazato. and M. Nishihara. 1986. Distribution and community structure of hermatypic corals in the Sichang Islands, Inner part of Gulf of Thailand. *Galaxea* 5: 27-74.
- Veron, J.E.N. and C.C. Wallace. 1984. Scleractinia of Eastern Australia. Part V. Family Acroporidae. Australian Institute of Marine Science. Monograph Series 6: 485 pp.
- Veron, J.E.N. 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Wallace, C.C. 1997. The Indo-Pacific Centre of Coral Diversity Re-examined at Species Level. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium 1: 365-370.
- Wallace, C.C. 1999. Staghorn Corals of the World. CSIRO, Australia.
- Wilkinson, C. 2000. Status of Coral Reefs of the World: 2000. Australian of Institute of Marine Science, Queensland, Australia. 184 pp.
- Yeemin, T and S. Sudara. 1998. Long-term change on coral reef communities in the inner Gulf of Thailand. ใน: ธรรมชาติที่ดี ยั่งยืน. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่อง การศึกษาการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในอ่าวไทย. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ศูนย์พัฒนานักวิจัย RSA21/2538 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- Yeemin, T., S. Sudara and A. Chamapun. 1994. A quantitative study of the Scleractinian coral communities of Tao Island, Gulf of Thailand. In Sudara, S., Wilkinson, C.R. and Chou, L. M. (eds.), Proceedings, Third ASEAN-Australia Symposium on Living Coastal Resources, Vol.2: Research Papers, pp.51-60. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

ความผันแปรทางสัณฐานของโครงสร้างหินปูนในปะการังแข็ง *Galaxea fascicularis*
Linnaeus, 1767 ที่พบในน่านน้ำประเทศไทย

จิรวรรณ ช่วยพัฒน

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

Abstract: Morphological Variation in the Skeleton of the Scleractinian Coral *Galaxea fascicularis* Linnaeus, 1767 in Thai Waters

Jeerawan Chuaypat

Department of Biology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110

The main objective of this research was to investigate morphological variation in skeletal structure of the coral, *Galaxea fascicularis*, from 16 locations comprising 6 island groups located in the Andaman Sea and the Gulf of Thailand. In the Andaman Sea, the study areas included the Surin Islands (Similan Archipelago, Tachai Island, and Surin Archipelago), Phuket Islands (Phuket Island and 2 locations at Hi Island), and Siboya Islands (Siboya Island and Pu island). In the Gulf of Thailand, the study areas were Mun Island (2 locations), Sichang Islands (Khang Kao Island and Randokmai Island) and Samui Islands (Laem Yai, Bo Phut, Pha Nagn Island, and Tao Island). Field samplings, by scuba diving, were conducted from January 2002 to April 2003.

A total of 226 specimens of *G. fascicularis* were collected. Eighteen quantitative characteristics were measured and counted from five corallites per colony. Thirteen characteristics passed the assumption test. A Mixed Model Unbalance Design of MANOVA was significantly different at all spatial levels (eleven characteristics among sixteen locations, seven characteristics among six island groups, and three characteristics between the Andaman Sea and the Gulf of Thailand). The results indicated that the distinction of characteristics decreased when compared between larger spatial scales.

In addition, Canonical Discriminant Analysis (CDA) and Cluster Analysis of skeletal structures between sixteen locations, six islands, the Andaman Sea and the Gulf of Thailand were conducted. The results of the analyses indicated that the specimens could be distinguished into 2 groups: the Andaman Sea and the Gulf of Thailand. However, no distance-related distinctions were observed among specimens. Nonetheless, this study concentrated only on the coral phenotype (skeletal structure at the corallite level). Therefore, it is necessary to further investigate the variation at the genotype level.

Key words: *Galaxea fascicularis*, Multivariate Analysis, Gulf of Thailand, Andaman Sea, coral

บทนำ

การศึกษาโครงสร้างหินปูนในปะการังมีหลายเหตุผล เช่น เพื่อการจัดลำดับอนุกรมวิธาน (Miller, 1994) เพื่อศึกษาการทำหน้าที่ของลักษณะโครงสร้างหินปูน (Bruno and Edmunds, 1997; Foster, 1979) หรือเพื่อศึกษาความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนในแต่ละรูปแบบถิ่นที่อยู่ (Foster, 1977, 1979, 1980) ความผันแปรทางสัณฐานของโครงสร้างหินปูนในปะการังมีหลายระดับที่พบได้ตั้งแต่ความผันแปรในระดับภายในโคโลนี (Foster, 1980; Veron, 1981) ระหว่างโคโลนี (Foster, 1980; Veron, 1981; Zilberberg and Edmunds, 1999) ระหว่างประชากร (Veron, 1981; Amaral, 1994) จนถึงความผันแปรในระดับที่สูงกว่าระดับประชากร (Foster, 1980; Veron, 1981, 1995) โดยในระดับประชากรขึ้นไป ความแตกต่างผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนในปะการังเกิดเนื่องมาจาก 2 สาเหตุ คือ ปัจจัยทางพันธุกรรม (Veron, 1981) และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Foster, 1977, 1979, 1980) การศึกษาครั้งนี้จึงใช้โครงสร้างหินปูนในระดับคอร์ลไลต์ในการพิจารณาความผันแปรที่เกิดขึ้น เพราะโครงสร้างของคอร์ลไลต์สามารถใช้ในการ

อธิบายความผันแปรได้ทั้งที่เป็นผลจากอิทธิพลทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (Amaral, 1994) ความผันแปรทางสัณฐานของปะการังเกิดขึ้นมากเกือบทุกที่ แต่ยังมีการศึกษาอยู่น้อยมาก (Veron, 1981)

Galaxea fascicularis Linnaeus, 1767 เป็นปะการังที่สามารถสร้างแนวปะการัง (Hermatypic coral) อยู่ในอันดับ Scleractinia วงศ์ Oculinidae Gray, 1847 สกุล *Galaxea* Oken, 1875 มีรายงานว่าเกิดความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนในแต่ละไบโอโทปสูง (Foster, 1980) ปะการังชนิดนี้มีลักษณะพิเศษเฉพาะที่เหมาะสมในการศึกษาลักษณะโครงสร้างหินปูน รูปทรงโคโลนีไม่เป็นแบบกึ่งก้าน ช่วยหลีกเลี่ยงความผันแปรที่เกิดจาก polymorphism (Foster, 1980) มีการแพร่กระจายทั่วไปในแนวปะการังเขตอินโด-แปซิฟิก ส่วนแนวปะการังในประเทศไทยสามารถพบได้ทั่วไปทั้งในทะเลอันดามัน และอ่าวไทย และเป็นชนิดเด่น (Dominant species) ในบางพื้นที่ ดังนั้นปะการัง *G. fascicularis* จึงมีความเหมาะสมสูงในการศึกษาความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนโดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 ชายฝั่งทะเลไทย เนื่องจากรูปแบบสิ่งแวดล้อมทั้งทางภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ ลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของชายฝั่งทะเลอันดามัน และชายฝั่งอ่าวไทย (กรมประมง, 2542ก, 2542ข; มนุญดี, 2543) มีลักษณะต่างกันในแต่ละส่วนของทะเลไทย งานวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาความผันแปรแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานในส่วนโครงสร้างหินปูนในปะการัง *G. fascicularis* ระหว่าง 2 ชายฝั่งทะเลไทย และระหว่างกลุ่มเกาะที่ตั้งอยู่ห่างไกลกัน จากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันและระยะทางที่ห่างไกล การศึกษาในครั้งนี้นำเทคนิคทางสถิติมาใช้ โดยที่ผ่านมามีรายงานอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ความผันแปรของสิ่งมีชีวิตทางทะเลและในปะการัง (Foster, 1977, 1979, 1980; Zilberberg and Edmunds, 1999; Amaral, 1994; Veron, 1981; Ayre and Willis, 1988; Todd et al., 2001; Voron, 2000) งานวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนของปะการัง *G. fascicularis* ระหว่าง 2 ชายฝั่งของทะเลไทย และกลุ่มเกาะที่อยู่ห่างไกลกัน และยังสามารถนำลักษณะที่มีความผันแปรสูงมาเป็นข้อมูลในการศึกษาทางสรีระวิทยาหรือการปรับตัวของปะการังในแต่ละสภาพสิ่งแวดล้อม สามารถนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบด้านความผันแปรทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางพันธุกรรมของปะการัง *G. fascicularis* ต่อไป

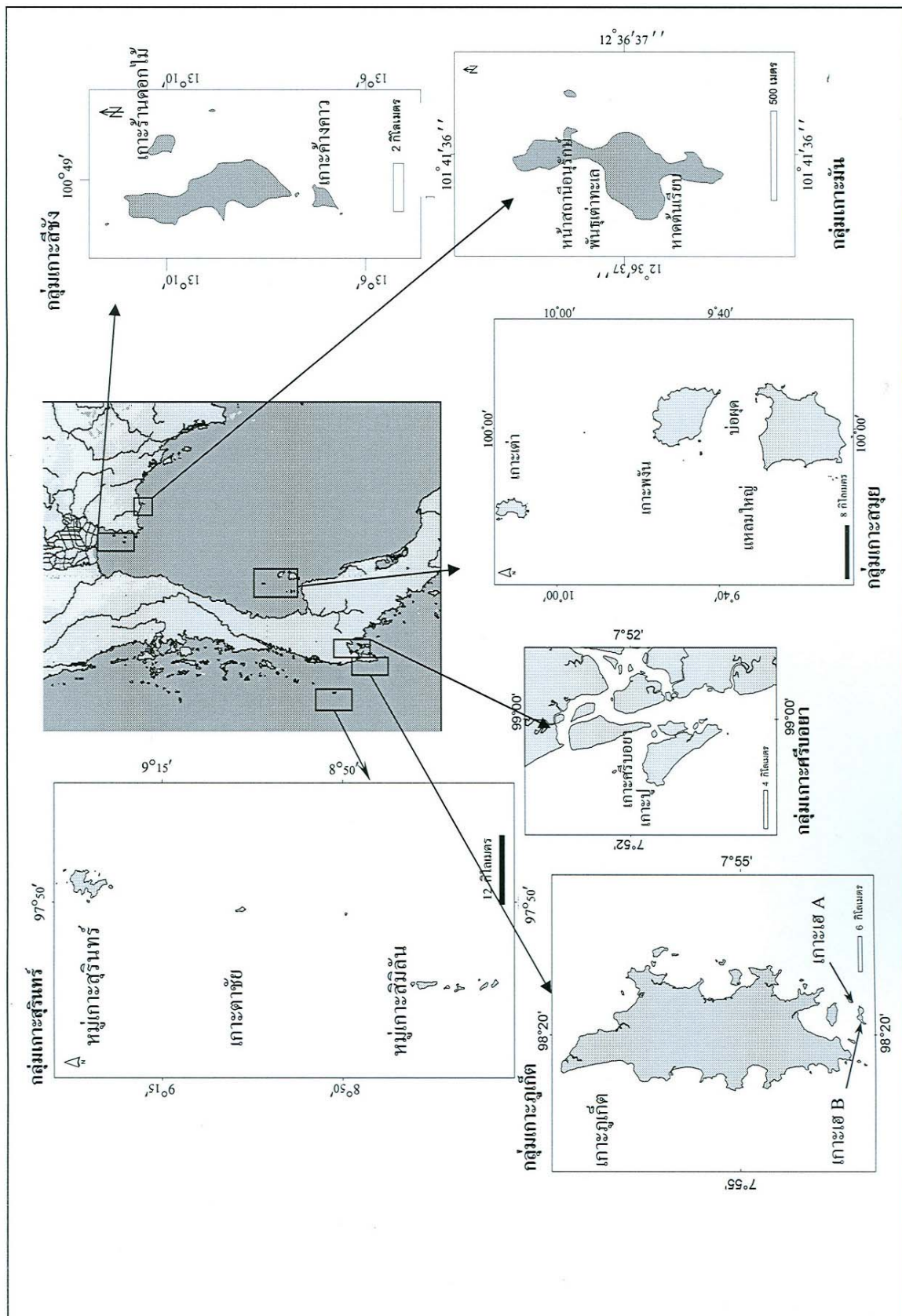
วิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

สำรวจและเก็บตัวอย่างปะการัง *G. fascicularis* จาก 2 ชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย ดังแสดงในภาพที่ 1 ทางชายฝั่งทะเลอันดามันมีการเก็บตัวอย่างจาก 3 กลุ่มเกาะคือ กลุ่มเกาะสุรินทร์ มี 3 บริเวณศึกษา ได้แก่ หมู่เกาะสิมิลัน เกาะตาชัย และหมู่เกาะสุรินทร์ กลุ่มเกาะภูเก็ต มี 3 บริเวณศึกษา ได้แก่ เกาะภูเก็ตและเกาะเฮ 2 บริเวณ และกลุ่มเกาะศรีบอยา มี 2 บริเวณศึกษา ได้แก่ เกาะศรีบอยาและเกาะปู ทางชายฝั่งทะเลอ่าวไทยประกอบด้วย 3 กลุ่มเกาะคือ กลุ่มเกาะมัน มี 2 บริเวณศึกษา ได้แก่ เกาะมันใน 2 บริเวณ กลุ่มเกาะสีชัง มี 2 บริเวณศึกษา ได้แก่ เกาะค้างคาวและเกาะร่อนอกไม้ และ กลุ่มเกาะสมุย มี 4 บริเวณศึกษา ได้แก่ แหลมใหญ่ บ่อผุด เกาะพะงันและเกาะเต่า

2. การเก็บตัวอย่างปะการัง

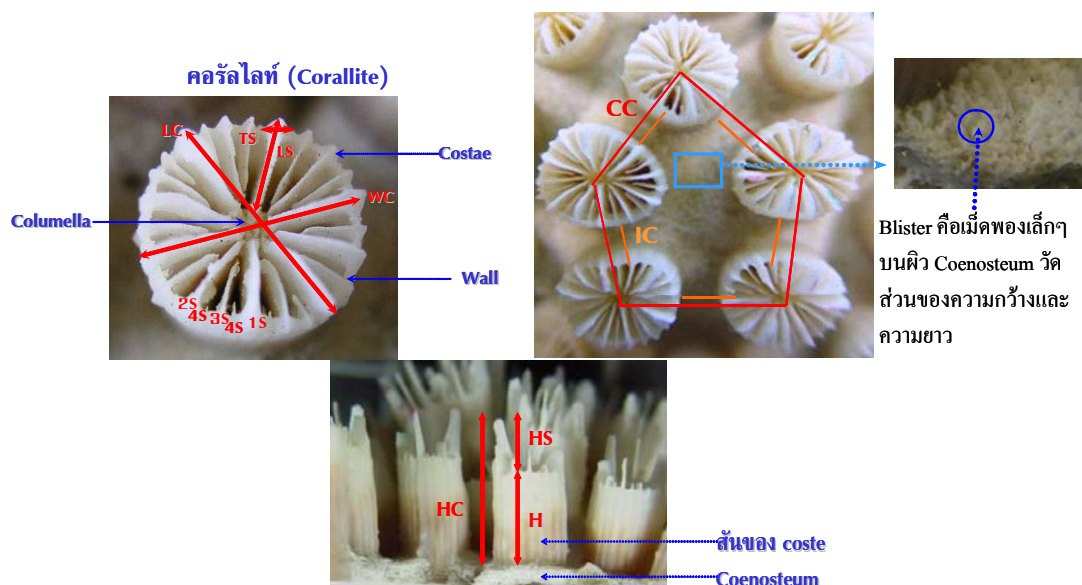
เก็บตัวอย่างปะการัง *G. fascicularis* ตามหลักการจำแนกของชนิด Veron (2000) ตั้งแต่เดือนมกราคม 2545 ถึงเดือนเมษายน 2546 โดยการดำน้ำลึก (SCUBA) ให้ครอบคลุมภายในบริเวณศึกษามากที่สุด โดยเก็บจำนวน 10 ตัวอย่างต่อ 1 บริเวณศึกษา (Foster, 1977, 1979, 1980; Todd et al., 2001) และ 30 ตัวอย่างต่อ 1 กลุ่มเกาะ เลือกคอร์รัลไรท์ที่โตเต็มวัยซึ่งต้องมีจำนวนเซปตาครบ 4 วง บันทึกข้อมูลก่อนเก็บตัวอย่างปะการังโดยใช้ค้อนและสิ่วสกัดตัวอย่างบริเวณกลางโคโลนี ขนาดกว้างยาวประมาณ 10 เซนติเมตร หรือมีอย่างน้อย 10 โพลิป ต่อ 1 ตัวอย่าง ใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลาก นำตัวอย่างปะการังแช่น้ำจืดจนเนื้อเยื่อเปื่อยจึงฉีดล้างออก แล้วนำโครงสร้างหินปูนไปตากแดด



ภาพที่ 1. ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา

3. ข้อมูลโครงสร้างหินปูนของปะการัง

วัดและนับลักษณะโครงสร้างหินปูน 18 ลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2 อธิบายแต่ละลักษณะดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้กล้อง Nikon Stereo Scopic Microscope SMZ-U ไมโครสเกลในกล้องความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร และเวอร์เนียร์ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร โดยวัดจำนวน 5 คอรัลไลท์ต่อ 1 ตัวอย่าง (Foster, 1979)



ภาพที่ 2. ลักษณะโครงสร้างหินปูนที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 1. การวัดลักษณะโครงสร้างหินปูนที่ใช้ในการศึกษา

ลักษณะโครงสร้างหินปูน	วิธีการวัด	รหัสย่อ
ความยาวของคอรัลไลท์	วัดส่วนที่ยาวที่สุดของคอรัลไลท์	LC
ความกว้างของคอรัลไลท์	วัดส่วนที่กว้างที่สุดจากกับความยาวคอรัลไลท์	WC
ระยะห่างจากจุดกลางของคอรัลไลท์	วัดระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของคอรัลไลท์ 5 คอรัลไลท์แล้วหาค่าเฉลี่ย	CC
ระยะห่างระหว่างคอรัลไลท์	วัดระยะห่างระหว่างผนังของคอรัลไลท์ 5 คอรัลไลท์แล้วหาค่าเฉลี่ย	IC
ความสูงของคอรัลไลท์	วัดความสูงจากพื้นผิวชั้นนอกสุดถึงปลายเข็ปตา	HC
ความสูงของผนังคอรัลไลท์	วัดความสูงของผนังคอรัลไลท์	H
จำนวนเข็ปดาวที่ 1	นับจำนวนของเข็ปดาวที่ 1	1S
จำนวนเข็ปดาวที่ 2	นับจำนวนของเข็ปดาวที่ 2	2S
จำนวนเข็ปดาวที่ 3	นับจำนวนของเข็ปดาวที่ 3	3S
จำนวนเข็ปดาวที่ 4	นับจำนวนของเข็ปดาวที่ 4	4S
จำนวนเข็ปตาทั้งหมด	ผลรวมจำนวนเข็ปตาทั้งหมดจาก 4 วง	NS
ความยาวของเข็ปดาวที่ 1	วัดความยาวเข้าสู่ศูนย์กลางของเข็ปดาวที่ 1	LS
ความหนาของเข็ปดาวที่ 1	วัดความหนาของเข็ปดาวที่ 1	TS
ความสูงของเข็ปดาวที่ 1	วัดความสูงของเข็ปดาวที่ 1	HS
ความยาวของเม็ดฟองบนชั้นนอกสุด	วัดส่วนที่ยาวที่สุดของเม็ดฟองบนชั้นนอกสุด	LB
ความกว้างของเม็ดฟองบนชั้นนอกสุด	วัดส่วนกว้างที่สุดจากกับความยาวของเม็ดฟองบนชั้นนอกสุด	WB
ดัชนีความกลมของคอรัลไลท์	ค่าของความยาวของคอรัลไลท์ที่วัดได้หารด้วยค่าความกว้างของคอรัลไลท์ (LC/WC)	RC
ดัชนีแสดงความกลมของเม็ดฟองบนผิวชั้นนอกสุด	ค่าของความยาวของเม็ดฟองบนผิวโคลีนที่วัดได้หารด้วยค่าความกว้างของเม็ดฟองบนผิวชั้นนอกสุด (LB/WB)	RB

4. การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างหินปูนทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistica Version 6.0 (Statsoft, 2001) วิเคราะห์ความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 3 ระดับตามสถานที่ (Spatial Variation) เพื่อทดสอบว่าความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนเป็นไปตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแต่ละถิ่นที่อยู่ภายในกลุ่มเกาะ ระหว่าง 2 ชายฝั่งหรือไม่ ทดสอบลักษณะโครงสร้างหินปูนที่ใช้ในการศึกษาตามข้อกำหนดเบื้องต้นแล้ว Transform ข้อมูลด้วย Log (x+1)

วิเคราะห์ความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพหุคูณ (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) แบบ Mixed Model Unbalance Design โดยมี 3 ปัจจัยระดับสถานที่ คือ ชายฝั่งทะเลไทย (2 ชายฝั่ง) กลุ่มเกาะ (6 กลุ่มเกาะ) และบริเวณศึกษา (16 บริเวณ) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Scheff's test

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มตัวแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนโดยใช้เทคนิค Factor Analysis (FA) เพื่อลดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ลักษณะโครงสร้างหินปูน) และลดจำนวนของตัวแปร โดยใช้การสกัดกลุ่มปัจจัยแบบ Principal Components และหมุนแกนแบบ Varimax

การวิเคราะห์ความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนในแต่ละสถานที่โดยใช้เทคนิค Canonical Discriminant Analysis (CDA) โดยวิธี Forward Stepwise Analysis และวิเคราะห์การเข้ากลุ่มตามความผันแปรที่ต่างกันของลักษณะโครงสร้างหินปูนในแต่ละสถานที่โดยเทคนิค Cluster Analysis (CA) แบบ Unweighted Pair Group Average (UPGA)

ผลการวิจัย

1. ผลการเก็บตัวอย่างและข้อมูลทางกายภาพ

ผลการสุ่มเก็บตัวอย่าง จำนวน 226 ตัวอย่าง ประกอบด้วยตัวอย่างจากกลุ่มเกาะสุรินทร์ 34 ตัวอย่าง กลุ่มเกาะภูเก็ต 48 ตัวอย่าง กลุ่มเกาะศรีบอยา 30 ตัวอย่าง กลุ่มเกาะมัน 28 ตัวอย่าง กลุ่มเกาะสี่ช้าง 30 ตัวอย่าง และกลุ่มเกาะสมุย 56 ตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนโดยใช้เทคนิค MANOVA

ผลการทดสอบลักษณะโครงสร้างหินปูน ผ่านข้อกำหนดเบื้องต้น 13 ลักษณะคือ WC LC RC CC IC HC H HS LS TS 4S NS และ RB ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณพบความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนในทุกะดับสถานที่ ทั้งระดับบริเวณศึกษา (Wilks' lambda = 0.011, $F_{(1, 194)} = 16,911.05$, $P < 0.01$) ระดับกลุ่มเกาะ (Wilks' lambda = 0.012, $F_{(1, 194)} = 15,672.91$, $P < 0.01$) และระดับ 2 ชายฝั่งทะเล (Wilks' lambda = 0.014, $F_{(1, 194)} = 13,563.44$, $P < 0.01$)

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของลักษณะโครงสร้างหินปูนระหว่าง 16 บริเวณ รวม 11 ลักษณะโครงสร้างหินปูนคือ WC LC CC IC HC H HS LS TS 4S และ NS ความแตกต่างระหว่าง 6 กลุ่มเกาะมี 7 ลักษณะ คือ WC LC CC HC H HS และ TS และความแตกต่างระหว่าง 2 ชายฝั่งทะเลไทย มี 3 ลักษณะ คือ RC IC และ CC ดังแสดงผลในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าทุกระดับมีความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูน โดยมีความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนในระดับถิ่นที่อยู่สูงกว่าระดับประชากรที่กว้างขึ้น และในระดับ 2 ชายฝั่งทะเลไทยมีความแตกต่างน้อย

ค่าเฉลี่ยของลักษณะโครงสร้างหินปูนแต่ละลักษณะของปะการัง *G. fascicularis* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง 16 บริเวณ ระหว่าง 6 กลุ่มเกาะ และระหว่าง 2 ชายฝั่งทะเล

3. การวิเคราะห์การจัดกลุ่มลักษณะโครงสร้างหินปูน

ผลการนำ 12 ลักษณะโครงสร้างหินปูนที่มีค่าความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมาจัดกลุ่มให้ผลการสกัดตัวแปร 4 ปัจจัยที่เหมาะสม โดยสามารถอธิบายการจัดกลุ่มปัจจัยได้รวม 85.15% แต่ละปัจจัยอธิบายได้ 39.06% 27.24% 10.26% และ 8.59% ตามลำดับ คือ ปัจจัยที่ 1 เป็นลักษณะของความสูง ประกอบด้วยลักษณะ HC H และ HS ปัจจัยที่ 2 เป็นลักษณะของขนาด ประกอบด้วยลักษณะ WC LC CC และ LS ปัจจัยที่ 3 เป็นลักษณะของความกลม ประกอบด้วยลักษณะ RC และ ปัจจัยที่ 4 เป็นลักษณะของจำนวนเขี้ยว และระยะห่างระหว่างคอรัลไลท์ ประกอบด้วยลักษณะ IC 4S และ NS

4. การวิเคราะห์ความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนโดยใช้เทคนิค Canonical Discriminant Analysis (CDA)

การวิเคราะห์ความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 16 บริเวณศึกษา ดังแสดงผลในตารางที่ 3 สามารถอธิบายการแบ่งกลุ่มใน 3 มิติ ได้สูง 94.59% ตัวแปรคาโนนิคอล 1 (CV1) สามารถอธิบายการแบ่งกลุ่มได้ 70.31% โดยลักษณะ IC 4S และ NS มีความผันแปร

สูงสุด รองลงมาคือลักษณะ HC H HS และ RC ตามลำดับ เป็นลักษณะโครงสร้างหินปูนที่มีอิทธิพลในการแบ่งกลุ่มของเกาะปู เกาะศรีบอยา เกาะคางคาว เกาะร้านดอกไม้ เกาะเต่า เกาะมันในทั้ง 2 จุด และอ่าวบ่อผุด ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่ามีจำนวนเขี้ยวมากกว่า การยกสูงของส่วนต่างๆ ของคอรัลไลท์น้อยกว่า ระยะห่างระหว่างคอรัลไลท์มากกว่า และคอรัลไลท์กลมกว่าตัวอย่างจากกลุ่มของหมู่เกาะสิมิลัน เกาะตาชัย หมู่เกาะสุรินทร์ เกาะภูเก็ต เกาะพังงา แหลมใหญ่ เกาะเฮทั้ง 2 จุด อย่างไรก็ตามบริเวณเกาะร้านดอกไม้ และหมู่เกาะสิมิลันมีความผันแปรสูงในทิศทางตรงข้าม ส่วนตัวแปรคาโนนิคอล 2 (CV2) สามารถอธิบายการแบ่งกลุ่มได้ 16.12% โดยลักษณะ WC LC CC และ LS มีค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานคาโนนิคอลสูงสุด เป็นลักษณะโครงสร้างหินปูนที่มีอิทธิพลในการแบ่งกลุ่มของตัวอย่างบริเวณเกาะเต่า เกาะพังงา แหลมใหญ่ และอ่าวบ่อผุด ซึ่งเป็นบริเวณศึกษาในกลุ่มเกาะสมุย โดยมีเกาะคางคาว และเกาะเฮ B รวมกลุ่มด้วย ทั้ง 6 บริเวณนี้มีลักษณะของขนาดใหญ่กว่าอีก 10 บริเวณคือ เกาะปู เกาะศรีบอยา เกาะร้านดอกไม้ เกาะมันในทั้ง 2 จุด หมู่เกาะสิมิลัน เกาะตาชัย หมู่เกาะสุรินทร์ เกาะภูเก็ต และเกาะเฮ A อย่างชัดเจนนอกจากนี้อ่าวบ่อผุดมีความผันแปรสูงมากโดยถูกแบ่งกลุ่มแตกต่างออกไปจาก 15 บริเวณศึกษาเนื่องจากมีขนาดใหญ่ที่สุด ส่วนตัวแปรคาโนนิคอล 3 (CV3) สามารถแบ่งกลุ่มได้ 8.17% โดย WC LC CC และ LS มีความผันแปรสูง

การวิเคราะห์ความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 6 กลุ่มเกาะ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3 สามารถอธิบายผลการแบ่งกลุ่มใน 3 มิติได้สูง 99.07% ประกอบด้วยตัวแปรคาโนนิคอล 1 (CV1) สามารถอธิบายการแบ่งกลุ่มได้ 75.28% โดยลักษณะ IC 4S และ NS ตามลำดับ เป็นลักษณะโครงสร้างหินปูนที่มีความผันแปรสูงสุด รองลงมาคือลักษณะ HC H HS และ RC โดยมีอิทธิพลในการแบ่งกลุ่มเกาะมัน กลุ่มเกาะสีชัง กลุ่มเกาะสมุย และกลุ่มเกาะศรีบอยา ซึ่งมีจำนวนเขี้ยวมากกว่า ระยะห่างระหว่างคอรัลไลท์มากกว่า คอรัลไลท์กลมกว่า แต่ความสูงในแต่ละส่วนของคอรัลไลท์น้อยกว่าตัวอย่างจากกลุ่มเกาะสุรินทร์ และกลุ่มเกาะภูเก็ต ดังแสดงผลในภาพที่ 4

ในส่วนของตัวแปรคาโนนิคอล 2 (CV2) สามารถอธิบายการแบ่งกลุ่มได้ 20.97% ซึ่งลักษณะ WC LC CC LS เป็นลักษณะโครงสร้างหินปูนที่มีความผันแปรสูง โดยมีอิทธิพลในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างจาก กลุ่มเกาะสมุยและกลุ่ม

ตารางที่ 2. ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของลักษณะโครงสร้างหินปูนระหว่าง 3 ระดับสถานที่

ลักษณะ โครงสร้างหินปูน	ค่า p-value		
	ชายฝั่ง	กลุ่มเกาะ	บริเวณศึกษา
WC	0.460	0.024*	0.005**
LC	0.993	0.038*	0.000**
RC	0.021*	0.658	0.053
CC	0.036*	0.047*	0.018*
IC	0.010*	0.091	0.015*
HC	0.479	0.002**	0.004**
H	0.611	0.010*	0.001**
HS	0.260	0.000**	0.000**
LS	0.552	0.075	0.000**
TS	0.108	0.013*	0.000**
4S	0.074	0.345	0.000**
NS	0.069	0.288	0.000**
RB	0.652	0.244	0.243

* p< 0.05 **p< 0.01

การวิเคราะห์ความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 2 ชายฝั่งทะเล ดังแสดงผลในตารางที่ 3 พบว่า ลักษณะ RC IC 4S และ NS เป็นลักษณะโครงสร้างหินปูนที่มีความผันแปรสูง มีอิทธิพลในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างระหว่าง ชายฝั่งอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยตัวอย่างจากชายฝั่งอ่าวไทยมีลักษณะคอรัลไลท์กลม และจำนวนเซ็ปตา มากกว่า แต่คอรัลไลท์ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าโดยจะเรียงตัวห่างกันกว่าตัวอย่างจากชายฝั่งทะเลอันดามัน

ตัวอย่าง ลักษณะ	16 บริเวณศึกษา				6 กลุ่มเกาะ				2 ชายฝั่ง
	CV1	CV2	CV3	CV4	CV1	CV2	CV3	CV4	CV 1
HC H HS	0.810*	-0.556	-0.461	0.134	-0.747*	-0.583	-0.398	-0.306	-0.195
WC LC CC LS	-0.005	-0.731*	0.672*	-0.154	-0.098	-0.702*	0.711*	0.141	0.298
RC	0.730*	0.226	0.010	-0.788*	-0.648*	0.480	0.425	-0.558	0.869*
IC 4S NS	-0.920*	-0.334	-0.395	-0.374	0.927*	-0.235	-0.002	-0.560	-0.759*
Eigenvalue	2.407	0.552	0.280	0.185	1.632	0.455	0.061	0.019	0.831
Explained Variance %	70.31	16.12	8.17	5.41	75.28	20.97	2.85	0.93	100
Cumulative %	70.31	86.4	94.59	100	75.28	96.25	99.07	100	

CV1 (75.31%)

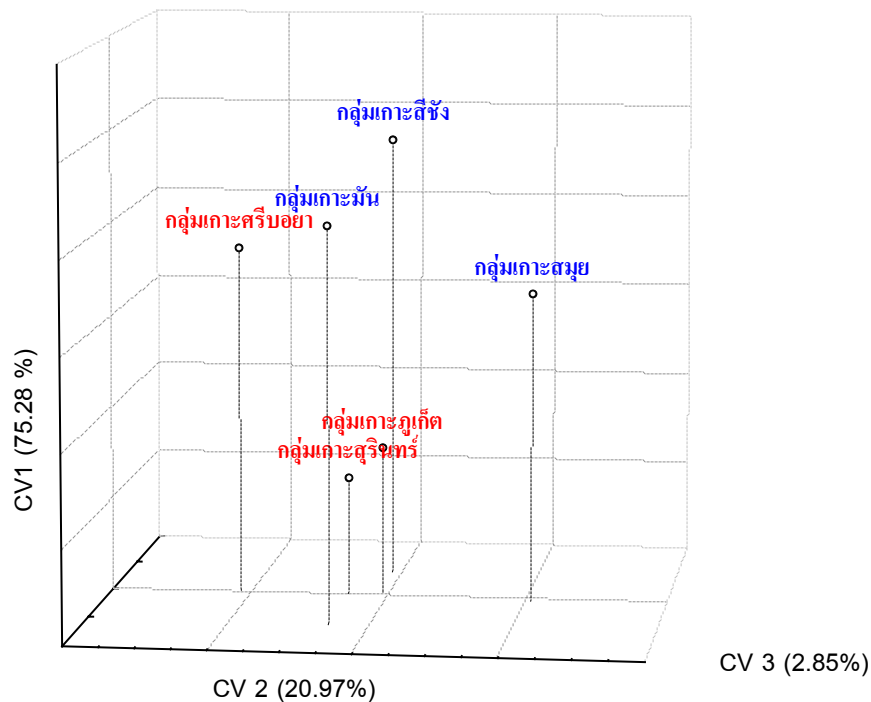
CV 2 (16.12%)

CV 3 (8.17%)

Red labels: คาชชัย, สิมิลันไฮ A, สิมิลันไฮ B, สุรินทร์, อู่แก้ว, ศรีบอชา, ปุ, บ่อผุด

Blue labels: แผลมใหญ่, พงัน, มั่นใน B, มั่นใน A, ล้างควา, เต่า, รันดอกไม้

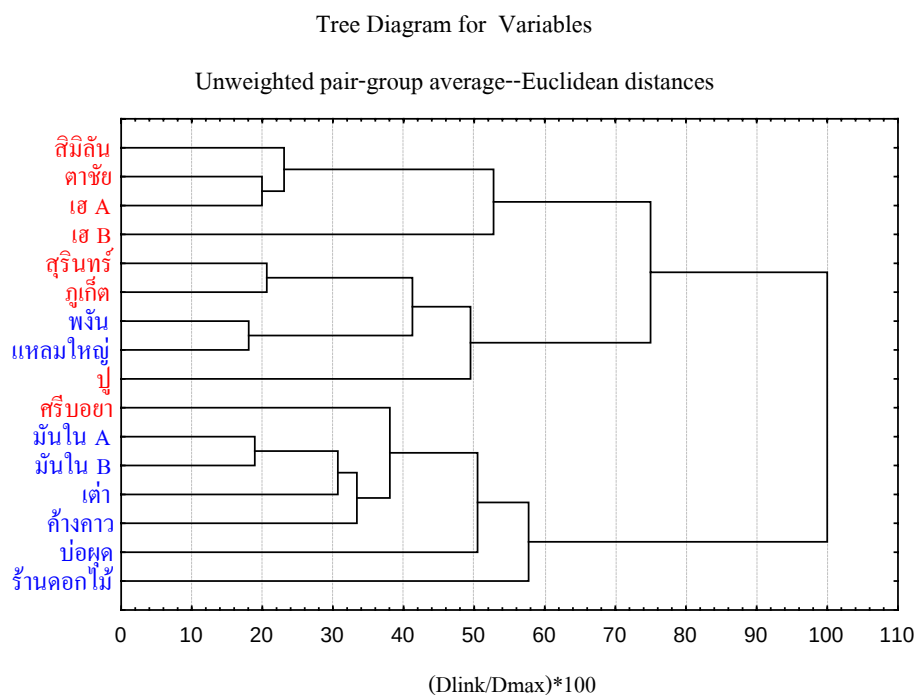
221 BRT



ภาพที่ 4. ผลการวิเคราะห์ Canonical Discriminant Analyses ระหว่าง 6 กลุ่มเกาะ

5. การวิเคราะห์การเข้ากลุ่มตามความต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนในแต่ละสถานที่โดยใช้เทคนิค Cluster Analysis

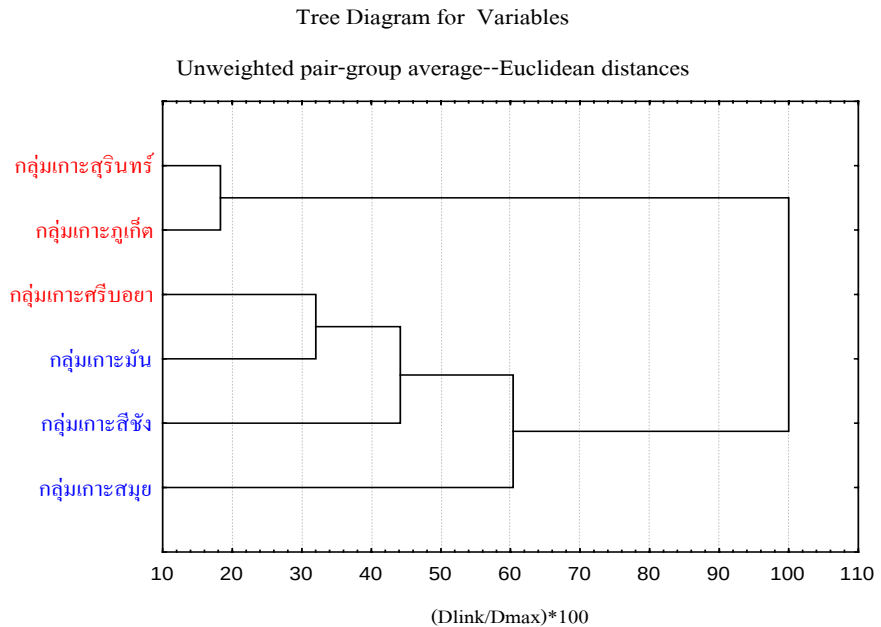
ผลการเข้ากลุ่มตามการเชื่อมโยงระหว่าง 16 บริเวณศึกษาที่ความต่าง (Euclidean distance) 75% ประกอบด้วย 2 กลุ่มใหญ่ดังแสดงผลในภาพที่ 5 โดย กลุ่มที่ 1 เป็นตัวอย่างจากชายฝั่งทะเลอันดามันเป็นส่วนมากได้แก่ ตัวอย่างจากบริเวณหมู่เกาะ สิมิลัน เกาะตาชัย เกาะเฮ A และ B หมู่เกาะสุรินทร์ เกาะภูเก็ต เกาะปู และ ละมั่ง มีตัวอย่างจากชายฝั่งอ่าวไทย 2 บริเวณคือตัวอย่างจากเกาะพังงาและแหลมใหญ่ที่ความต่าง 50% ในกลุ่มนี้มีความต่างกัน 3 กลุ่ม โดยเกาะเฮ B และเกาะปูไม่เข้ากลุ่มกับบริเวณศึกษาอื่น และกลุ่มที่ 2 เป็นตัวอย่างจากชายฝั่งอ่าวไทยเป็นส่วนมากได้แก่ ตัวอย่างจากบริเวณเกาะมันใน A และ B เกาะ



ภาพที่ 5. ผลการจัดกลุ่มตามความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 16 บริเวณศึกษา

คางคาว เกาะเต่า อ่าวบ่อผุด และเกาะร้านดอกไม้ และมีตัวอย่างจากชายฝั่งทะเลอันดามันคือเกาะศรีบอยา โดยที่ความต่าง 50% ในกลุ่มนี้มีความต่างกัน 3 กลุ่มเช่นกัน โดยที่อ่าวบ่อผุดและเกาะร้านดอกไม้ไม่เข้ากลุ่มกับบริเวณศึกษาอื่น

ผลการเข้ากลุ่มตามการเชื่อมโยงระหว่าง 6 กลุ่มเกาะที่ความต่าง (Euclidean distance) 50% มีความต่างกันเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงผลในภาพที่ 6 โดยกลุ่มที่ 1 เป็นตัวอย่างจากกลุ่มเกาะสุรินทร์ และกลุ่มเกาะภูเก็ต กลุ่มที่ 2 เป็นตัวอย่างจากกลุ่มเกาะศรีบอยา กลุ่มเกาะมะนัง และกลุ่มเกาะสิซัง และกลุ่มที่ 3 เป็นตัวอย่างจากกลุ่มเกาะสมุย อย่างไรก็ตามที่ค่าความต่าง 65% เกาะสมุยมีความต่างกับตัวอย่างจากกลุ่มเกาะศรีบอยา กลุ่มเกาะมะนัง และกลุ่มเกาะสิซัง น้อยกว่าตัวอย่างจากกลุ่มเกาะสุรินทร์ และกลุ่มเกาะภูเก็ต ส่วนตัวอย่างจากกลุ่มเกาะศรีบอยามีความต่างกับตัวอย่างจากกลุ่มเกาะมะนังน้อยกว่าตัวอย่างจากกลุ่มเกาะสุรินทร์ และกลุ่มเกาะภูเก็ต



ภาพที่ 6. ผลการจัดกลุ่มตามความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 6 กลุ่มเกาะ

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนในแต่ละสถานที่

ความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนในปะการัง *G. fascicularis* ภายใต้อิทธิพลของปัจจัยในแต่ละสถานที่ใน 16 บริเวณศึกษา 6 กลุ่มเกาะ และ 2 ชายฝั่งของทะเลไทย พบว่ามีความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนทั้ง 3 ระดับสถานที่ โดยลักษณะโครงสร้างหินปูนมีความแตกต่างน้อยลงในระดับสถานที่ที่กว้างขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาโครงสร้างหินปูนใน *Montastrea cavernosa* (Amaral, 1994) แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระดับถิ่นที่อยู่มีผลต่อความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนมากกว่าระยะทาง และการถูกกัดเซาะระหว่างอ่าวไทยและอันดามัน ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการปรับตัวในระดับถิ่นที่อยู่อาศัย (Local adaptation) และผลการศึกษาค่าความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมของปะการัง ใน *Pocillopora damicornis* (Adjeroud and Tsuchiya, 1999) และในปะการัง *Stylophora pistillata* (Takabayashi et al., 2003) ที่ผ่านมาพบว่าลักษณะทางพันธุกรรมมีความแตกต่างกันน้อยลงเมื่อระยะห่างระหว่างประชากรมากขึ้น

2. ความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนและการเข้ากลุ่มตามความผันแปรในแต่ละระดับสถานที่

การศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนสูง ในการแบ่งกลุ่มระหว่าง 16 บริเวณศึกษา คือ จำนวนเข็ปตา ระยะห่างระหว่างคอร์รัไลท์ ความสูง ความกลมของคอร์รัไลท์ และขนาดของคอร์รัไลท์ มีอิทธิพลน้อยลงตามลำดับ จากการศึกษาใน *Montastrea annularis* และใน *Siderastrea siderea* พบว่ามีลักษณะความหนาของโครงสร้างหินปูนหลายลักษณะ และมีความผันแปรสูงในการแบ่งกลุ่มความผันแปรตามถิ่นที่อยู่ (Foster, 1977)

ในขณะที่ *Favia speciosa* ขนาดของโพลิปีมีความผันแปรสูง โดยสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างจากเกาะที่อยู่ใกล้ปากแม่น้ำออกจากเกาะที่อยู่ใกล้ปากแม่น้ำบริเวณซึ่งมีปริมาณตะกอนสูง (Todd et al., 2001) แสดงให้เห็นว่าในแต่ละรูปแบบสิ่งแวดล้อมมีความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนแตกต่างกัน

ผลการศึกษาใน 4 บริเวณศึกษา คือตัวอย่างจากเกาะเซ B ซึ่งเป็นแนวรั้วคลื่นลม เกาะศรีบอยา เกาะร้านดอกไม้ และบ่อผุดซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณตะกอนสูง พบว่ามีความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนสูงมาก ดังนั้นผลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าวอาจส่งผลให้มีลักษณะโครงสร้างหินปูนในระดับถิ่นที่อยู่ต่างออกไปจากบริเวณอื่นซึ่งมีผลกระทบจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าความผันแปรเกิดขึ้นเนื่องจากถิ่นที่อยู่มีความต่างกันของปัจจัยสิ่งแวดล้อม และจากผลการจัดกลุ่มความต่างจากความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 16 บริเวณศึกษา โดยผลแบ่งเป็น 2 กลุ่ม แยกระหว่าง 2 ชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามันยกเว้น 3 บริเวณ แสดงให้เห็นว่าความผันแปรที่ต่างกันของปะการัง *G. fascicularis* ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมในระดับถิ่นที่อยู่เพียงอย่างเดียว แต่อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่กว้างขึ้น หรืออาจมีปัจจัยทางพันธุกรรมร่วมด้วยในการควบคุมการแสดงออกทางสัณฐานให้ไปในทิศทางเดียวกัน

อย่างไรก็ตามความแตกต่างผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนระหว่าง 16 บริเวณศึกษาในปะการัง *G. fascicularis* ในแต่ละถิ่นที่อยู่โดยมากไม่ได้เรียงตามระยะทางที่ห่างกันของบริเวณศึกษา เช่นเดียวกับการเข้ากลุ่มจากความผันแปรของตัวอย่างโครงสร้างหินปูนระหว่าง 6 กลุ่มเกาะให้ผลสนับสนุนกันอย่างชัดเจน กลุ่มเกาะสุรินทร์และกลุ่มเกาะภูเก็ตมีความต่างก็น้อยมาก และพบว่ากลุ่มเกาะศรีบอยามีลักษณะโครงสร้างหินปูนที่ผันแปรสูงภายในชายฝั่งทะเลอันดามันแยกจาก 2 กลุ่มดังกล่าว ซึ่งให้เห็นว่าอาจเนื่องจากมีปัจจัยหลายประการ เช่น อิทธิพลจากทะเลเปิด ซึ่งทำให้อุณหภูมิและความเค็มค่อนข้างคงที่ การฟุ้งกระจายของตะกอนน้อยกว่าในเขตน้ำตื้น น้ำใสสะอาด แสงส่องผ่านได้ดี (กรมประมง, 2542ก) และทิศทางการไหลของกระแสน้ำในชายฝั่งทะเลอันดามันในส่วนของทะเลอันดามันตอนเหนือได้รับกระแสน้ำที่ไหลมาจากอ่าวเบงกอล (Bengal Bay) ไหลวนตามเข็มนาฬิกาทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม ส่วนของชายฝั่งอันดามันตอนใต้ซึ่งเป็นบริเวณที่กลุ่มเกาะศรีบอยาเรียงตัวอยู่เป็นกลุ่มเกาะแนวชายฝั่ง ได้รับอิทธิพลจากฝั่งและตะกอนสูง กระแสน้ำมาจากช่องแคบมะละกาไหลวนเข็มนาฬิกา จึงอาจทำให้การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังไม่ถึงกัน ส่งผลให้ลักษณะโครงสร้างหินปูนของตัวอย่างในกลุ่มเกาะศรีบอยาต่างไปจากกลุ่มเกาะสุรินทร์ และกลุ่มเกาะภูเก็ต ทิศทางของกระแสน้ำเป็นตัวพาตัวอ่อนที่สำคัญ ทำให้อาจเกิดการกีดกันการไหลเวียนทางพันธุกรรมส่งผลให้เกิดความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรม ดังเช่นการศึกษาในปะการัง *Mycedium elephantotus* (Dai et al., 2000) ระหว่างตอนเหนือและตอนใต้ของเกาะไต้หวันเกิดการกีดขวางการสืบพันธุ์เนื่องจากกระแสน้ำ นอกจากนี้กลุ่มเกาะศรีบอยาเป็นเกาะที่อยู่ภายในอ่าวพังงา อาจเป็นอุปสรรคในการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการังระหว่างกลุ่มเกาะศรีบอยากับอีก 2 กลุ่มเกาะในชายฝั่งทะเลอันดามัน ในส่วนของกลุ่มเกาะศรีบอยา กลุ่มเกาะมัน และกลุ่มเกาะสิขังมีความต่างกันของลักษณะโครงสร้างหินปูนน้อย อาจเนื่องจากกลุ่มเกาะมันและกลุ่มเกาะสิขังได้รับอิทธิพลจากชายฝั่ง และปากแม่น้ำสูง ได้รับน้ำจืดเมื่อเกิดฝนตกหนัก และตะกอนจากปากแม่น้ำ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มเกาะศรีบอยา คือทั้ง 3 กลุ่มเกาะเป็นแนวปะการังที่ก่อตัวได้ไม่ลึกมาก และมีลักษณะเป็นแนวปะการังน้ำตื้น มีความลาดชันเพียงเล็กน้อยหรือเป็นแนวราบกว้างๆ และได้รับอิทธิพลจากฝั่งสูง ซึ่งกลุ่มเกาะศรีบอยามีความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนคล้ายกับกลุ่มเกาะมัน และกลุ่มเกาะสิขังมากกว่ากลุ่มเกาะทางชายฝั่งอันดามัน อาจเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าว ส่งผลให้ลักษณะของโครงสร้างหินปูนมีความผันแปรเช่นเดียวกับกลุ่มเกาะมัน แต่กลุ่มเกาะสิขังซึ่งอยู่ใกล้กับกลุ่มเกาะมันแต่มีความต่างมากกว่า อาจเนื่องจากบริเวณกลุ่มเกาะสิขังที่ตั้งอยู่ด้านในสุดของอ่าวไทยตอนบน ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของความเค็มและปริมาณตะกอนที่ไหลมาจากแม่น้ำ 4 สายหลัก บริเวณใกล้ๆ มีร่องน้ำลึกเป็นที่จอดเรือสินค้าขนาดใหญ่อยู่เป็นประจำ น้ำทะเลมีตะกอนค่อนข้างขุ่นและความเค็มต่ำกว่าทะเลเปิด (กรมประมง, 2542ก; มหาวดี, 2543) ลักษณะของกระแสน้ำภายในบริเวณอ่าวไทยตอนบนสุดในช่วงฤดูร้อน มีรายงานการไหลเวียนของกระแสน้ำอยู่ภายในอ่าวรูปตัว ก ในช่วงเปลี่ยนทิศทางของลมมรสุม (มีนาคม-เมษายน) โดยไหลตามทิศทางของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-ตุลาคม) (คงวัฒน์, 2524) ส่วนในช่วงพฤษภาคม-กันยายน กระแสน้ำไหลเวียนตามความแรง

ของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งการไหลของกระแสน้ำภายในอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการกีดขวางการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง *G. fascicularis* ซึ่งปล่อยไข่ในช่วงหน้าร้อน นอกจากนี้ลักษณะของอ่าวไทยที่เว้าลึกเป็นรูปตัว ก อาจเป็นตัวเสริมในการกีดขวางการแพร่กระจายของตัวอ่อนอีกเหตุผลหนึ่ง จึงอาจส่งผลให้มีความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนมากขึ้นในกลุ่มเกาะสีชัง และระหว่างกลุ่มเกาะในชายฝั่งอ่าวไทยด้วยกัน และผลการวิเคราะห์ความผันแปรและการเข้ากลุ่มตามความต่างให้ผลความแตกต่างผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนที่แยกกลุ่มเกาะสมุยจากกลุ่มเกาะมันและกลุ่มเกาะสีชังชัดเจน ทั้งที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของปัจจัยจากชายฝั่งอ่าวไทยเหมือนกัน อาจเนื่องจากกลุ่มเกาะสมุยตั้งอยู่ห่างฝั่งและมีระยะทางไกลจากกลุ่มเกาะมัน และกลุ่มเกาะสีชังมาก นอกจากนี้การไหลเวียนของกระแสน้ำภายในอ่าวไทย และลักษณะทางกายภาพของอ่าวไทยตอนบน (คงวัฒน์, 2524) อาจส่งผลให้เกิดการกีดขวางการแพร่กระจายของตัวอ่อนใน 3 กลุ่มเกาะที่ศึกษา รวมถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแต่ละกลุ่มเกาะที่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้เกิดความต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนของตัวอย่างระหว่างกลุ่มเกาะสีชัง กลุ่มเกาะมัน และกลุ่มเกาะสมุยสูง

จากการศึกษาตัวอย่างปะการัง *G. fascicularis* ระหว่างชายฝั่งอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามัน พบว่าลักษณะโครงสร้างหินปูนมีความผันแปรแตกต่างกันและแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจน อาจเนื่องจาก 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ปัจจัยของกระแสน้ำต่อการแพร่กระจายของตัวอ่อน และลักษณะเป็นแอ่งของพื้นที่ทะเลอ่าวไทย โดยในช่วงฤดูร้อนไหลวนตามเข็มนาฬิกาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และทวนเข็มนาฬิกาในช่วงฤดูฝน (Morton and Blackmore, 2001; Wattayakorn et al., 1998) ส่วนทางทะเลอันดามันจะได้รับกระแสน้ำที่ไหลมาจากอ่าวเบงกอล (Bengal Bay) ไหลวนตามเข็มนาฬิกาทั้ง 2 ช่วงลมมรสุมเฉพาะส่วนของอันดามันตอนเหนือ ส่วนของอันดามันตอนใต้ได้รับกระแสน้ำจากช่องแคบมะละกาซึ่งไหลทวนขึ้นมา (Morton and Blackmore, 2001) กระแสน้ำ (คงวัฒน์, 2524) และกระแสนลม (Wattayakorn et al., 1998) น่าจะมีผลต่อการแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง ซึ่งการศึกษาเปรียบเทียบกับลักษณะภายนอกในปู *Scylla serrata* ระหว่างชายฝั่งอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามันโดย Overton และคณะ (1997) พบว่าลักษณะภายนอกของปูชนิดนี้ระหว่างตัวอย่างจากระนองซึ่งอยู่ชายฝั่งทะเลอันดามันมีความแตกต่างกับตัวอย่างจากสุราษฎร์ธานีซึ่งอยู่ในชายฝั่งอ่าวไทยซึ่งเป็นการยืนยันผลความแตกต่างจากการกีดกันของ 2 ชายฝั่ง และความผันแปรของตัวอย่างปะการัง *G. fascicularis* ระหว่าง 2 ชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามันซึ่งอาจเกิดการถูกกีดกันทางพันธุกรรมระหว่างกัน เช่นจากการศึกษาทางพันธุกรรมในกุ้ง *Penaeus monodon* พบความผันแปรทางพันธุกรรมอย่างชัดเจนระหว่างตัวอย่างกุ้งจาก 2 ชายฝั่งทะเลไทย (Klinbunga et al., 1999) แต่ยังไม่มียางานการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในปะการังระหว่างชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน

จากผลการศึกษาความผันแปรของลักษณะโครงสร้างหินปูนใน 3 ระดับสถานที่ พบว่าในระดับถิ่นที่อยู่มีความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนสูงสุด คาดว่าเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระดับถิ่นที่อยู่เป็นหลัก ส่วนในระดับ 6 กลุ่มเกาะ พบความแตกต่างน้อยลงแต่ความผันแปรที่เกิดชัดเจนมากขึ้น โดยอาจมีผลมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมระยะทางที่ห่างไกลกัน และทิศทางของกระแสน้ำที่มีผลต่อการแพร่กระจายของตัวอ่อน ในระดับของชายฝั่งพบว่าระหว่างชายฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันมีความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างหินปูนชัดเจน อาจเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทิศทางการไหลของกระแสน้ำ และการที่ทั้ง 2 ชายฝั่งถูกกั้นกลางด้วยแผ่นดิน

ผลสรุปทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าลักษณะโครงสร้างหินปูนมีความผันแปรเกิดขึ้นทุกระดับสถานที่ แต่เกิดขึ้นมากน้อยต่างกัน โดยจะเป็นไปตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระดับประชากรมากกว่าปัจจัยของระยะทาง ซึ่งเป็นไปได้ว่าความผันแปรของลักษณะโครงสร้างที่เกิดขึ้นมาจากทั้งปัจจัยสิ่งแวดล้อมและพันธุกรรมร่วมกัน ซึ่งการศึกษครั้งนี้เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างหินปูนในระดับคอร์รัลไลท์ ซึ่งเป็นเพียงการค้นหาคำตอบของพันธุกรรมเพียงทางอ้อมเท่านั้น ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาความแตกต่างผันแปรในระดับพันธุกรรมโดยตรงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145012

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2542. แผนที่แนวปะการังในน่านน้ำไทย เล่ม 1 อ่าวไทย. เวสต์ออฟเซต ภูเก็ต.
- กรมประมง. 2542. แผนที่แนวปะการังในน่านน้ำไทย เล่ม 2 ทะเลอันดามัน. เวสต์ออฟเซต ภูเก็ต.
- คงวัฒน์ นิลศรี (เรือเอก). 2524. ผลการวิเคราะห์กระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนระหว่างช่วงเปลี่ยนแปลงฤดูมรสุม. การวิจัยคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย. หน้า 57-63.
- มนูดี หังสพฤกษ์. 2543. สมุทรศาสตร์กายภาพของอ่าวไทย. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 25(2): 168-180.
- Adjeroud, M. and M. Tsuchiya. 1999. Genetic variation and clonal structure in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis* in the Ryukyu Archipelago Southern Japan. *Mar. Bio.* 134: 753-760.
- Amaral, F.D. 1994. Morphological variation in the reef coral *Montastrea cavernosa* in Brazil. *Coral Reefs* 13: 113-117.
- Ayre, D.J. and B.L. Willis. 1988. Population structure in the coral *Pavona cactus*: clonal genotypes show little phenotypic plasticity. *Mar. Bio.* 99: 495-505.
- Bruno, J.F. and P.J. Edmunds. 1997. Clonal variation for phenotypic plasticity in the coral *Madraca mirabilis*. *Ecology* 78(7): 2177-2190.
- Dai, C.F., T.Y. Fan and J.K. Yu. 2000. Reproductive isolation and genetic differentiation of a scleractinian coral *Mycedium elephantotus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 201: 179-187.
- Foster, A.B. 1977. Patterns of small-scale variation of skeleton morphology with the scleractinian coral, *Montastrea annularis* and *Siderastrea sideria*. *Proc. 3th. Int. Coral Reef Sym., Florida*, 1: 409-415.
- Foster, A.B. 1979. Phenotypic plasticity in the reef corals *Montastrea annularis* (Ellis & Solander) and *Siderastrea siderea* (Ellis & Solander). *J. Exp. Mar. Bio. and Eco.* 39: 25-54.
- Foster, A.B. 1980. Environmental variation in skeletal morphology within the Caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *Siderastrea siderea*. *Bulletin of Marine Science* 30(3): 678-709.
- Klinbunga, S., D.J. Penman, B.J. McAndrew and A. Tassanakajon. 1999. Mitochondrial DNA diversity in three populations of the giant tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Mar. Biotechnol.* 1: 113-121.
- Miller, K.J. 1994. Morphological species boundaries in the coral genus *Platygyra*: environmental influences and taxonomic implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 110: 19-28.
- Morton, B. and G. Blackmore. 2001. South China Sea. *Marine Pollution Bulletin* 42(12): 1236-1263.
- Overton, J.L., D.J. Macintosh and R.S. Thorpe. 1997. Multivariate analysis of the mud crab *Scylla serrata* (Brachyura: Portunidae) from four location in Southeast Asia. *Marine Biology* 128: 55-62.
- Statsoft. 2001. *Statistica*. Statsoft. Tulsa, Oklahoma.
- Takabayashi, M., D.A. Carter, J.V. Lopez and O. Hoegh-Guldberg. 2003. Genetic variation of the scleractinian coral *Stylopora pistillata* from western Pacific reefs. *Coral Reefs* 22: 17-22.
- Todd, P.A., P.G. Sanderson and L.M. Chou. 2001. Morphological variation in the polyps of the scleractinian coral *Favia speciosa* (Dana) around Singapore. *Hydrobiologia* 444: 227-235.
- Veron, J.E.N. 1981. The species concept in scleractinian of eastern Australia. *Proc. 4th. Int. Coral Reef Sym., Manila*, 2: 183-186.
- Veron, J.E.N. 1995. *Corals in Space and Time: the Biogeography and Evolution of the Scleractinia*. Cornell University Press, Ithaca, NY. Sym., Manila, 2: 183-186.
- Voron, J.E.N. 2000. *Coral of the World, Vol. 3*. New Litho, Melbourne.
- Wattayakorn, G., B. King, E. Wolanski and P. Suthanaruk. 1998. Seasonal dispersion of petroleum contaminants in the Gulf of Thailand. *Continental Shelf Research* 18(6): 641-659.
- Zilberberg, C. and P. Edmunds. 1999. Patterns of skeletal structure variability in clones of the reef coral *Montastrea franksi*. *Bulletin of Marine Science* 64(2): 373-381.

ชีววิทยาของเพรียงหัวหอม *Ecteinascidia thurstoni* Herdman, 1891 เพื่อการเพาะเลี้ยงปิยะ โกยสิน¹, สุชนา ชวนิชย์¹, วรณพ วียากญณ์¹, สมเกียรติ ปิยะธีรธิตวรกุล¹,
เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต¹ และ คณิต สุวรรณบริรักษ์²¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330²ภาควิชาเภสัชเวช คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330**Abstract: Biology of the Tunicate, *Ecteinascidia thurstoni* Herdman, 1891 for Aquaculture****Piya Koeysin¹, Suchana Chavanich¹, Voranop Viyakarn¹, Somkiat Piyateerattivorakul¹, Pemsak Maynasavate¹ and Kanit Suwanborirux²**¹Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330, ²Department of Pharmacognocny, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330

The biology of the colonial tunicate *Ecteinascidia thurstoni* Herdman, 1891 found in the Andaman Sea, Phuket Province, Thailand was investigated for culture purpose. This tunicate produces Ecteinascidins, which is a potential drug for cancer treatment. A study of development of *E. thurstoni* showed that tadpole larvae metamorphosed into the juvenile stage within 24 hours. The tadpole larvae, which were stimulated to settle with freshwater, showed no difference of settlement on dark and light areas ($P>0.05$) while those non-stimulated tadpoles, showed a statistically significant difference ($P<0.05$). However, there was no difference for the interaction between stimulated and non-stimulated tadpole larvae on dark and light areas of settlement ($P>0.05$). In a rearing experiment, the tadpole larvae could be raised 14 days in a land-based rearing tank with an average size of 0.27 ± 0.02 cm. However, tadpole larvae in the sea could be raised for 36 days with an average size of 0.82 ± 0.06 cm, with asexual reproduction taking place 20 days after settlement. The life span after settlement of *E. thurstoni* raised in the rearing tank and in the sea was 26 and 61 days, respectively. In addition, stomach content analysis showed that five genera of phytoplankton were found. These included *Gyrosigma* sp., *Pleurosigma* sp., *Thalassionema* sp., *Guinardia* sp., and *Chaetoceros* sp. However, there was no difference in organic content found in the stomach compared to suspended organic particles in the sea, using the CHN ratio method.

Key words: *Ecteinascidia thurstoni*, tunicate, metamorphosed, culture

บทนำ

ทะเลเป็นระบบนิเวศขนาดใหญ่ ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด มนุษย์ได้รู้จักนำทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และมีการวิจัยในหลายสาขาเกี่ยวกับทะเลเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ ดังนั้นทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลจึงมีความสำคัญต่อมนุษย์ในหลายด้าน อาทิ แหล่งอาหาร แหล่งท่องเที่ยว โดยเฉพาะในปัจจุบันที่เป็นแหล่งยาที่มีความสำคัญต่อไปในอนาคต

ยารักษาโรคที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้มาจากการค้นพบและพัฒนาจากสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ โดยแรกเริ่มได้จากสมุนไพรบนบกเป็นส่วนใหญ่และในทะเลเป็นส่วนน้อย อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ระหว่างบกกับทะเลแล้ว พื้นที่บนบกมีเพียงร้อยละ 30 ของพื้นที่ผิวโลก ในขณะที่ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 70 เป็นทะเลหรือมหาสมุทร จึงส่งผลต่อจำนวนชนิด และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่มากกว่า จากเหตุผลดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงเริ่มให้ความสนใจในการแสวงหายาบำบัดโรคจากสิ่งมีชีวิตในทะเล โดยเฉพาะกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เนื่องจากเป็นสัตว์กลุ่มใหญ่ที่สุดในทะเล หรือประมาณร้อยละ 95 ของสัตว์ทะเลทั้งหมด ได้แก่ ฟองน้ำทะเล (Sponges), ซีเลนเทอรา (Coelenterates), เอ็คไคโนเดิร์ม (Echinoderms), ไบรโอซัว (Bryozoans) และเพรียงหัวหอม (Tunicates, Ascidians)

และ Sea squirt) ปัจจุบันพบว่า สัตว์ทะเลเหล่านี้สามารถสร้างสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทางทะเล (marine natural products) ที่มีโครงสร้างทางเคมีชนิดใหม่ที่ไม่มีการค้นพบมาก่อน สารเคมีเหล่านี้หลายชนิดมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีความน่าสนใจในการนำไปพัฒนาเป็นยาบำบัดโรคชนิดใหม่โดยตรง หรือสามารถนำไปใช้เป็นสารต้นแบบ (Lead compounds หรือ Prototypes) ในการพัฒนาเป็นยาชนิดใหม่ได้

ในประเทศไทย พบเพรียงหัวหอม *Ecteinascidia thurstoni* Herdman, 1891 บริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดภูเก็ต เพรียงหัวหอมชนิดนี้ให้สาร Ecteinascidins (Et) 770 และ 786 ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีที่ใกล้เคียงกับสาร Et 743 ที่ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นยาบำบัดมะเร็งได้สำเร็จและได้ทดลองใช้กับผู้ป่วยในโรงพยาบาล ทำให้สาร Et 770 และ 786 มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นยาบำบัดมะเร็งต่อไป อย่างไรก็ตาม การพัฒนาสารดังกล่าวให้เป็นยาบำบัดมะเร็งได้สำเร็จนั้น มีความจำเป็นต้องใช้สารที่จะนำไปใช้เป็นยาในปริมาณมาก การผลิตสารในเชิงอุตสาหกรรมให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการนำสารดังกล่าวจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียวมาใช้จึงเป็นไปได้ยาก อนึ่ง ถึงแม้ว่าการสังเคราะห์สารทางเคมีเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถกระทำได้ แต่โครงสร้างที่ซับซ้อนของสารดังกล่าวทำให้ยากต่อการสังเคราะห์และมีต้นทุนสูงในการผลิต การวิจัยด้านการเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรมของ *E. thurstoni* จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการศึกษาด้านชีววิทยาของ *E. thurstoni* เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานจึงมีความสำคัญในการนำไปสู่ความสำเร็จด้านการเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรมให้เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญและเพียงพอต่อการพัฒนาและผลิตยาบำบัดมะเร็งต่อไป

วิธีการ

1. การศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อน

รวบรวมพ่อแม่พันธุ์ *E. thurstoni* จากธรรมชาติบริเวณท่าเรือ สวพ. ภูเก็ต โดยการดำน้ำลึกแบบ scuba diving นำพ่อแม่พันธุ์ดังกล่าวใส่ในภาชนะพลาสติกบรรจุน้ำทะเลธรรมชาติ เมื่อพ่อแม่พันธุ์เกิดภาวะเครียดโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จากอุณหภูมิปกติในน้ำทะเลเป็นอุณหภูมิปกติของห้อง ตัวอ่อนระยะวัยน้ำอัสระ (tadpole larva) จึงถูกปล่อยออกมาจากตัวพ่อแม่พันธุ์ นำตัวอ่อนที่ได้ไปกระตุ้นด้วยการปล่อยทิ้งไว้ในน้ำจืดเป็นเวลา 50-60 วินาทีเพื่อให้ลงเกาะบน petridish หลังจากนั้น จึงรวบรวมตัวอ่อนไปอนุบาลในระบบเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ สวพ. ภูเก็ต เพื่อศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนโดยสุ่มเลือกตัวอ่อนครั้งละ 3 ตัว สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงอวัยวะภายนอกและภายในภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมพร้อมวาดภาพประกอบตามระยะเวลาดังนี้

- 1) ทุก 3 ชั่วโมง ในระยะ 2 วันแรกหลังการลงเกาะ
- 2) ทุก 6 ชั่วโมง ในระยะ 3-7 วันหลังการลงเกาะ
- 3) ทุก 1 สัปดาห์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่สองหลังการลงเกาะ จนตัวอ่อนพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยรุ่น

2. การศึกษาพฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อน

รวบรวมตัวอ่อน *E. thurstoni* ด้วยวิธีเดียวกันกับการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อน หลังจากนั้นนำตัวอ่อนมาศึกษาพฤติกรรมการลงเกาะบน petridish ซึ่งแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วนเท่ากัน ด้านหนึ่งทำให้มืดโดยใช้สีดำย้อมภายนอก และอีกด้านเป็นด้านสว่างตามปกติ แบ่งการทดลองเป็นสองชุดดังนี้

1) ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) นำตัวอ่อน *E. thurstoni* จำนวน 30 ตัว ปล่อยให้ลงเกาะอิสระใน petridish ที่บรรจุน้ำทะเลธรรมชาติปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ หลังจากนั้นจึงทำการปิดฝา petridish

2) ชุดการทดลองที่ 2 (ชุดทดลอง) ใช้วิธีการเช่นเดียวกับชุดการทดลองที่ 1 ยกเว้นได้นำตัวอ่อนมาทำการกระตุ้นให้ลงเกาะด้วยการปล่อยทิ้งไว้ในน้ำจืดเป็นเวลา 50-60 วินาที ก่อนปล่อยลงเกาะอิสระโดยอิสระบน petridish

ทั้งนี้ ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการชีววิทยาทางทะเล สวพ. ภูเก็ต ควบคุมปริมาณแสงโดยใช้หลอดไฟส่องสว่างแบบ fiber optic bifurcated Olympus model LGPS เป็นแหล่งกำเนิดแสงในการทดลอง ปล่อยทิ้งไว้จน

ตัวอ่อนลงเกาะสำเร็จ บันทึกข้อมูลการลงเกาะโดยเปรียบเทียบจำนวนตัวอ่อนที่ลงเกาะในพื้นที่ผิวส่วนมืดและพื้นผิวส่วนสว่างในแต่ละหน่วยการทดลอง

3. การศึกษาการเติบโตของตัวอ่อนในโรงเพาะเลี้ยงและในทะเล

รวบรวมตัวอ่อน *E. thurstoni* และทำการกระตุ้นให้ลงเกาะบน petridish ด้วยวิธีเดียวกับการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อน หลังจากนั้นจึงทำการแยกตัวอ่อน (zooid) มาทดลองเลี้ยงเปรียบเทียบในระบบเลี้ยงที่โรงเพาะเลี้ยงและในทะเลธรรมชาติของ สวพ. ภูเก็ต โดยใช้ตัวอ่อนสถานที่ละ 20 ตัว ทำการเก็บข้อมูลทุก 1 สัปดาห์ โดยการนับจำนวนตัวอ่อน พร้อมสุ่มวัดขนาดและบันทึกภาพ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบอัตราการรอดและขนาดของตัวอ่อนในโรงเพาะเลี้ยงและในทะเล บันทึกอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลบริเวณที่ทำการการศึกษา

4. การศึกษาช่วงชีวิตหลังการลงเกาะในโรงเพาะเลี้ยงและในทะเล

ทำการสุ่มโคลนที่สมบูรณ์ของ *E. thurstoni* จากธรรมชาติบริเวณท่าเรือ สวพ. ภูเก็ต โดยนำโคลนนี้มาติดกับแผ่นกระเบื้องดินเผาด้วยสายรัดพลาสติกหรือกาสำหรับใช้ในน้ำทะเล แล้วจึงนำไปเลี้ยงในถังเลี้ยงระบบเปิดที่โรงเพาะเลี้ยง เปรียบเทียบกับในทะเลธรรมชาติบริเวณท่าเรือที่ระดับความลึก 3 เมตรจากผิวน้ำทะเลของ สวพ. ภูเก็ต โดยใช้จำนวนโคลนนี้สถานที่ละ 15 โคลน

เก็บข้อมูลการศึกษาวงชีวิตโดยการวัดพื้นที่ปกคลุมของตัวเพรียงหัวหอม (zooids) บนพื้นผิว (substrates) โดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมขนาด 10x10 เซนติเมตร ทุก 10 วัน จนครบ 2 รอบของวงชีวิต บันทึกภาพโคลนที่อยู่ภายในกรอบ และนำภาพโคลนที่ได้ไปวิเคราะห์พื้นที่ปกคลุมตัวเพรียงหัวหอมโดยใช้โปรแกรม ENVI 4.0

5. การศึกษาองค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหาร และองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชบริเวณแหล่งธรรมชาติ

เปรียบเทียบองค์ประกอบของอาหารที่พบในทางเดินอาหารของ *E. thurstoni* กับองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบในบริเวณที่อยู่อาศัยในธรรมชาติ โดยรวบรวม *E. thurstoni* บริเวณท่าเทียบเรือ สวพ. ภูเก็ต นำตัวอย่างที่เก็บมาได้ใส่ใน 10% ฟอรัมาลิน หลังจากนั้นจึงสุ่มจำนวนตัวโคลนนี้ละ 10 ตัวมาแยกทางเดินอาหารแล้วบดบนกระจกสไลด์ ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ light compound จำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบในทางเดินอาหาร

นอกจากนั้น เก็บตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อศึกษาองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณแหล่งธรรมชาติที่พบ *E. thurstoni* โดยใช้กระบอกเก็บน้ำแบบ Nansen ที่ระดับความลึก 4 เมตรจากผิวน้ำทะเล กรองด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 20 ไมโครเมตร บรรจุตัวอย่างในขวดรักษาตัวอย่างแล้วใส่ 2% ฟอรัมาลิน และนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชต่อไป

เตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่พบในทางเดินอาหารของ *E. thurstoni* โดยแยกเฉพาะอาหารที่อยู่ภายในทางเดินอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นำส่วนที่แยกได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวิเคราะห์อัตราส่วน คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน (CHN ratio analysis) ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyzer model 2400 series II

สำหรับการเตรียมตัวอย่างตะกอนเพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่พบแขวนลอยในน้ำทะเลบริเวณที่อยู่อาศัยในธรรมชาตินั้น ทำการโดยติดตั้งแท่นดักตะกอนที่ระดับความลึก 3 เมตรจากผิวน้ำ แล้วจึงเก็บตะกอนในช่วงเวลาเดียวกันกับการเก็บรวบรวมเพรียงหัวหอมเพื่อนำไปแยกอาหารในทางเดินอาหาร ทั้งนี้แยกตะกอนที่เก็บได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนที่นำตะกอนมาล้างด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เพื่อขจัดเกลือออกจากตะกอนก่อนนำไปใช้ กับส่วนที่เป็นตะกอนไม่ล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นจึงนำทั้งสองส่วนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์อัตราส่วน คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน

ทำการเปรียบเทียบอัตราส่วน คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน ที่พบในทางเดินอาหารของเพรียงหัวหอม กับสารอินทรีย์แขวนลอยในธรรมชาติ

ผลการวิจัย

1. การศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อน

จากการศึกษาพบว่า ตัวอ่อน *E. thurstoni* มีการพัฒนาทั้งหมด 3 ระยะ คือ 1) ระยะตัวอ่อนว่ายน้ำน้ำอิสระ (tadpole larva) 2) ระยะตัวอ่อนหลังลงเกาะ และ 3) ตัวอ่อนระยะวัยรุ่น (juvenile) (ภาพที่ 1)

1.1 ระยะตัวอ่อนว่ายน้ำน้ำอิสระ (tadpole larva stage)

หลังจากที่ตัวอ่อน *E. thurstoni* ถูกปล่อยออกมาจากโคลนฟอแมพันธุ์จากธรรมชาติโดยการกระตุ้นด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำทะเลในระบบบรรจุโคลนฟอแมพันธุ์ให้สูงขึ้น ตัวอ่อนมีการเคลื่อนที่ไปมาในมวลน้ำโดยใช้ส่วนหาง (tail) ซึ่งประกอบด้วย nerve chord ที่ทอดขนานกับ notochord เชื่อมต่อกับส่วนหัว (head) ของตัวอ่อน

อวัยวะที่สำคัญในระยะนี้มีสองส่วนคือ otolith (gravity sensor) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง และ photolith (light receptor) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ตอบสนองต่อแสงสว่าง โดยอวัยวะทั้งสองพบอยู่ในบริเวณส่วนหัวของตัวอ่อน ทั้งนี้เนื่องจากตัวอ่อนถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อบางๆ ที่เรียกว่า tunic จึงทำให้ตัวอ่อนไม่กินอาหารในระยะนี้

1.2 ระยะตัวอ่อนหลังการลงเกาะ (settlement stage)

1) 5 นาที หลังการลงเกาะ

หลังจากตัวอ่อน *E. thurstoni* ลงเกาะบนพื้นผิว 5 นาที พบว่าตัวอ่อนยึดติดกับพื้นผิวด้วยอวัยวะสำหรับยึดเกาะ (attachment process) ทั้ง 3 อัน ตัวอ่อนไม่มีการเคลื่อนที่ มีการกระตุกแบบถี่ในส่วนหาง เป็นครั้งคราว เมื่อลดแสงสว่างในขณะทดลองอย่างรวดเร็ว พบว่าตัวอ่อนมีการกระตุกแบบถี่เช่นเดียวกัน และในระยะนี้ตัวอ่อนยังคงห่อหุ้มด้วย tunic และยังไม่มีการกินอาหาร

2) 10 นาที หลังการลงเกาะ

ตัวอ่อนเริ่มพัฒนา stolon เพื่อใช้ช่วยยึดเกาะและเพื่อขยายเจริญเป็นโคลนต่อไป notochord ในส่วนหางเริ่มหดสั้นลงเล็กน้อย

3) 15 นาที หลังการลงเกาะ

ตัวอ่อนพัฒนา stolon ยาวขึ้น notochord ที่อยู่ในส่วนหางเริ่มหดกลับเข้ามาในส่วนหัวของตัวอ่อน

4) 30 นาที หลังการลงเกาะ

ในระยะนี้ notochord หดสั้นลงมากขึ้น ในส่วนอื่นจากการสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อย

5) 3 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

ตัวอ่อนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นมากโดย stolon มีขนาดใหญ่ขึ้น เจริญปกคลุมอวัยวะสำหรับยึดเกาะ รูปร่างของส่วนหัวเปลี่ยนแปลงโดยมีลักษณะรูปร่างเป็น barrel shape ซึ่งแสดงลักษณะเข้าสู่รูปร่างของตัวอ่อนระยะวัยรุ่น (Juvenile) ตัวอ่อนเริ่มมีการแยกส่วนระหว่างทางน้ำเข้าและทางน้ำออก (branchial aperture และ atrial aperture) ในขณะเดียวกัน notochord หดกลับเข้าไปในส่วนหัวได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาว notochord เริ่มต้น ระยะนี้ตัวอ่อนยังคงถูกปกคลุมด้วย tunic ทั้งหมด และยังไม่กินอาหาร

6) 6 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ notochord หดกลับเข้ามาอยู่ส่วนหัวทั้งหมด โดยจะพัฒนาเป็นปมประสาท (nerve ganglion) เนื้อเยื่อบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนหัวและส่วนหางเริ่มหดเข้าหากัน

7) 9 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

อวัยวะภายในที่สำคัญได้มีการพัฒนา ได้แก่ branchial basket กระเพาะอาหาร และลำไส้ (intestine) ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกแยกออกจากกันอย่างชัดเจน notochord หดกลับเข้ามาอยู่ในส่วนหัวเป็นส่วนใหญ่ เนื้อเยื่อบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนหัวและส่วนหางเริ่มขดเข้าหากันมากขึ้น เพื่อปิดกั้นระหว่างช่องว่างของ notochord ในส่วนหางและส่วนหัว

8) 12 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

nerve cord ที่ทอดยาวได้ notochord หดกลับเข้ามาจนกลายเป็นปมประสาท และพัฒนาอยู่ภายในส่วนหัวของตัวอ่อนทั้งหมด เนื้อเยื่อบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนหัวและส่วนหางขดเข้าหากันจนปิดสนิท คงเหลือส่วนหางที่เป็นโครงสร้าง tunic และไม่มี notochord อยู่ภายใน ซึ่งส่วนหางได้หมดหน้าที่ลงในระยะนี้ ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกขยายขนาดชัดเจนขึ้น

9) 15 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

ตัวอ่อนมีขนาดเพิ่มขึ้น ส่วนที่เป็น tunic บริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออกบางลง และมีรูปทรงแบบ barrel shape ชัดเจนขึ้น

10) 18 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

ตัวอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลา 15 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

11) 21 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

ทางน้ำเข้าและทางน้ำออก ของตัวอ่อนในระยะนี้ขยายใหญ่ขึ้น tunic บางลงมาก

1.3 ระยะวัยรุ่น (juvenile stage)

เป็นระยะที่สำคัญมาก สังเกตจาก branchial aperture ซึ่งเป็นทางน้ำเข้าและ atrial aperture หรือทางน้ำออกเปิดสู่ภายนอก ทำให้ร่างกายมีการแลกเปลี่ยนน้ำ และเริ่มกินอาหาร

1) 24 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

พบว่าตัวอ่อนได้พัฒนาเข้าสู่ระยะวัยรุ่นอย่างสมบูรณ์ โดยจะเห็นได้จากทางน้ำเข้าและทางน้ำออกเปิดสู่ภายนอกอย่างชัดเจน มีการแลกเปลี่ยนน้ำและเริ่มกินอาหาร และพบว่ามีสิ่งขับถ่ายเกิดขึ้นในลำไส้ ซึ่งจะนำออกภายนอกร่างกายทางช่องน้ำออก

2) 27 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

ตัวอ่อนมีขนาดใหญ่ขึ้น ระบบการแลกเปลี่ยนน้ำ การกินอาหาร และการขับถ่ายมีการทำงานต่อเนื่อง nerve ganglion ยังคงปรากฏอยู่ในตัวอ่อน ในขณะเดียวกัน stolon แผ่ขยายยาวออกไปและแตกแขนง

3) 33 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

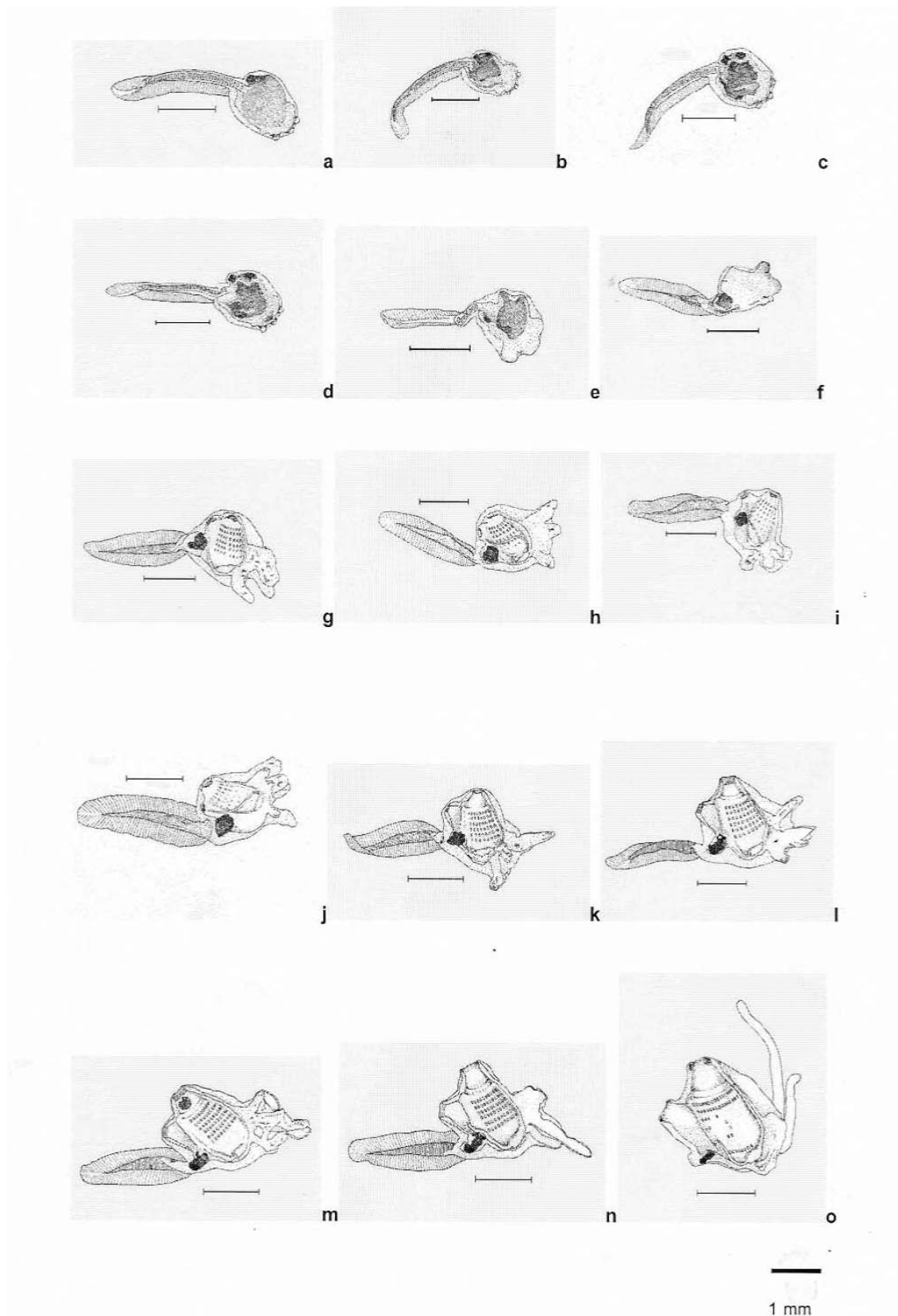
ตัวอ่อนมีขนาดใหญ่ขึ้น ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกขยายใหญ่ขึ้นอย่างชัดเจน nerve ganglion มีขนาดลดลงและมีรูปทรงเปลี่ยนไป ส่วนหางที่เหลือเฉพาะโครงสร้างที่เป็น tunic ยังคงปรากฏอยู่

4) 72 ชั่วโมง หลังการลงเกาะ

พบว่า nerve ganglion มีขนาดลดลงมาก ตัวอ่อนมีขนาดใหญ่ขึ้น stolon ขยายยาวออกไปมากกว่าช่วงที่ผ่านมา

2. การศึกษาพฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อน

จากการทดลองในตัวอ่อน *E. thurstoni* จำนวน 10-11 ตัว 3 ซ้ำ 2 ชุดการทดลอง พบว่าตัวอ่อนที่ถูกกระตุ้นโดยการให้ตัวอ่อนผ่านน้ำจืดก่อนการลงเกาะ ตัวอ่อนเลือกลงเกาะบนพื้นผิวส่วนมืดเฉลี่ยร้อยละ 58.3 และเลือกลงเกาะบนพื้นผิวส่วนสว่างเฉลี่ยร้อยละ 41.6 ส่วนตัวอ่อนที่ไม่ถูกกระตุ้นก่อนการลงเกาะเลือกลงเกาะบนพื้นผิวส่วนมืดเฉลี่ยร้อยละ 76.6 และเลือกลงเกาะบนพื้นผิวส่วนสว่างเฉลี่ยร้อยละ 23.3



ภาพที่ 1. พัฒนาการของตัวอ่อนแพรียงหัวหอม *E. thurstoni* ใน 15 ระยะ : (a) ระยะหลังการลงเกาะ 5 นาที, (b) ระยะหลังการลงเกาะ 10 นาที, (c) ระยะหลังการลงเกาะ 15 นาที, (d) ระยะหลังการลงเกาะ 30 นาที, (e) ระยะหลังการลงเกาะ 3 ชั่วโมง, (f) ระยะหลังการลงเกาะ 6 ชั่วโมง, (g) ระยะหลังการลงเกาะ 9 ชั่วโมง, (h) ระยะหลังการลงเกาะ 12 ชั่วโมง, (i) ระยะหลังการลงเกาะ 15 ชั่วโมง, (j) ระยะหลังการลงเกาะ 18 ชั่วโมง, (k) ระยะหลังการลงเกาะ 21 ชั่วโมง, (l) ระยะหลังการลงเกาะ 24 ชั่วโมง, (m) ระยะหลังการลงเกาะ 27 ชั่วโมง, (n) ระยะหลังการลงเกาะ 33 ชั่วโมง, (o) ระยะหลังการลงเกาะ 72 ชั่วโมง

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย ANOVA พบว่า ตัวอ่อนที่ผ่านการกระตุ้นการลงเกาะจะตอบสนองต่อการลงเกาะบนพื้นผิวส่วนมืดส่วนสว่างที่ไม่แตกต่างกัน ($F = 0.049$, $df = 5, 1$, $P > 0.05$) ตัวอ่อนที่ไม่ผ่านการกระตุ้นการลงเกาะจะตอบสนองต่อการลงเกาะบนพื้นผิวส่วนมืดส่วนสว่างที่แตกต่างกัน ($F = 5.902$, $df = 5, 1$, $P < 0.05$) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวอ่อนที่ผ่านการกระตุ้นและไม่ผ่านการกระตุ้นต่อการลงเกาะบนพื้นผิวส่วนมืดส่วนสว่างไม่แตกต่างกัน ($F = 1.220$, $df = 11, 1$, $P > 0.05$) นัยสำคัญ ($P < 0.05$)

3. การศึกษาการเติบโตของตัวอ่อนในโรงเพาะเลี้ยงและในทะเล

การเติบโตของตัวอ่อน *E. thurstoni* ในโรงเพาะเลี้ยง พบว่า ตัวอ่อนมีจำนวนคงที่จนถึงช่วงอายุ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจำนวนตัวอ่อนค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกัน ขนาดของตัวอ่อนเพิ่มขึ้นสูงที่สุดที่ช่วงอายุ 14 วัน โดยมีขนาดเฉลี่ย 0.27 เซนติเมตร หลังจากนั้นจำนวนตัวอ่อนได้ลดลงจนตายทั้งหมดในที่สุดที่ช่วงอายุ 21 วันหลังการลงเกาะ

การเติบโตของตัวอ่อน *E. thurstoni* ในทะเล พบว่าในระยะแรกตั้งแต่ลงเกาะจนกระทั่งอายุ 9 วัน ตัวอ่อนมีจำนวนลดลง หลังจากนั้นตัวอ่อนมีจำนวนเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ตัวอ่อนอายุ 20 วัน ต่อมาจำนวนตัวอ่อนจะลดลง และลดลงน้อยที่สุดเมื่อตัวอ่อนมีอายุ 36 วัน ในขณะที่เดียวกันขนาดของตัวอ่อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีขนาดโตที่สุด 0.82 เซนติเมตรโดยเฉลี่ย ที่อายุ 27 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อเกิดขึ้นในตัวอ่อนตั้งต้น (pioneer zooid) ที่มีอายุ 15 วัน ทำให้ได้ตัวอ่อนขนาดเล็กตัวใหม่ ซึ่งตัวอ่อนที่เกิดใหม่นั้นมีขนาดโตที่สุดที่อายุ 20 วัน หลังจากนั้นการเติบโตเริ่มลดลง จนไม่มีตัวอ่อนใหม่เกิดขึ้นอีกในช่วงอายุ 36 วัน

4. การศึกษาช่วงชีวิตหลังการลงเกาะ

4.1 ช่วงชีวิตหลังการลงเกาะในโรงเพาะเลี้ยง

จากการเก็บข้อมูลต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 18 ธันวาคม 2547 ถึงวันที่ 4 เมษายน 2548 ใน 15 หน่วยทดลอง เป็นเวลา 57 วัน พบว่า *E. thurstoni* มีอายุเฉลี่ย 26 วัน และพบการเติบโต 2 วัฏจักร โดยในระยะเริ่มต้นการทดลอง พื้นที่ปกคลุมตัวซึ่งเป็นโคโลนีสมบูรณ์มีจำนวนโดยเฉลี่ยร้อยละ 20.87 หลังจากนั้นจำนวนตัวของ *E. thurstoni* ลดลงเมื่อการทดลองผ่านไป 19 วัน มีพื้นที่ปกคลุมตัวโดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 4.62 เท่านั้น ถึงแม้ว่าพื้นที่ปกคลุมตัวจะแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นเป็นร้อยละ 5.43 แต่ยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องและมีค่าต่ำสุดเมื่อการทดลองผ่านไป 48 วัน เฉลี่ยร้อยละ 0.49 ซึ่งทั้งหมดจัดเป็นวัฏจักรแรกของการเติบโต ต่อมาจำนวนพื้นที่ปกคลุมตัวมีการเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.99 ก่อนที่จะไม่พบการเติบโตอีกในทุกหน่วยทดลอง ซึ่งเป็นวัฏจักรที่สองของการเติบโต

4.2 ช่วงชีวิตหลังการลงเกาะในทะเล

จากการเก็บข้อมูลต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 9 มิถุนายน 2548 ถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2548 เป็นเวลาตลอดการทดลอง 70 วัน พบว่า *E. thurstoni* มีอายุตามธรรมชาติประมาณ 60 วัน ขณะเริ่มการทดลอง โดยพื้นที่ปกคลุมตัวโดยเฉลี่ยมีจำนวนร้อยละ 52.78 เมื่อดำเนินการทดลองผ่านไป 8 วัน พื้นที่ปกคลุมตัวโดยเฉลี่ยลดลงเหลือร้อยละ 27.38 หลังจากนั้นจึงเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดอีกครั้งที่ร้อยละ 38.09 เมื่อผ่านไป 30 วัน จากนั้นจึงเริ่มลดจำนวนลงและมีค่าต่ำที่สุดที่ร้อยละ 18.94 ในระยะ 70 วันตั้งแต่เริ่มทำการทดลอง

5. การศึกษาองค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารและองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชบริเวณแหล่งธรรมชาติ

5.1 องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารและองค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชบริเวณท่าเรือ สวพ. ภูเก็ต

จากการศึกษาชนิดแพลงก์ตอนพืชตลอดทั้งปีบริเวณท่าเรือ สวพ. ภูเก็ต โดยกลุ่มประเมินสภาวะทรัพยากรและผลผลิตชีวภาพทางทะเลและชายฝั่ง สวพ. ภูเก็ต พบจำนวนแพลงก์ตอนพืชบริเวณนั้น 42 ชนิด สำหรับการศึกษาครั้งนี้เฉพาะในช่วงที่ *E. thurstoni* ในธรรมชาติบริเวณดังกล่าวมีการเติบโตเต็มที่ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมพบว่า องค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนพืชมีจำนวน 16 ชนิด ในขณะที่พบเพียง 5 ชนิดในทางเดินอาหารของ

E. thurstoni ทั้งนี้ สภาพของเซลล์แฟลกเจลลอนพีชที่พบในทางเดินอาหารส่วนมากมีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์ ยกเว้น *Gyrosigma* sp. และ *Pleurosigma* sp. อย่างไรก็ตาม สิ่งที่พบส่วนใหญ่ในทางเดินอาหารมีลักษณะเป็นอนุภาคอินทรีย์ขนาดเล็ก ไม่สามารถจำแนกชนิดได้

5.2 อัตราส่วน คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน (CHN ratio) ของอาหารในทางเดินอาหารของเพรียงหัวหอม และสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเลบริเวณที่ศึกษา

พบว่าในทุกตัวอย่างอาหารจาก *E. thurstoni* ในธรรมชาติที่นำมาวิเคราะห์ซึ่งผ่านการขจัดเกล็ดและไม่ขจัดเกล็ด มีอัตราส่วนของคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนที่ต่ำ เช่นเดียวกับอัตราส่วนของคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนของสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเลบริเวณที่ศึกษาที่พบว่า ทุกตัวอย่างทั้งที่ผ่านการขจัดเกล็ดและไม่ขจัดเกล็ด มีอัตราส่วนของคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนที่ต่ำเช่นกัน

บทสรุป

1. พัฒนาการของตัวอ่อน

ตัวอ่อน *E. thurstoni* ที่ผ่านการกระตุ้นให้ลงเกาะเริ่มมีพัฒนาการหลังจากลงเกาะแล้วประมาณ 10 นาที โดยอวัยวะที่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ คือ notochord จากนั้นเมื่อตัวอ่อนลงเกาะได้ 3 ชั่วโมง notochord มีการเปลี่ยนแปลงโดยหดสั้นลงเหลือความยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวทั้งหมด ตัวอ่อนระยะนี้มีการเปลี่ยนรูปร่างเล็กน้อย บริเวณส่วนหัวมีรูปทรงแบบ barrel shape สามารถสังเกตเห็นทางน้ำเข้าและทางน้ำออกแยกส่วนจากกัน นอกจากนี้ stolon มีการเจริญปกคลุมอวัยวะสำหรับยึดเกาะซึ่งจะพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ เมื่อตัวอ่อนเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ จะเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อจาก stolon ที่แผ่ขยายออกไปเพื่อสร้างเป็นโคลนีใหม่ที่มีสมบูรณ์ (Nakauchi, 1982; Watanabe, 1988) ซึ่งการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้นจะเกิดขึ้นอย่างน้อยหนึ่งครั้งในวงจรชีวิตและเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับเพรียงหัวหอมทั่วไปที่ดำรงชีพเป็นโคลนี (Satoh, 1994)

ต่อมาเมื่อตัวอ่อน *E. thurstoni* มีอายุถึง 6 ชั่วโมง notochord ได้มีการหดกลับเข้าไปในส่วนหัว ซึ่งโดยทั่วไปการหดกลับของ notochord จะเกิดขึ้นพร้อมกับการหดกลับของแกนประสาท (nerve chord) ซึ่งพบอยู่ในโพรงของระบบประสาทที่ทอดตัวยาวขนานกับ notochord นั้น (Berrill, 1975; Sherrard and LaBarbera, 2005) ทั้งนี้ เมื่อ notochord และเส้นประสาทหดกลับเข้ามาในส่วนหัวแล้วจะพัฒนาเป็นปมประสาท (nerve ganglion) ต่อไป ซึ่งระบบประสาทส่วนใหญ่ของตัวอ่อนจะพัฒนาภายในลำตัวบริเวณส่วนหลังปมประสาท (Monniot et al., 1991) และปมประสาทจะหายไปในที่สุดเมื่อตัวอ่อนเจริญเป็นตัวเต็มวัย (Thorson, 1964)

หลังจากนั้นเนื้อเยื่อบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนหัวกับส่วนหางเริ่มหดตัวเข้าหากัน เพื่อปิดกั้นและแยกส่วนหัวออกจากส่วนหาง ซึ่งเสร็จสมบูรณ์เมื่อตัวอ่อนมีอายุ 12 ชั่วโมง ทำให้ส่วนหางหมดหน้าที่เหลือเพียงโครงสร้างที่เป็น tunic ที่รอกอยการย่อยสลายต่อไป ซึ่งพบว่า ตัวอ่อนไม่มีการใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบของ tunic ทั้งสิ้น (Monniot et al., 1991)

เมื่อ *E. thurstoni* มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะวัยรุ่น (juvenile) ในช่วงอายุ 24 ชั่วโมงหลังการลงเกาะ โดยสังเกตได้จากทางน้ำเข้าและทางน้ำออกที่เปิดออก ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนน้ำได้ การรับอาหารโดยการกรองกินจากมวลน้ำและขับถ่ายของเสียออกสู่ภายนอกจึงเริ่มขึ้น ในขณะที่ stolon เริ่มมีการแตกแขนงและความยาวเพิ่มมากขึ้น ทำให้ยึดติดกับพื้นผิวได้ดีขึ้น

ปมประสาทของ *E. thurstoni* เริ่มเปลี่ยนแปลงให้เห็นเมื่อเวลาผ่านไป 33 ชั่วโมงหลังการลงเกาะ โดยมีขนาดเล็กลงอย่างต่อเนื่อง จนเล็กที่สุดเมื่อสิ้นสุดการศึกษานี้ (72 ชั่วโมงหลังการลงเกาะ) อย่างไรก็ตาม ไม่ปรากฏโครงสร้างส่วนที่เป็นหางในระยะนี้

ทั้งนี้ พัฒนาการระยะเริ่มต้นหลังการลงเกาะของ *E. thurstoni* สอดคล้องพัฒนาการของเพรียงหัวหอมทั่วไปที่พบโดยทั่วไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อตัวอ่อนอายุเพิ่มขึ้น พัฒนาการต่างๆ เช่น ทางน้ำเข้าและทางน้ำออก รวมถึง

อวัยวะภายใน ได้แก่ ลำไส้ กระเพาะอาหาร และ branchial basket มีพัฒนาการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง รวมถึง stolon ของตัวอ่อนมีขนาดและความยาวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม tunic ที่ห่อหุ้มลำตัวจะบางลง (Monniot et al., 1991; Ruppert and Barnes, 1994; Campbell et al., 1999) นอกจากนี้ พัฒนาการของ *E. thurstoni* ตั้งแต่เริ่มต้นจนเป็นตัวเต็มวัย (adult) มีความใกล้เคียงกับการศึกษาพัฒนาการของ *E. turbinata* เช่นกัน (Bingham and Young, 1991; Mendola, 2000)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเปลี่ยนแปลงภายนอกของ *E. thurstoni* สามารถสังเกตได้ชัดเจนกว่าการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกาย เนื่องจากอวัยวะภายในบางระยะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้าและมีขนาดโครงสร้างภายในที่ค่อนข้างเล็ก รวมทั้งช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลเพื่อทำการศึกษาค่อนข้างถี่โดยเฉพาะในระยะแรกของพัฒนาการ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการมองเห็น จึงไม่สามารถสังเกตอวัยวะภายในได้ดีเท่าที่ควร

2. พฤติกรรมการลงเกาะของตัวอ่อน

ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเลือกพื้นที่ลงเกาะของ *E. thurstoni* คือแสง พบการกระจายและการลงเกาะของ *E. thurstoni* ในธรรมชาติบริเวณพื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อยเป็นจำนวนมากกว่าบริเวณที่มีแสงมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีอวัยวะรับการสัมผัสสองชนิดที่มีอยู่ในส่วนหัว ได้แก่ otolith หรือ gravity sensor ที่ใช้เพื่อตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง และ photolith หรือ photo receptor ที่ใช้เพื่อตอบสนองต่อแสงสว่าง เช่นเดียวกับเพรียงหัวหอมอื่น อวัยวะทั้งสองนี้พบเฉพาะระยะตัวอ่อนก่อนการลงเกาะเท่านั้น หลังจากนั้นจึงสลายตัวเมื่อสิ้นสุดหน้าที่ภายหลังการลงเกาะไม่นานขณะที่ตัวอ่อนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น (Thorson, 1964) ซึ่งโดยปกติ ตัวอ่อนเพรียงหัวหอมจะหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีแสงสว่าง (Lee, 1984; Forward et al., 2000) ยกเว้นเพรียงหัวหอมที่มี prochloron อาศัยร่วมอยู่ เนื่องจากมีความต้องการแสงสว่างในการดำรงชีพ (Hirose et al., 2004) นอกจากแสงแล้ว พบว่าสีของพื้นผิวนั้นมีผลต่อการลงเกาะเช่นกัน (Mendola, 2000)

ความมืดและความสว่างของพื้นผิวในสถานที่ที่มีแสงสว่างคงที่เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการลงเกาะโดย *E. thurstoni* มีการลงเกาะบนพื้นผิวส่วนที่มีมืดมากกว่าส่วนที่สว่าง สอดคล้องกับการศึกษาในเพรียงหัวหอมหลายชนิด รวมถึง *E. turbinata* (Young, 1986; Bingham and Young, 1991) ทั้งนี้ ไม่พบว่าปัจจัยดังกล่าวมีความสำคัญหากมีการเหนี่ยวนำโดยการกระตุ้นด้วยน้ำจืดเพื่อให้ตัวอ่อน *E. thurstoni* ลงเกาะ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลของน้ำจืดที่มีต่อประสิทธิภาพของอวัยวะที่ตอบสนองต่อแสง อย่างไรก็ตาม การกระตุ้นด้วยน้ำจืดมีผลต่อการตอบสนองในระยะเวลาที่ใช้ในการลงเกาะของตัวอ่อน *E. thurstoni* ที่สั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอ่อนที่ไม่ถูกกระตุ้น ซึ่งเป็นข้อดีในการศึกษาพัฒนาการหลังการลงเกาะที่สามารถกำหนดและทราบจำนวนที่แน่นอนของตัวอ่อนในการลงเกาะแต่ละครั้ง ทั้งนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการลงเกาะตามธรรมชาติของ *E. thurstoni* และ *E. turbinata* อาจใช้เวลาในการลงเกาะโดยอิสระไม่แตกต่างกัน (Bingham and Young, 1991; Mendola, 2000)

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งของแสงคือเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการปล่อยตัวอ่อนของเพรียงหัวหอมโดยทั่วไปจากโคโลนีพ่อแม่พันธุ์ พบว่า *E. turbinata* ที่เลี้ยงในถังเลี้ยงที่ควบคุมสภาพแวดล้อม มีช่วงเวลาการปล่อยตัวอ่อนที่แน่นอนในช่วงเวลาที่ทำการเหนี่ยวนำโดยใช้แสงสว่างที่มีความเข้มสูงแทนความสว่างปกติในช่วงเวลากลางวัน (Mendola, 2000) ทั้งนี้ เพรียงหัวหอมหลายชนิดในธรรมชาติมีการเลือกเวลาในการลงเกาะในช่วงดวงอาทิตย์ขึ้นและตก (Monniot et al., 1991) เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการปล่อยตัวอ่อนของพ่อแม่พันธุ์เพรียงหัวหอมบางชนิดในธรรมชาติ และอาจมีปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมต่อตัวอ่อนเพรียงหัวหอมบางชนิดในช่วงเวลาดังกล่าว

3. การเติบโตของตัวอ่อนในโรงเพาะเลี้ยงและในทะเล

จากการศึกษาตัวอ่อน *E. thurstoni* ในโรงเพาะเลี้ยงพบว่า ตัวอ่อนไม่มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น และเริ่มมีการลดจำนวนลงหลังการลงเกาะ 24 ชั่วโมง จนไม่พบตัวอ่อนมีชีวิตรอดในวันที่ 21 ของการศึกษา อย่างไรก็ตาม ตัวอ่อนมีขนาดตัวเพิ่มขึ้น จาก 0.1 เซนติเมตรขณะเริ่มต้น และมีขนาดสูงสุดที่ 0.27 เซนติเมตร เมื่อมีอายุ 14 วันหลังการลงเกาะ แตกต่างจากการเติบโตของตัวอ่อน *E. thurstoni* ที่ทำการเลี้ยงในทะเล โดยมีการเติบโตสูงสุดที่ช่วงอายุ 20 วัน ขนาดเฉลี่ยสูงสุด 0.82 เซนติเมตร พบตัวอ่อนที่เกิดใหม่จากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ทั้งนี้ตัวอ่อนทั้งหมดมีอายุตลอดการทดลอง 36 วัน

การที่ตัวอ่อน *E. thurstoni* ในโรงเพาะเลี้ยง มีเพียงพัฒนาการสู่ระยะวัยรุ่น แต่ไม่สามารถพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยและไม่สามารถเพิ่มจำนวนตัวโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้นั้น อาจเนื่องมาจากปัจจัยเรื่องอาหารที่จำกัดในระบบเลี้ยง เนื่องจากในการศึกษาค้างนี้ ไม่มีการเสริมอาหารให้แก่ตัวอ่อนที่เลี้ยงในระบบเลี้ยง อาหารที่ได้รับจึงเป็นอาหารธรรมชาติที่ผ่านระบบกรองด้วยทรายเข้ามากับน้ำเท่านั้น ซึ่งคาดว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการ ปัจจัยเรื่องอาหารนั้นมีความสำคัญต่อการเติบโตของเพรียงหัวหอมมากเช่นกัน ดังเช่นการทดลองเลี้ยง *E. turbinata* ในระบบเลี้ยงที่พบว่า การให้อาหารจำพวกแพลงก์ตอนพืชต่างชนิดกันและในปริมาณที่ต่างกัน ทำให้ *E. turbinata* มีการเติบโตที่แตกต่างกัน (Duckworth et al., 2004)

สำหรับ ตัวอ่อน *E. thurstoni* ที่แยกนำไปเลี้ยงในทะเลสามารถพัฒนาได้ทั้งขนาดและจำนวนที่มากกว่า ทั้งนี้เป็นการเพิ่มจำนวนตัวโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศด้วยการแตกหน่อ (Nakauchi, 1982; Watanabe, 1988) อีกประการหนึ่ง การที่เพรียงหัวหอมในทะเลมีขนาดใหญ่กว่าในระบบเลี้ยงในโรงเพาะเลี้ยงนั้น เนื่องจากในทะเลมีอาหารตามธรรมชาติที่ต้องการและมีความสมบูรณ์มากกว่าในระบบเลี้ยงของโรงเพาะเลี้ยง (Bingham and Walters, 1989; Duckworth et al., 2004) มีรายงานว่า การเพาะเลี้ยงเพรียงหัวหอม Botryllid ในประเทศญี่ปุ่น เป็นการเลี้ยงในทะเลภายหลังจากการได้ตัวอ่อนจากการเตรียมในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เพื่อลดปัจจัยเรื่องอาหารและเพิ่มความสมบูรณ์ของโคลนี (Saito and Okuyama, 2003)

4. ช่วงชีวิตหลังการลงเกาะในโรงเพาะเลี้ยงและในทะเล

เพรียงหัวหอม *E. thurstoni* จากธรรมชาติที่นำมาศึกษาช่วงชีวิตในโรงเพาะเลี้ยงพบว่า มีอายุประมาณ 25 วัน ซึ่งเป็นช่วงอายุที่สั้นกว่าที่ทำการเลี้ยงในทะเลที่มีอายุประมาณ 60 วัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยเรื่องอาหารเช่นเดียวกับปัญหาในการเติบโตของตัวอ่อน *E. thurstoni* ในโรงเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ เมื่อนำโคลนีของ *E. turbinata* ตามธรรมชาติจากทะเลคาริบเบียนไปทดลองเลี้ยงในพื้นที่ต่างกัน มีผลต่อการเติบโตที่แตกต่างกัน (Bingham and young, 1991) อนึ่ง *E. turbinata* ในธรรมชาติมีช่วงอายุประมาณ 60–90 วัน (Millar, 1971; Mendola, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับอายุของ *E. thurstoni* ในธรรมชาติจากการศึกษาค้างนี้ที่ 60 วัน

5. องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหาร

จากการศึกษาองค์ประกอบของอาหารในระบบทางเดินอาหารของ *E. thurstoni* ในเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เพรียงหัวหอมมีการเจริญเต็มที่ในธรรมชาติ พบแพลงก์ตอนพืชจำพวกไดอะตอม 5 ชนิด จากแพลงก์ตอนพืช 16 ชนิดที่พบในธรรมชาติช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการพบแพลงก์ตอนพืชจำพวกไดอะตอมในทางเดินอาหารของเพรียงหัวหอม 5 ชนิด ได้แก่ *Chelyosoma productum*, *Pyura haustor*, *Ascidia callosa*, *Boltenia villosa* และ *Styela gibbsii* ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณเกาะซานฮวน (San Juan Islands) รัฐวอชิงตัน (Bingham and Walters, 1989) นอกจากนั้น ในทางเดินอาหารของ *E. thurstoni* ยังพบทั้งอนุภาคของสารอินทรีย์ขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งเพรียงหัวหอมโดยทั่วไปสามารถกินสารอินทรีย์เป็นอาหารได้ (Satoh, 1994) และจุลชีพขนาดเล็กจำนวนมากปะปนอยู่ เช่นเดียวกับที่พบจุลชีพอาศัยร่วมกับ *E. turbinata* (Mendola, 2000)

ทั้งนี้ การที่มีสารอินทรีย์ในกระเพาะอาหารนั้น อาจเป็นไปได้ทั้งในกรณีที่ *E. thurstoni* นำสารอินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย เพื่อเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลชีพที่อาศัยร่วมอยู่ในทางเดินอาหารอันเป็นการใช้ประโยชน์ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย หรือเพื่อใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์โดยตรง อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถระบุเหตุผลที่ชัดเจนในความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันระหว่างจุลชีพที่พบในกระเพาะอาหารของ *E. turbinata* (Mendola, 2000) อีกประการหนึ่ง ไดอะตอมที่พบในทางเดินอาหารของ *E. thurstoni* อาจไม่ใช่อาหารหลักเนื่องจากพบในปริมาณที่น้อยมาก และมีเซลล์ส่วนใหญ่ที่มีสภาพไม่สมบูรณ์ทำให้ยากต่อการนับจำนวนและจำแนกชนิด

ดังนั้น องค์ประกอบหลักในทางเดินอาหารที่พบใน *E. thurstoni* ซึ่งได้แก่สารอินทรีย์ที่แขวนลอยในมวลน้ำนั้นจึงอาจเป็นอาหารหลัก เช่นเดียวกับเพรียงหัวหอมทั่วไปที่กินอาหารโดยการกรองกินแพลงก์ตอนขนาดเล็ก รวมถึงสารอาหารแขวนลอยในมวลน้ำ (Satoh, 1994) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราส่วนของ

คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน ของอนุภาคอินทรีย์ที่พบในทางเดินอาหารของเพรียงหัวหอมในธรรมชาติกับสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำ ถึงแม้ว่าจะพบในอัตราส่วนที่ต่ำแต่ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าอนุภาคอินทรีย์ที่พบในทางเดินอาหารของเพรียงหัวหอมมาจากการนำสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำเข้าสู่ร่างกาย

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพแห่งประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_347008

เอกสารอ้างอิง

- Berrill, N.J. 1975. Chordata: tunicate. In Giese, A.C. and J.S. Pearse (eds.), Reproduction of Marine Invertebrates, pp. 241-282. Academic Press, New York.
- Bingham, B.L. and L.J. Walters. 1989. Solitary ascidians as predators of invertebrate larvae: evidence from gut analyses and plankton samples. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 131: 147-159.
- Bingham, B.L. and C.M. Young. 1991. Larval behavior of ascidian *Ecteinascidia turbinata* Herdman; an in situ experimental study of the effects of swimming on dispersal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 145: 189-204.
- Campbell, N.A., J.B. Reece and L.G. Mitchell. 1999. Biology. 5th ed. Addison-Wesley, USA.
- Duckworth, A.R., G.A. Samples, A.E. Wright and S.A. Pomponi. 2004. In vitro culture of the ascidian *Ecteinascidia turbinata* to supply the antitumor compounds ecteinascidins. *Aquaculture* 241: 427-439.
- Forward, R.B., J.M. Welch and C.M. Young. 2000. Light induced larval release of a colonial ascidian. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 248: 225-238.
- Hirose, E., M. Akahori, A.T. Oka and Kurabayashi. 2004. Some *Prochloron*-bearing didemnid ascidians collected from the reef shores of Iriomote Island (Okinawa, Jpn). *Biol. Mag. Okinawa* 42: 7-15.
- Lee, H. 1984. Fast swimming speeds of ciliated marine invertebrate larvae: potential importance at the time of settlement. *Am. Zool.* 24: 131A.
- Mendola, D. 2000. Aquacultural production of bryostatin 1 and ecteinascidin 743. In Fusetani, N. (ed.), Drugs From the Sea, pp 120-133. Karger, Basel.
- Millar, R.H. 1971. The biology of ascidians. *Adv. Mar. Biol.* 9: 1-100.
- Monniot, C., F. Monniot and P. Laboute. 1991. Coral Reef Ascidians of New Caledonia. OSTROM, Paris.
- Nakauchi, M. 1982. Asexual development of ascidians: its biological significance, diversity and morphogenesis. *Am. Zool.* 22: 63-753.
- Ruppert, E.E. and R.D. Barnes. 1994. Invertebrate Zoology. 6th ed. Saunders College Publishing, USA.
- Saito, Y. and M. Okuyama 2003. Studies on Japanese botryllid ascidians. IV. A new species of the genus *Botryllus* with a unique colony shape, from the vicinity of Shimoda. *Zoological science* 20: 1153-1161.
- Satoh, N. 1994. Developmental Biology of Ascidians. Cambridge University Press, USA.
- Sherrard, K.M. and M. LaBarbera. 2005. Form and function in juvenile ascidians. I. Implications of early juvenile morphologies for performance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 287: 127-138.
- Thorson, G. 1964. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia* 1: 167-208.
- Watanabe, H. 1988. Colonial ascidians. *Development of Invertebrates* 2: 490-539.
- Young, C.M. 1986. Direct observations of field swimming behavior in larvae of the colonial ascidian *Ecteinascidia turbinata*. *Bull. Mar. Sci.* 39: 279-289.

ความหลากหลายของด้วงมูลสัตว์ในสภาพนิเวศวิทยาที่แตกต่างกัน ในแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ยุพา หาญบุญทรง และ มงคล ไพรัชชีวะ

ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract: The Diversity of Dung Beetles in Different Ecosystems in Sakaerat Biosphere, Nakhon Ratchasima

Yupa Hanboonsong and Mongkhon Praikhiaw

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Muang, Khon Kaen 40002

The diversity and population dynamics of dung beetles in six different ecosystems (agroecosystem, reforestation, disturbed deciduous dipterocarp forest, dry-evergreen forest, plantation, and undisturbed deciduous dipterocarp forest) at Sakaerat Biosphere, Nakhon Ratchasima, were monitored from April 2000 to June 2002. A total of 22,177 individuals from 117 dung beetle species of 2 families (Aphodiidae and Scarabaeidae) were recorded. The dung beetles comprised 6 tribes and 11 genera, including *Aphodius*, *Caccobius*, *Cassolus*, *Catharsius*, *Copris*, *Onthophagus*, *Paragymnopleurus*, *Panellus*, *Phacosoma*, *Sisyphus* and *Synopsis*, in the family Scarabaeidae. Based on nesting behavior, three dung beetle groups were determined. First was the tunneller group which showed the highest species abundance at 84%; the second was the dweller group with 15% of the species abundance and the last group was the roller with only 1% of the species abundance. The results also showed no significant differences in the number of species of dung beetles among all studied sites while the abundances of dung beetles among locations were significantly different. The highest abundance occurred in the undisturbed deciduous dipterocarp followed by the agroecosystem, disturbed deciduous dipterocarp forest, dry-evergreen forest, and plantation. The Reforestation area showed the lowest abundance of dung beetles.

A diversity index for each habitat site was calculated using Fisher's alpha index. The results showed that the reforestation had the highest species diversity at 14.377 while the dry evergreen forest showed the least species diversity at 9.710. However, other habitat sites showed no difference in the species diversity index. A cluster analysis of dung beetle species components in each habitat was conducted using the Sorensen (Bray-Curtis) method. Three clusters were classified. The dung beetle species from the reforestation, the undisturbed deciduous dipterocarp forest and the disturbed deciduous dipterocarp forest clustered together. The second cluster comprised the plantation and the dry evergreen forest. The third cluster contained the species component from the agroecosystem. The dung beetle population abundance was correlated with the rainfall. A small number of dung beetles occurred during the dry season and the highest number of dung beetles were captured during the rainy season. However, the temperature had no effect on the numbers of dung beetles. The amount of tree canopy cover was inversely correlated with dung beetle abundance.

Key words: Sakaerat Biosphere, Scarabaeinae, Fisher's alpha index, dung beetles

บทนำ

แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 50,000 ไร่ ตั้งที่บริเวณอำเภอบักรังชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นหนึ่งในสี่ของพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลทั้งหมดของประเทศไทยที่ได้รับการจัดตั้งเป็นแหล่งสงวนชีวมณฑลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 โดยองค์การ UNESCO ภายใต้โครงการมนุษย์และชีวมณฑล (Man and Biosphere) เพื่อใช้เป็นแหล่งดำเนินการวิจัยและฝึกอบรมเกี่ยวกับผลกระทบทางนิเวศวิทยาระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้ประโยชน์และการอนุรักษ์ทรัพยากร ภายใต้ขอบเขตของธรรมชาติและสังคมเพื่อปรับปรุงความ

สัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม และทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายหน้าอันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สภาพนิเวศวิทยาทั่วไปในพื้นที่ชีวมณฑลประกอบด้วยป่าดิบแล้ง เป็นส่วนใหญ่ โดยมีพันธุ์ไม้ที่สำคัญประกอบด้วย ตะเคียนหิน ตะเคียนทอง ชัน กระบก เป็นต้น รองลงมาเป็นป่าเต็งรัง เป็นป่าโปร่งมีพันธุ์ไม้ที่สำคัญได้แก่ เต็ง รัง พลวง เหียง พะยอม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีป่าไผ่และป่าปลุก ส่วนใหญ่เป็นไม้โตเร็วได้แก่ กระถินเทพา กระถินณรงค์ และซ้อ สัตว์ป่าที่สำรวจพบในพื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราชมีประมาณ 380 ชนิด เป็นสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม 7 ชนิดได้แก่ เก้ง เลียงผา หมูป่า หมายป่า หมูป่า เป็นต้น สัตว์ปีกมีประมาณ 200 ชนิด ประกอบด้วย ไก่ฟ้า พะยาลอ ไก่ป่า และนกชนิดต่างๆ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 25 ชนิด และสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 82 ชนิด จากจำนวนสัตว์ดังกล่าวเป็นสัตว์หายากและใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ เสือโคร่ง กวางป่า นกยูง พญากระรอกสีด้า ไก่ป่าหลังขาว เป็นต้น (ประมุข, 2545)

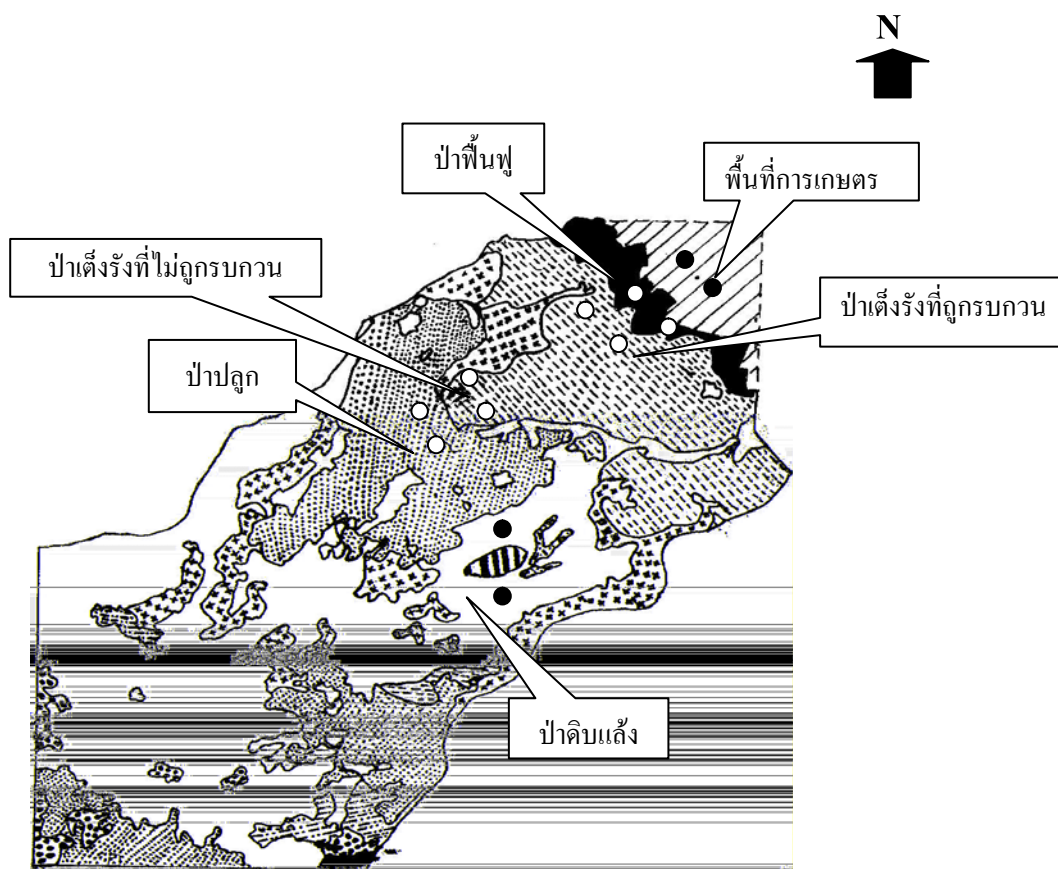
ลักษณะของพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลนั้นประกอบด้วยพื้นที่สามส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นพื้นที่ศูนย์กลางซึ่งเป็นพื้นที่ตัวแทนระบบนิเวศวิทยาธรรมชาติที่มีการอนุรักษ์อย่างเข้มข้น โดยพื้นที่นี้จะใช้เป็นพื้นที่หลักเพื่อติดตามผลกระทบของธรรมชาติที่เกิดจากมนุษย์ ส่วนที่สองเป็นพื้นที่แนวป้องกันอยู่รอบนอกล้อมรอบพื้นที่ส่วนกลางเพื่อเป็นแนวป้องกันให้กับพื้นที่ส่วนกลางและใช้เป็นพื้นที่สำหรับการศึกษาดูแลและวิจัยต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพระบบนิเวศ และส่วนสุดท้ายเป็นพื้นที่บริเวณรอบนอกซึ่งยอมให้มนุษย์เข้าไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำการเกษตร หาดของป่า (สำนักเลขาธิการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ, 2531) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันความต้องการที่ทำกินและที่อยู่อาศัยของมนุษย์เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การหาของป่า การทำการเกษตร โดยส่วนใหญ่แล้วเหตุการณ์เช่นนี้มักเกิดขึ้นกับพื้นที่อนุรักษ์ที่มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่การเกษตรและชุมชน เช่นเดียวกันกับพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชที่เป็นพื้นที่ตัวอย่างของระบบนิเวศบนโลกที่อนุรักษ์พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ให้อยู่ตามสภาพธรรมชาติ ดังนั้น การตรวจสอบติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพระบบนิเวศของพื้นที่สงวนชีวมณฑลจึงมีความจำเป็น เพื่อให้ได้ทราบข้อมูลที่จะสามารถนำมาใช้จัดการทรัพยากรภายในพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถใช้สิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์และแมลง ภายในระบบนิเวศของแหล่งนั้นๆ เป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศได้เป็นอย่างดี ข้อมูลสัตว์เป็นแมลงที่มีนิเวศวิทยาและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในระบบนิเวศ ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกันกับสิ่งมีชีวิตในกลุ่มอื่นๆ แต่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชโดยการใช้ข้อมูลสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเป็นดัชนีติดตามนั้นยังไม่เคยมีมาก่อน

ดังนั้นการศึกษาความหลากหลายของข้อมูลสัตว์ภายในเขตพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชในครั้งนี้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของข้อมูลสัตว์กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่และปัจจัยด้านอื่นๆ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการจัดการและอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ต่อไป

วิธีการ

ทำการกำหนดแปลงทดลองในแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชใน 6 สภาพพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าพื้นที่ป่าเต็งรังที่ถูกครอบงวน พื้นที่ป่าเต็งรังที่ไม่ถูกครอบงวน พื้นที่ป่าปลุก และพื้นที่ป่าดิบแล้งโดยแต่ละสภาพมีพื้นที่ละ 2 แปลง ขนาดแปลงละ 20x20 เมตร โดยมีสภาพแวดล้อมของแปลงทดลองในพื้นที่แต่ละแห่งคล้ายกันหรือใกล้เคียงกันที่สุด กำหนดให้ระยะห่างระหว่างแปลง 500 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงกับแนวเขตพื้นที่ห่างกัน 200 เมตร โดยกำหนดให้แปลงทดลองระหว่างพื้นที่แต่ละแห่งที่มีเขตพื้นที่ติดต่อกันอยู่ในแนวเดียวกัน (ภาพที่ 1) วางกับดักแบบหลุมตกมีเหยื่อล่อโดยใช้มูลสุกรเป็นเหยื่อล่อ ในแปลงทดลองละ 5 กับดักโดยวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมุมละ 1 กับดัก และ

วางตรงจุดกึ่งกลางอีก 1 กับดัก ระยะห่างระหว่างกับดักแต่ละอันห่างกันประมาณ 10 เมตร ทำการวางกับดักในช่วงเวลา 16.00 – 18.00 น. ทิ้งไว้หนึ่งคืนแล้วจึงทำการเก็บกับดักในตอนเช้าระหว่างเวลา 6.00 – 9.00 น. ติดตามชนิดและประชากรตัวมดทุกตัว 2 เดือนเป็นเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนเมษายน 2543 – เดือนมิถุนายน 2545 นำตัวมดที่ได้อะไรมาล้างทำความสะอาด นับจำนวน นำไปปักเข็มจัดรูปร่างเพื่อทำตัวอย่างแห้ง อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 24 – 48 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างตัวมดที่ได้อะไรไปวิเคราะห์ชนิดโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างตัวมดจากพิพิธภัณฑ์แมลงภาคกีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นอกจากนี้ยังศึกษาปัจจัยของร่มเงาที่มีผลต่อการกระจายของตัวมดได้แก่ การวัดเปอร์เซ็นต์พื้นที่ปกคลุมชั้นเรือนยอดของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาโดยใช้ เครื่อง Spherical densiometer (Lemon, 1957) จากนั้นทำการวิเคราะห์หาจำนวนชนิด (species richness) และดัชนีความหลากหลายของตัวมด โดยใช้ alpha diversity index ด้วยโปรแกรม EstimateS 6.0b1 (Colwell, 2000) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวมดกับพื้นที่แต่ละสภาพ โดยโปรแกรม PC-ORD version 4 (McCune et al., 1999)

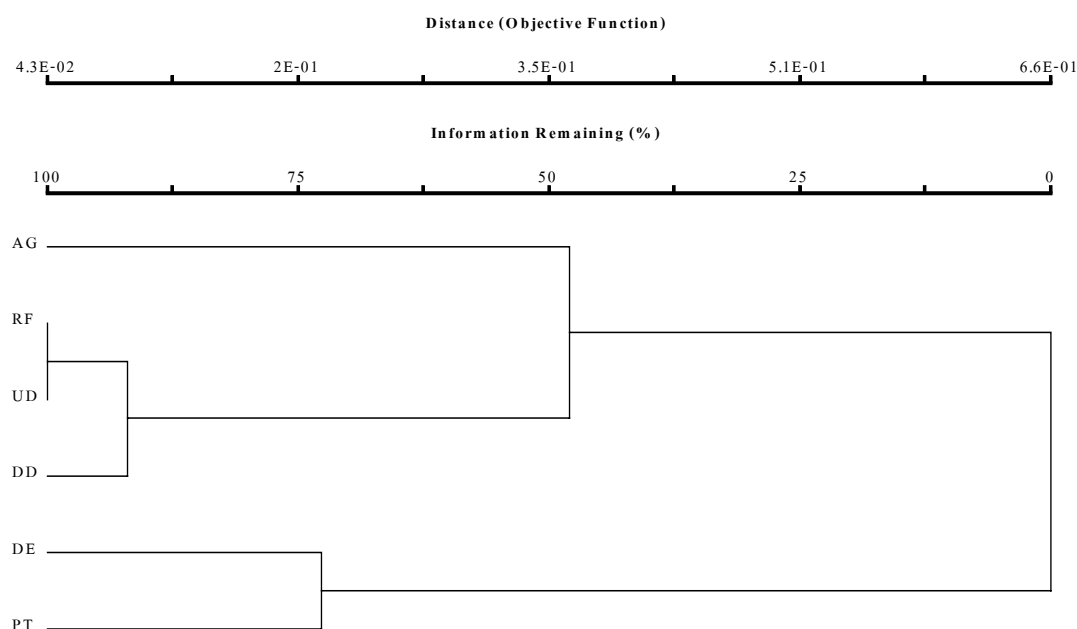


ภาพที่ 1. แผนที่การวางแปลงทดลองในพื้นที่แต่ละแห่งในแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราช

ผลการวิจัย

จากการเก็บตัวอย่างและสำรวจจัดตามความหลากหลายของตัวมดในแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราช อ.ปักธงชัย และ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา จาก 6 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าพื้นที่ฟู พื้นที่ป่าเต็งรังที่ถูกรบกวน พื้นที่ป่าเต็งรังที่ไม่ถูกรบกวน พื้นที่ป่าปลุก และพื้นที่ป่าดิบแล้ง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2543 – เดือนมิถุนายน 2545 พบตัวมดจำนวน 117 ชนิด จากตัวมด 11 สกุล ได้แก่ สกุล *Aphodius*, *Caccobius*, *Cassolus*, *Catharsius*,

พื้นที่ป่าพื้นฟูมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 14.39 ส่วนในพื้นที่ป่าปลูกมีค่าดัชนีความหลากหลายน้อยที่สุดเท่ากับ 9.72 แต่ไม่มีความแตกต่างกับในพื้นที่อื่นๆ การกระจายตัวของตัวมูลสัตว์ในแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชโดยรวมทั้งหมด และพื้นที่ย่อยแต่ละแห่งในแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชได้แก่ พื้นที่ป่าพื้นฟู และป่าเต็งรังทั้งสองแห่งมีการกระจายแบบที่จำนวนชนิดของตัวมูลสัตว์ที่พบมากและสม่ำเสมออยู่น้อย แต่ชนิดที่พบน้อยและไม่สม่ำเสมออยู่มาก ในขณะที่พื้นที่การเกษตร ป่าดิบแล้ง และป่าปลูก มีการกระจายตัวแบบที่มีสัดส่วนของชนิดตัวมูลสัตว์ที่พบได้ทุกๆ ไป มาก รวมทั้งมีสัดส่วนของชนิดตัวมูลสัตว์ที่พบได้มาก และชนิดที่พบได้ยากอยู่น้อย และเมื่อนำมาเปรียบเทียบและคำนวณหาชนิดที่พบร่วมกันในพื้นที่แต่ละแห่ง (share species) เพื่อจัดกลุ่มพื้นที่ตามการกระจายตัวของชนิดตัวมูลสัตว์ (cluster analysis) โดยใช้วิธีการของ Sorensen (Bray-Curtis) (อุทิศ, 2541) และวิเคราะห์องค์ประกอบของชนิดที่กระจายในพื้นที่แต่ละแห่ง และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของพื้นที่ (dendrogram) เพื่อแสดงความคล้ายกันของพื้นที่ที่สามารถแบ่งกลุ่มพื้นที่ตามความคล้ายกันของชนิดตัวมูลสัตว์ได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่งประกอบด้วยพื้นที่ป่าพื้นฟู พื้นที่ป่าเต็งรังที่ถูกรบกวน และพื้นที่ป่าเต็งรังที่ไม่ถูกรบกวน กลุ่มที่สองประกอบด้วยพื้นที่ป่าปลูกและพื้นที่ป่าดิบแล้ง ส่วนพื้นที่การเกษตรมีชนิดตัวมูลสัตว์ในพื้นที่แตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ มากโดยมีระยะห่างระหว่างกลุ่มดังภาพที่ 3



หมายเหตุ: AG = พื้นที่การเกษตร RF = ป่าพื้นฟู DD = ป่าเต็งรังที่ถูกรบกวน
UD = ป่าเต็งรังที่ไม่ถูกรบกวน PT = ป่าปลูก DE = ป่าดิบแล้ง

ภาพที่ 3. แผนภาพแสดงความคล้ายกันของชนิดตัวมูลสัตว์ในแต่ละพื้นที่ของแหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราช

นอกจากนี้จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่มีผลต่อจำนวนและชนิดของตัวมูลสัตว์พบว่าจำนวนตัวมูลสัตว์ที่จับได้ในแต่ละครั้งไม่มีความสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในพื้นที่แต่อย่างใด แต่จำนวนของตัวมูลสัตว์มีความสัมพันธ์ผกผันกับพื้นที่ปกคลุมของชั้นเรือนยอดของต้นไม้หรือร่มเงาในพื้นที่ โดยพบว่าในพื้นที่ที่มีชั้นเรือนยอดปกคลุมอยู่มากได้แก่พื้นที่ป่าดิบแล้งมีร่มเงามากกว่าในพื้นที่อื่นๆ โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ปกคลุมของชั้นเรือนยอดมากที่สุดเท่ากับ 94.85% นั้นพบจำนวนตัวมูลสัตว์น้อย ในขณะที่พื้นที่ที่มีชั้นเรือนยอดปกคลุมน้อยได้แก่พื้นที่ทำการเกษตรนั้นมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ปกคลุมของชั้นเรือนยอดน้อยสุดเท่ากับ 66.98% สามารถจับตัวมูลสัตว์ได้จำนวนมาก

บทสรุป

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างด้วงมูลสัตว์ด้วยการวางกับดักหลุมตักมีมูลสุกสดเป็นเหยื่อล่อเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงประชากรและสำรวจความหลากหลายของด้วงมูลสัตว์ในพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชตั้งแต่เดือนเมษายน 2543 – มิถุนายน 2545 พบด้วงมูลสัตว์จำนวน 117 ชนิด พื้นที่นี้ยังมีความหลากหลายของจำนวนชนิดด้วงมูลสัตว์ที่มากพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Hanboonsong และคณะ (1999) ที่พบจำนวนด้วงมูลสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 154 ชนิด จาก 7 เผ่าพันธุ์ จำนวน 15 สกุล แสดงให้เห็นว่าพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชยังมีความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้และสัตว์ป่าอยู่ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีระบบนิเวศป่าไม้หลายรูปแบบมีทั้งป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าไผ่ ทำให้มีความหลากหลายของพืชอาหารของสัตว์ป่าหลายชนิดนอกจากนี้ยังมีการจัดการพื้นที่ให้มีความเหมาะสมต่อการอยู่ร่วมกันระหว่างมนุษย์และธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม คือมีพื้นที่ที่อนุรักษ์และบางส่วนยังให้ประชาชนเข้าไปใช้ประโยชน์จากพื้นที่ (ประมุข, 2545) ซึ่งทำให้ประชาชนรู้สึกหวงแหนและอนุรักษ์พื้นที่ซึ่งเป็นประโยชน์โดยตรง จึงเป็นการอนุรักษ์ความหลากหลายของพื้นที่ไว้ได้อย่างดี

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความหลากหลายของชนิดด้วงมูลสัตว์ในพื้นที่การศึกษาแต่ละแห่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าพื้นที่บางแห่งที่มีจำนวนชนิดของด้วงมูลสัตว์มากโดยเฉพาะพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ป่าพื้นที่ที่พบจำนวนชนิดของด้วงมูลสัตว์มากถึง 68 ชนิด ซึ่งมีจำนวนชนิดมากกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติอย่างเช่น ป่าดิบแล้ง ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของพื้นที่การเกษตรมีการปลูกพืชร่วมกันหลายชนิด โดยมีทั้งพืชไร่ ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด พืชผักสวนครัว ได้แก่ ข่า ตะไคร้ มะกรูด พริก และไม้ผล ได้แก่ มะม่วง ลำไย น้อยหน่า ซึ่งมีการหมุนเวียนปลูกในแต่ละรอบปี ไม่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชใดๆ นอกจากนี้พืชไร่ที่ปลูก การเกษตรนั้นยังมีชุมชนและมีการเลี้ยงสัตว์หลายชนิด เช่น โค ไก่ และสุกร เป็นต้น ซึ่งทำให้พื้นที่การเกษตรมีความหลากหลายของสัตว์มาก ส่งผลทำให้ความหลากหลายของด้วงมูลสัตว์มีมากด้วย ส่วนพื้นที่ที่เป็นป่าธรรมชาตินั้นถึงมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ซึ่งเกิดจากกิจกรรมหลายลักษณะแต่ก็ไม่มีผลต่อความหลากหลายของด้วงมูลสัตว์มากนัก ซึ่งเป็นลักษณะของสภาพพื้นที่ที่มีสัตว์ป่า ดังนั้น พื้นที่ป่าพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่มีลักษณะของการทดแทนของพืชเพื่อเข้าสู่สภาพเดิมเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่เคยเป็นไร่ร้างมาก่อนแต่ในปัจจุบันมีการป้องกันและรักษาพื้นที่ไว้ ไม่มีการเข้ารบกวนหรือมีกิจกรรมใดๆ จนมีความอุดมสมบูรณ์ของพืชเพิ่มมากขึ้นดังจะเห็นได้จากจำนวนชนิดของพืชที่สำรวจพบและพื้นที่ปกคลุมของชั้นเรือนยอดค่อนข้างสูง ในการฟื้นตัวของพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะการทดแทนเพื่อกลับไปสู่สภาพเดิมก่อนการถูกทำลาย โดยเริ่มต้นด้วยพืชเบิกนำกลุ่มต่างๆ ตั้งแต่พืชชั้นต่ำจนถึงไม้เลื้อยชนิดต่างๆ (Clements, 1916; ดอกกรีก, 1995 อ้างถึงใน อุทิศ, 2541) จากการทดแทนดังกล่าวทำให้พื้นที่ป่าพื้นที่นี้มีสภาพใกล้เคียงกับป่าเบญจพรรณซึ่งเป็นป่าผสมผลัดใบโดยจำแนกตามลักษณะพันธุ์ไม้ที่พบในพื้นที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ๆ เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ป่าค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นป่าที่มีเรือนยอดค่อนข้างสูงและไม่ขาดตอนมาก มีส่วนของแสงตกถึงพื้นได้มาก จึงมีพืชล้มลุกและไม้พื้นล่างอยู่หนาแน่นซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่เป็นอาหารของสัตว์กินพืชและแมลงทั่วไป เมื่อมีสัตว์กินพืชมากชนิดและมีปริมาณมากก็ทำให้มีสัตว์กินเนื้อเข้ามาอาศัยมากด้วย (อุทิศ, 2541) ซึ่งมีผลทำให้ความหลากหลายของด้วงมูลสัตว์ในพื้นที่ดังกล่าวสูงด้วย

ในพื้นที่ป่าเต็งรังทั้งสองแห่งนั้นมีจำนวนชนิดด้วงมูลสัตว์ไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ป่าเต็งรังเป็นพื้นที่ที่มีอาหารของสัตว์ป่าอยู่เป็นจำนวนมาก แม้ว่าในพื้นที่ป่าเต็งรังที่ถูกรบกวนจะมีไฟป่าเข้าบ้าง แต่ก็ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ลักษณะของป่าเต็งรังคงอยู่ได้ (Kuchler and Sawyer, 1967; Cooling, 1968 อ้างถึงใน อุทิศ, 2541) และไฟป่ายังช่วยเผาพืชที่แก่ให้หมดไป หลังจากนั้นพืชจะแตกหน่อใหม่ ใบใหม่ ซึ่งเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงสำหรับสัตว์ป่า (ทวี และอนุช, 2540) นอกจากนี้สังคมพืชพื้นล่างเป็นพืชที่เป็นอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ทำให้ชนิดและปริมาณของสัตว์ในพื้นที่มีจำนวนมาก (อุทิศ, 2541) เช่นเดียวกับกับพื้นที่ป่าพื้นที่ที่มีจำนวนชนิดด้วงมูลสัตว์มากด้วย และจะเห็นว่าพื้นที่ป่าปลูกนั้นพบจำนวนชนิดของด้วงมูลสัตว์มากเช่นกันทั้งนี้เนื่องจากการปลูกป่าเป็นการปลูกเพิ่มเติมทดแทนพื้นที่เดิมที่เคยถูกทำลาย ซึ่งเป็นการจัดการพื้นที่อย่างหนึ่งคือ การปลูกป่าช้ากว่ากำหนดเป็นการเปิดโอกาสให้พืชอาหารสัตว์ป่ามีมากต่อไป ซึ่งเป็นการปรับปรุงที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าอย่างหนึ่งและเป็นสาเหตุให้ปริมาณ

สัตว์ป่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของพืช (ทวี และอนุช, 2540) จากการสำรวจพื้นที่เพื่อเปลี่ยนแปลง ทดลองวางกับดักพบว่าพื้นที่ป่าปลูกนี้บางส่วนยังเป็นป่าดั้งเดิมและนอกจากนี้ยังมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ป่าเต็งรังที่ ไม่ถูกรบกวน ทำให้ป่าปลูกสามารถใช้เป็นที่พักอาศัยและหลบภัยในบางครั้งได้ อย่างเช่นนกวางหากินในทุ่งหญ้าและหลบ พักอาศัยในป่า และป่าปลูกยังมีชั้นเรือนยอดไม่หนาแน่นมากซึ่งส่งผลให้พืชพื้นล่างสามารถรับแสงแดดได้บ้าง พืช อาหารของสัตว์ป่าจึงเจริญได้ดี ในขณะที่พื้นที่ป่าดิบแล้งเป็นพื้นที่ที่มีชั้นเรือนยอดปกคลุมอยู่มากพืชส่วนใหญ่เป็นไม้ ยืนต้น โดยมีส่วนที่เป็นอาหารของสัตว์ที่อาศัยหากินอยู่บนชั้นเรือนยอดและนกเป็นส่วนใหญ่ แต่ป่าดิบแล้งยังเป็นพื้นที่หลบ อาศัยของสัตว์ป่าในช่วงฤดูแล้ง (ทวี และอนุช, 2540) ซึ่งเป็นช่วงที่ตัวมูลสัตว์ส่วนใหญ่ยังอยู่ในดินและออกมาเมื่อมีฝน ตก ซึ่งทำให้ดินมีความอ่อนนุ่ม ตัวมูลสัตว์สามารถตัดและขุดดินเพื่อขึ้นมานบนพื้นได้ (Montes et al., 1995) จึงทำให้มี ความหลากหลายของตัวมูลสัตว์น้อยกว่าที่อื่นๆ

เมื่อนำจำนวนชนิดและจำนวนตัวมูลสัตว์ที่พบในพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มา คำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลายโดยวิธีของ Fisher มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 15.5814 และมีการกระจาย ตัวของข้อมูลที่เข้ารูปแบบ log – series คือมีสัดส่วนของชนิดที่พบได้บ่อยอยู่น้อยชนิดในขณะที่ชนิดที่พบได้ยากมีสัดส่วน ที่สูงและเป็นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ที่กำลังถูกรบกวนซึ่งเปลี่ยนจากการ กระจายตัวแบบ log – normal ไปเป็นการกระจายตัวแบบ log - series ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวกำลังมีการ เปลี่ยนแปลงหรือกำลังถูกรบกวน เมื่อนำค่าดัชนีความหลากหลายในพื้นที่แต่ละแห่งพบว่าพื้นที่ป่าพื้นฟูมีความ หลากหลายของตัวมูลสัตว์มากที่สุด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ป่าค่อนข้างสูง เนื่องจากมีพืช อาหารของสัตว์ป่าเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ดึงดูดสัตว์ป่าให้เข้ามาในพื้นที่ เมื่อมีสัตว์กินพืชมากขึ้นและมี ปริมาณมากก็ทำให้มีสัตว์กินเนื้อเข้ามาอาศัยมากด้วย (อุทิศ, 2541) ซึ่งมีผลทำให้ความหลากหลายของตัวมูลสัตว์ใน พื้นที่ดังกล่าวมากด้วย ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ ค่าดัชนีความหลากหลายไม่แตกต่างกัน ยกเว้นพื้นที่ป่าดิบแล้งที่มีค่าดัชนี น้อยที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของพื้นที่ป่าดิบแล้งไม่เหมาะสมสำหรับเป็นที่หาอาหารของสัตว์ขนาดใหญ่ที่หากิน ตามพื้น (อุทิศ, 2541) และพื้นที่ยังปกคลุมด้วยชั้นเรือนยอดสูงอาจทำให้ตัวมูลสัตว์บางกลุ่มไม่ชอบ (Bryne et al., 2003) นอกจากนี้ป่าดิบแล้งเป็นป่าที่มีช่วงสภาพอากาศชื้นหลายเดือนทำให้การทำงานของแบคทีเรียและเชื้อราต่างๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อุทิศ, 2541) ซึ่งในระดับความชื้นที่สูงที่ต่อเนื่องทำให้อัตราการรอดของตัวอ่อนตัวมูล สัตว์ลดลง (Edward, 1986) ทำให้ความหลากหลายของตัวมูลสัตว์มีน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะพื้นที่ค่อนข้างเปิด ส่วนพื้นที่ป่าเต็งรังทั้งสองแห่งเป็นพื้นที่ที่มีแสงส่องถึงพื้นมาก ทำให้มีอาหารของสัตว์กินพืชมาก จำนวนสัตว์ที่เข้ามาใน พื้นที่ทั้งสัตว์ที่เป็นผู้ล่าและเป็นเหยื่อจึงมากด้วย ส่งผลให้พื้นที่แห่งนี้มีความหลากหลายของตัวมูลสัตว์สูง

สำหรับพื้นที่การเกษตรนั้นการใช้พื้นที่ที่มีการหมุนเวียนปลูกพืชที่หลากหลายและไม่มีการใช้สารเคมี นอกจากนี้ ยังมีสัตว์เลี้ยงหลายชนิด มีจำนวนของตัวมูลสัตว์ในกลุ่มที่วางไข่บนก้อนมูลโดยตรงมาก ซึ่งเป็นกลุ่มตัวที่ต้องการมูล สัตว์ขนาดใหญ่โดยเฉพาะโค กระบือ ทำให้ค่าความหลากหลายที่ได้มีค่าสูง ส่วนในพื้นที่ป่าปลูกนั้นมีค่าความหลาก หลายสูงเช่นกัน เป็นพื้นที่ที่มีการจัดการเพื่อให้สัตว์ป่ามีที่อยู่อาศัย โดยมีการปรับปรุงที่อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับการ ดำรงชีวิตและหากินของสัตว์ป่า โดยอาจเป็นการปลูกป่าช้ากว่ากำหนดเพื่อให้สัตว์ป่าเข้ามาในพื้นที่เพื่อเกิดความคุ้น เคยก่อน เป็นสาเหตุให้ปริมาณสัตว์ป่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของพืช (ทวี และอนุช, 2540) แต่จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ป่าพื้นฟูและพื้นที่ป่าเต็งรังทั้งสองแห่งมีรูปแบบการกระจายตัวของ ตัวมูลสัตว์เป็นแบบ log – series แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เหล่านี้กำลังถูกรบกวน ถึงแม้ว่าจะมีค่าดัชนีสูงก็ตาม ในขณะที่ พื้นที่การเกษตร ป่าปลูกและพื้นที่ป่าดิบแล้งมีการกระจายของข้อมูลที่เข้ารูปแบบที่แสดงให้เห็นว่าเป็นพื้นที่ที่กำลังถู กรบกวน

เมื่อนำจำนวนชนิดตัวมูลสัตว์ในพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งมาคำนวณค่าความคล้ายกันของชนิดตัวมูลสัตว์แล้ว สร้างเป็นแผนภาพแสดงการจัดกลุ่มพื้นที่ตามองค์ประกอบของชนิด (species complex) ตามวิธีการของ Sorenesen (Bray-curtis) สามารถแบ่งกลุ่มพื้นที่ออกได้เป็นสามกลุ่มพื้นที่ได้แก่ กลุ่มพื้นที่ป่าผลัดใบโดยจำแนกตาม อุทิศ (2541) ประกอบด้วย พื้นที่ป่าพื้นฟูและป่าเต็งรังทั้งสองแห่ง กลุ่มที่สองได้แก่พื้นที่ป่าปลูกกับป่าดิบแล้ง และพื้นที่การเกษตร

เป็นพื้นที่ที่แตกต่างจากกลุ่มพื้นที่อื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 2) และจะเห็นได้ว่าตัวมูลสัตว์ส่วนใหญ่มีการกระจายอยู่ในพื้นที่กลุ่มแรกค่อนข้างมาก (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ๆ มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันมีองค์ประกอบของชนิดตัวมูลสัตว์ที่อาศัยอยู่คล้ายกันสอดคล้องกับ Smith, 1966; Krebs, 1978 อ้างถึงใน อุทิศ (2541) ซึ่งกล่าวว่า สังคมแห่งชีวิตได้จากการชุมนุมของพืชและสัตว์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน มีการช่วยเหลือพึ่งพากันในการยังชีพและมีความสัมพันธ์ต่อการกันในการสร้างอินทรีย์วัตถุ

โดยสรุปจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าพื้นที่แหล่งสงวนชีวมณฑลสะแกราชมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าอยู่มาก ดังจะเห็นได้จากความหลากหลายของตัวมูลสัตว์ที่สำรวจพบมีจำนวนค่อนข้างมาก แต่ลักษณะการกระจายตัวของตัวมูลสัตว์นั้นแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวกำลังมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยพื้นที่ที่กำลังถูกรบกวนนั้นได้แก่พื้นที่ป่าฟื้นฟู และพื้นที่ป่าเต็งรัง และเมื่อพิจารณาลักษณะของสภาพพื้นที่แล้วพบว่าพื้นที่เหล่านี้เป็นป่าผลัดใบที่มีการเปลี่ยนสภาพไปตามฤดูกาล โดยจะเริ่มทิ้งใบในฤดูหนาวจนถึงฤดูแล้งและสะสมอาหารในช่วงต้นฤดูฝนจนถึงต้นฤดูหนาว จะเห็นได้ว่าระบบนิเวศภายในพื้นที่ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงดูเหมือนว่าพื้นที่กำลังถูกรบกวน ในขณะที่พื้นที่ป่าดิบแล้งและพื้นที่ป่าปลูกล้วนมีการเปลี่ยนแปลงในระบบค่อนข้างน้อย ไม่ชัดเจนมากเหมือนพื้นที่ป่าผลัดใบทั้งสามแห่ง ผลกระทบที่เกิดกับตัวมูลสัตว์จึงมีไม่มากนัก ส่วนพื้นที่การเกษตรนั้นถึงแม้จะมีกิจกรรมทางการเกษตรเช่น การไถพรวน การกำจัดวัชพืช แต่มีการปรับสภาพพื้นที่ให้มีความหลากหลายของพรรณพืชและไม่มีการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสัตว์และแมลง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของชนิดตัวมูลสัตว์แตกต่างไปจากพื้นที่ป่าธรรมชาติซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวมูลสัตว์เหล่านี้ส่วนใหญ่ น่าจะมีเขตแพร่กระจายอยู่ในพื้นที่การเกษตร ลักษณะการกระจายตัวของตัวมูลสัตว์เหล่านี้จึงไม่แสดงให้เห็นว่าเป็นพื้นที่ๆ ถูกรบกวนแต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145032

เอกสารอ้างอิง

- ทวี หนูทอง และอนุช วงศ์ชุมเย็น. 2540. การจัดการทรัพยากรสัตว์ป่า. กองอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 167 หน้า.
- ประมุข แก้วเนียม. 2545. พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช. ชีวปริทรรศน์ 4(5): 62-66.
- สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งชาติ. 2531. มนุษย์และไบโอสเฟียร์. กระทรวงศึกษาธิการ.
- อุทิศ กุญอินทน์. 2541. นิเวศวิทยาพื้นฐานเพื่อการป่าไม้. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Byrne, M., M. Dacke, P. Nordström, C. Scholtz and E. Warrant. 2003. Visual cues used by ball-rolling dung beetles for orientation. *J. Comp. Physiol. A*. 189: 411-418.
- Colwell, R.K. 2000. EstimateS: Statical estimation of species richness and shared species from SamplesVersion 6.01., User guide and application available from <http://victory.ee.uconn.edu/estimates>.
- Edwards, P. 1986. Phenology and field biology of the dung beetle *Onitis caffer* Boheman (Coleoptera: Scarabaeidae) in southern Africa. *Bulletin of Entomological Research* 76: 433-446.
- Hanboonsong, Y., S. Chunram, S. Pimpasalee, R.W. Emberson and K. Masumoto. 1999. The dung beetle fauna (Coleoptera, Scarabaeidae) of Northeast Thailand. *Elytra* 27(2): 463-469.
- Lemon, P.E. 1957. A new instrument for measuring forest overstory density. *Journal of Forestry* 55(9): 667-668.
- Masumoto, K. 2002. New record of *Onthophagus semiaureus* LANSBERG from Thailand. *Elytra* 30(1): 172.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 1999. PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Montes, E.T. de Oca and G. Halffter. 1995. Daily and seasonal activities of a guild the coprophagus, burrowing beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in tropical grassland. *Tropical Zoology* 8: 15-180.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการหาอาหารและการแบ่งปันทรัพยากรอาหารของชันโรง 3 ชนิด
(*Trigona apicalis* Smith, *T. collina* Smith และ *T. fimbriata* Smith) ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก

รัชคนิน จงจิตวิมล¹, วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ¹, สุรรัตน์ เตียววณิชย² และ เดช วัฒนชัยยิ่งเจริญ³

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

³ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

Abstract: Factors Affecting Foraging Behaviors and Food Resource Partitioning of Three *Trigona* Species (*Trigona apicalis* Smith, *T. collina* Smith and *T. fimbriata* Smith) in the Phitsanulok Area

Touchkanin Jongjitvimol¹, Wandee Wattanachaiyingcharoen¹, Sureerat Deowanish² and Det Wattanachaiyingcharoen³

¹Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000,

²Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330,

³Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

Factors affecting foraging behaviors and food resource partitioning of three species of *Trigona*, namely *T. apicalis*, *T. collina* and *T. fimbriata*, in a mixed deciduous forest at Phitsanulok Nature Education Center were investigated during October 2003 and February 2005.

The results showed that physical factors (temperature, relative humidity and light intensity) affect foraging behaviors. Comparative studies among *T. apicalis*, *T. collina* and *T. fimbriata* found that these species have different foraging times and food pollens. Morphological study to examine the relationship between body size and foraging appendages among the three species found all characteristics were significantly different. The results of the food resource partitioning study correlated with competition theory in that these three *Trigona* species appear to avoid competition for limited resources, resulting in the coexistence of these species in the same habitat.

Key words: *Trigona* physical factors, food resource partitioning, foraging behaviors

บทนำ

ชันโรงเป็นแมลงสังคมอยู่ใน Family Apidae ซึ่งจัดอยู่ใน Subfamily Meliponinae (O'Toole and Raw, 1999) โดยประกอบไปด้วยชันโรง 3 วรรณะ คือ เพศเมียที่เป็นนางพญา (queen) ตัวผู้ (drone) และชันโรงงาน (worker) (Velthuis, 1997) ซึ่งน้ำหวาน (nectar) และละอองเรณู (pollen) เป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญ ด้วยเหตุนี้ปัจจัยทางกายภาพ (physical factors) จึงมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการหาอาหารชันโรง เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่เป็นแหล่งอาหารและกิจกรรมต่างๆ ของชันโรง ดังนั้นชันโรงจึงจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อพืชอาหารเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และจากทฤษฎีการแก่งแย่งแข่งขัน (competition theory) การแก่งแย่งแข่งขันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ และการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในแถบเขตร้อน (tropical zone) ซึ่งความสัมพันธ์แบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อสิ่งมีชีวิตใช้ทรัพยากรทั่วไปเหมือนกัน และทรัพยากรนั้นมีอย่างจำกัด (Birch, 1957) ซึ่งในสภาพธรรมชาติสิ่งมีชีวิตมักจะเลือกที่จะประนีประนอมกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันที่จะเกิดขึ้น จากแรงผลักดันของการแก่งแย่งแข่งขันนี้เอง จึงทำให้สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อหาวิธีการหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันที่จะเกิดขึ้น เช่น มีการใช้พืชอาหารที่ต่างชนิดกัน มีขนาดรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกัน และอาจมีช่วงเวลาในการหาอาหาร (foraging times) ไม่ให้ซ้อนทับกัน เป็นต้น ทำให้สามารถใช้

ทรัพยากรร่วมกันและมีการแบ่งปันทรัพยากร (resource partitioning) ระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกันได้ (Pianka, 2000) การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการหาอาหาร ช่วงเวลาในการหาอาหาร ขนาดของรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหาร และชนิดของพืชอาหารที่เป็นแหล่งละอองเรณูของชันโรงทั้ง 3 ชนิด คือชันโรง *Trigona apicalis*, *T. collina* และ *T. fimbriata* ที่อาศัยอยู่ในป่าเบญจพรรณ ณ สถานีพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก เพื่ออธิบายภาวะการแบ่งปันทรัพยากรและใช้ประโยชน์ร่วมกันในด้านทรัพยากรอาหาร (food resource partitioning) ของชันโรงทั้ง 3 ชนิด

วิธีการ

1. สืบหาและเก็บรวบรวมตัวอย่างของชันโรงในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ ณ สถานีพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก พร้อมเก็บข้อมูลในภาคสนามดังนี้

1.1 ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพที่ผลต่อพฤติกรรมในการหาอาหารของชันโรง และศึกษาเวลาในการออกหาอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิดที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยสังเกตที่บริเวณหน้ารังเพื่อบันทึกจำนวนตัวที่บินออกจากรัง จำนวนตัวที่บินกลับเข้ารังและจำนวนตัวที่มีการเก็บละอองเรณูกลับเข้ารัง โดยสุ่มศึกษาเวลาในการออกหาอาหารของชันโรงทุกชั่วโมงๆ ละ 2 ช่วงๆ ละ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.00 น. ติดต่อกัน 3 วัน ในทุก 6 สัปดาห์ พร้อมบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงในบริเวณรังของชันโรง

1.2 ศึกษาชนิดของพืชอาหารที่เป็นแหล่งละอองเรณูของชันโรง โดยเก็บละอองเรณูที่ได้จากชันโรงงานที่ออกหาอาหาร (forager bees) เพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดของละอองเรณูในห้องปฏิบัติการและทำการสำรวจชนิดของพืชดอกที่ชันโรงใช้เป็นแหล่งอาหารตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา พร้อมเก็บตัวอย่างใบไม้และดอกไม้ที่เป็นพืชอาหารโดยวิธีอัดแห้งในผงอัดพรรณไม้ หรือดอกไม้ 70% ethyl alcohol เพื่อทำการตรวจสอบชนิดของพืชอาหาร

2. การศึกษาและเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

2.1 ศึกษาสัณฐานวิทยาของชันโรงทั้ง 3 ชนิดจากพื้นที่ศึกษาและจากแหล่งอื่น ซึ่งใช้การวางแผนการศึกษาแบบ CRD (Krebs, 1999) โดยใช้ตัวอย่างทั้งสิ้น 10 รังๆ ละ 15 ตัว โดยศึกษาขนาดของลำตัวและขนาดของรยางค์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิด ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอร่วมกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) พร้อมทั้งถ่ายภาพ

2.2 ศึกษาละอองเรณูที่เก็บมาได้จากชันโรงงานด้วยวิธี Acetolysis (Erdtman, 1960) พร้อมทั้งถ่ายภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เปรียบเทียบขนาดความยาวของลำตัวกับขนาดความยาวของรยางค์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows โดยใช้สถิติ ANOVA

3.2 วิเคราะห์ชนิดของพืชที่เป็นแหล่งอาหารของชันโรงโดยเปรียบเทียบตัวอย่างละอองเรณูที่รวบรวมได้จากพืชดอกกับละอองเรณูที่เก็บมาได้จากชันโรงงาน

4. สรุป วิเคราะห์ และเขียนรายงานผลการศึกษา

ผลการวิจัย

1. ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการหาอาหารของชันโรง

เมื่อทำการเปรียบเทียบช่วงเวลาในการเริ่มออกหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดกับเวลาขึ้นของดวงอาทิตย์ พบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดมีเวลาในการเริ่มออกหาอาหารที่มีความสัมพันธ์กับเวลาขึ้นของดวงอาทิตย์ โดยใน

วันที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 24°C ในช่วงเช้าซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้ชันโรงงานเริ่มออกหาอาหารได้ ซึ่งจากการสังเกตพฤติกรรมของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดพบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะเริ่มออกหาอาหารก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเฉลี่ยประมาณ 15 นาที ซึ่งช่วงดังกล่าวจะมีความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.001 Klux ถึง 0.02 Klux โดยชันโรงงานของ *T. fimbriata* จะเริ่มออกหาอาหารก่อนชันโรงงานของ *T. apicalis* และ *T. collina* ตามลำดับ แต่ในช่วงวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C ในช่วงเช้า เวลาในการเริ่มออกหาอาหารชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะไม่มีความสัมพันธ์กับเวลาขึ้นของดวงอาทิตย์ แม้ว่าช่วงดังกล่าวจะมีความเข้มแสงสูงกว่า 0.02 Klux แล้วก็ตาม

2. ช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรง

เมื่อทำการเปรียบเทียบช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด พบว่าช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดไม่มีการซ้อนทับกัน กล่าวคือชันโรงงานของ *T. fimbriata* จะมีช่วงเวลาในการหาอาหารก่อนชันโรงงานของ *T. apicalis* และ *T. collina* ตามลำดับ โดยช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงาน *T. fimbriata* อยู่ในช่วงประมาณ 06.00 - 08.30 น. ช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงาน *T. apicalis* อยู่ในช่วงประมาณ 08.00 - 09.30 น. และช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงาน *T. collina* อยู่ในช่วงประมาณ 09.30 - 11.00 น. นอกจากนี้ช่วงเวลาในการเก็บละอองเรณูของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดก็แตกต่างกัน โดยช่วงเวลาในการเก็บละอองเรณูของชันโรงงาน *T. fimbriata*, *T. apicalis* และ *T. collina* อยู่ในช่วงประมาณ 06.30 - 08.30 น. 08.00 - 10.00 น. และ 09.30 - 11.30 น. ตามลำดับ

3. รยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหาร

เมื่อเปรียบเทียบขนาดความยาวเฉลี่ยของ proboscis, glossa, mandible และ tibia ซึ่งเป็นรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารในชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด ด้วยสถิติ LSD พบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดมีขนาดของรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และเมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดของ proboscis, glossa, mandible และ tibia กับขนาดของลำตัว พบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะมีขนาดของรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารแปรผันตามกับขนาดของลำตัว กล่าวคือเมื่อมีขนาดของลำตัวเพิ่มขึ้นจะทำให้มีขนาดของรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าชันโรงงานของ *T. fimbriata* มีขนาดของรยางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารยาวที่สุด รองลงมาคือชันโรงงานของ *T. apicalis* และ *T. collina* ตามลำดับ

4. พืชอาหาร

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของพืชอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิดพบว่าชันโรง *T. collina* มีจำนวนชนิดของพืชอาหารมากที่สุด และชันโรง *T. fimbriata* มีจำนวนชนิดของพืชอาหารน้อยที่สุด กล่าวคือชันโรง *T. collina* มีจำนวนชนิดของพืชอาหารทั้งสิ้น 29 ชนิด 18 วงศ์ ชันโรง *T. apicalis* มีจำนวนชนิดของพืชอาหารทั้งสิ้น 20 ชนิด 15 วงศ์ และชันโรง *T. fimbriata* มีจำนวนชนิดของพืชอาหารทั้งสิ้น 16 ชนิด 10 วงศ์ (ตารางที่ 1)

จากการศึกษาเปรียบเทียบชนิดพืชอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิด พบว่าชันโรง *T. collina* สามารถเก็บละอองเรณูจากพืชได้ทั้งหมด 29 ชนิด ซึ่งมีพืชจำนวน 9 ชนิดที่พบว่าเป็นพืชอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิด คือ ขี้เหล็ก จิงจ้อ เหลือง แดงหางค่าง ดินตึกแก ต้อยติ่ง ทองหลาง ผักบุ้ง ไมยราบ และไมยราบยักษ์ และพืชอีกจำนวน 2 ชนิดที่ไม่พบเป็นพืชอาหารชันโรง *T. apicalis* และ *T. fimbriata* คือ ชิงชัน และเต่าร้าง โดยมีพืชที่พบเป็นอาหารของชันโรง *T. apicalis* และ *T. collina* แต่ไม่พบในชันโรง *T. fimbriata* มีจำนวนทั้งสิ้น 11 ชนิด คือ กระพี้จั่น เข้ม ตดหมูตดหมา ตำลึง ปอผี เปล้าใหญ่ แววมยุรา ธรนารายณ์ สัก หางนกยูงฝรั่ง และเอื้องหมายนา และมีพืชที่พบเป็นอาหารของชันโรง *T. fimbriata* และ *T. collina* แต่ไม่พบในชันโรง *T. apicalis* อีกจำนวน 7 ชนิด คือ กัลปพฤกษ์ ชิง ตะแบก ทองกวาว รางจืด เสลา และอินทนิล (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบชนิดพืชอาหารที่เป็นแหล่งละอองเรณูของชันโรงทั้ง 3 ชนิด

Families of plants	Species of plants	Local name of plants	Species of stingless bees		
			<i>T. apicalis</i>	<i>T. collina</i>	<i>T. fimbriata</i>
Acathaceae	<i>Ruellia tuberosa</i>	Toiting	✓	✓	✓
Agavaceae	<i>Agave angustifolia</i>	Son narai	✓	✓	
Alangiaceae	<i>Alangium salviifolium</i>	Pru	✓	✓	
Arecaceae	<i>Caryota bacsonensis</i>	Taorang		✓	
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Tin tukkae	✓	✓	✓
Bignoniaceae	<i>Rernandoa adenophylla</i>	Kae hang khang	✓	✓	✓
Caesalpinaceae	<i>Cassia bakeriana</i>	Kanlanpa phruek		✓	✓
	<i>Senna siamea</i>	Khilek	✓	✓	✓
	<i>Delonix regia</i>	Hang nokyaung	✓	✓	
Convolvulaceae	<i>Merremia vitifolia</i>	Chingcho lueang	✓	✓	✓
	<i>Ipomoea aquatica</i>	Phakbung	✓	✓	✓
Cucurbitaceae	<i>Coccinia grandis</i>	Tamlueng	✓	✓	
Euphorbiaceae	<i>Croton roxburghii</i>	Plaoyai	✓	✓	
Lythraceae	<i>Lagerstroemia calyculata</i>	Tabaek		✓	✓
	<i>L. tomentosa</i>	Salao		✓	✓
	<i>L. macrocarpa</i>	Inthanin		✓	✓
Mimosaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Maiyarap	✓	✓	✓
	<i>M. pigra</i>	Maiyarap ton	✓	✓	✓
Papilionaceae	<i>Dalbergia lanceolaria</i>	Chingchan		✓	
	<i>Butea monosperma</i>	Thongkwao		✓	✓
	<i>Erythrina stricta</i>	Thonglang	✓	✓	✓
	<i>Millettia brandisiana</i>	Kraphi chan	✓	✓	
Rubiaceae	<i>Ixora grandifolia</i>	Khem	✓	✓	
	<i>Paederia linearis</i>	Totmu totma	✓	✓	
Scrophulariaceae	<i>Torenia fourmieri</i>	Waeo mayura	✓	✓	
Thunbergiaceae	<i>Thunbergia laurifolia</i>	Rangchute		✓	✓
Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i>	Sak	✓	✓	
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i>	Khing		✓	✓
	<i>Costus speciosus</i>	Ueang maina	✓	✓	
Total: 18 families		29 species	20 species	29 species	16 species

บทสรุป

จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมในการเริ่มออกหาอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิด คือ *T. apicalis*, *T. collina* และ *T. fimbriata* ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่าในวันที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 20°C ในช่วงเช้า ชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะเริ่มออกหาอาหารที่อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 24°C และความเข้มแสงเฉลี่ยในช่วง 0.001 Klux ถึง 0.02 Klux แต่ในวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C ในช่วงเช้า แม้ว่าความเข้มแสงเฉลี่ยจะสูงกว่า 0.02 Klux แล้วก็ตาม ชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะไม่ดำเนินกิจกรรมต่างๆ เนื่องจากช่วงดังกล่าวมีอุณหภูมิก่อนข้างต่ำ หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิ

สูงขึ้นประมาณ 17 °C ชันโรงงานของ *T. apicalis* และ *T. fimbriata* จะเริ่มบินออกหาอาหาร โดยเวลาในการเริ่มบินออกหาอาหารของชันโรงงาน *T. fimbriata* จะเริ่มก่อน *T. apicalis* เพียงเล็กน้อย และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 21 °C พฤติกรรมในการออกหาอาหารของชันโรงงาน *T. collina* จึงจะเริ่มขึ้น ดังนั้นในวันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 20 °C ในช่วงเช้า พฤติกรรมในการเริ่มออกหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด จึงเริ่มก่อนวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C ในช่วงเช้า นอกจากปัจจัยทางกายภาพต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น ดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการออกหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด เพราะในการออกหาอาหารของชันโรงงานจำเป็นต้องมีดวงอาทิตย์เป็นตัวบอกทิศทางของตำแหน่งของอาหารและรัง ส่วนในวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C ในช่วงเช้าเวลาขึ้นของดวงอาทิตย์กับเวลาออกหาอาหารของ ชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามไปด้วย ชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจึงสามารถออกหาอาหารได้ ดังนั้นอุณหภูมิ ความเข้มแสง และเวลาขึ้นของดวงอาทิตย์จึงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเริ่มออกหาอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิด

จากสมมุติฐานของการศึกษาเรื่องการปรับตัวเพื่อหาวิธีการหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันที่จะเกิดขึ้นจากการที่ชันโรงทั้ง 3 ชนิด ต้องใช้ทรัพยากรที่เหมือนกันและทรัพยากรนั้นมีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าชันโรงทั้ง 3 ชนิดสามารถใช้และแบ่งปันทรัพยากรอาหารจากแหล่งเดียวกันได้ (food resource partitioning) โดยชันโรงทั้ง 3 ชนิด มีวิธีการหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้อาหารจากแหล่งเดียวกันได้ดังนี้ คือ 1) มีช่วงเวลาในการหาอาหารที่แตกต่างกัน 2) มียางคี่ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกัน และ 3) มีชนิดของพืชอาหารที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการต่างๆ ได้ดังนี้

1. ช่วงเวลาในการหาอาหารที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด คือชันโรง *T. apicalis*, *T. collina* และ *T. fimbriata* ที่ทำรังอยู่ในบริเวณเดียวกัน พบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจะมีช่วงเวลาในการออกหาอาหารมากที่สุดที่ไม่มีการซ้อนทับกัน กล่าวคือช่วงเวลาที่ย่อหาอาหารจำนวนมากที่สุดของชันโรงงาน *T. fimbriata* จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 06.00 น. – 08.30 น. และเวลาในการหาอาหารของชันโรงงาน *T. apicalis* จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. – 09.30 น. ส่วนช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงาน *T. collina* จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 09.30 น. – 11.00 น. นอกจากนี้ยังพบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดมีช่วงเวลาเฉลี่ยในการเก็บละอองเรณูที่ไม่มีการซ้อนทับกัน โดยช่วงเวลาในการเก็บละอองเรณูมากที่สุดของชันโรงงาน *T. fimbriata* จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น. – 08.30 น. ช่วงเวลาในการเก็บละอองเรณูชันโรงงานของ *T. apicalis* จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. – 10.00 น. และช่วงเวลาในการในการเก็บละอองเรณูของชันโรงงาน *T. collina* จะอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 09.30 น. – 11.30 น. ดังนั้นชันโรงงานของ *T. fimbriata* จะมีช่วงเวลาในการหาอาหารและช่วงเวลาในการเก็บละอองเรณูก่อนชันโรงงานของ *T. apicalis* และ *T. collina* ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบขนาดของลำตัวกับเวลาในการเริ่มออกหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด พบว่าเวลาการเริ่มออกหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดแปรผันตามขนาดของลำตัว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาช่วงเวลาในการออกหาอาหารของแมลงภู่ (bumble bees) และชันโรงบางชนิดโดย Heinrich (1976) และ Hubbel และ Johnson (1978) ที่พบว่าแมลงที่มีขนาดของลำตัวใหญ่มักจะออกหาอาหารในช่วงเวลาที่ช้ากว่าแมลงที่มีขนาดลำตัวเล็ก อาจจะเป็นเพราะแมลงที่มีขนาดของลำตัวใหญ่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตัวและภายในรังได้ดีกว่าแมลงที่มีขนาดตัวเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาที่พบว่า ผึ้งหลวงจะออกหาอาหารได้เร็วกว่าผึ้งโพรง ผึ้งมิม และผึ้งมิมเล็ก ตามลำดับ (Oldroyd et al., 1992)

ดังนั้นการมีช่วงเวลาในการหาอาหารที่มีความแตกต่างกันของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดจัดเป็นวิธีหนึ่งในการหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันในด้านทรัพยากรอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิดที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน จากการศึกษาของอุปถวรรณ (2538) และ Oldroyd และคณะ (1992) พบว่าผึ้งพื้นเมืองทั้ง 4 ชนิด คือผึ้งมิมเล็ก ผึ้งมิม ผึ้งโพรง และ

ผึ้งหลวงที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกันจะมีช่วงเวลาในการออกหาอาหารที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าผึ้งมีและผึ้งมีเล็กที่ทำรังอยู่ใกล้กันจะมีความแตกต่างของช่วงเวลาในการหาอาหารมากกว่ารังอยู่ไกลกัน

2. รางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด พบว่าชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดมีขนาดของลำตัวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยสอดคล้องกับวิธีการหลักเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันที่จะต้องมีการวิวัฒนาการให้มีขนาดแตกต่างกันในส่วนที่พอเหมาะจึงจะช่วยให้มีความสามารถในการใช้แหล่งอาหารที่แตกต่างกันได้ Seeley และคณะ (1982) กล่าวว่ารางค์ที่ผึ้งมีขนาดของลำตัวที่แตกต่างกันจะช่วยลดการแก่งแย่งแข่งขันในด้านอาหาร ซึ่งนอกจากจะมีขนาดของลำตัวที่แตกต่างกันแล้วสิ่งที่สำคัญที่จะทำให้ใช้แหล่งอาหารที่แตกต่างกัน คือการมีขนาดของอวัยวะหรือรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกันด้วย เมื่อศึกษาถึงขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหาร เช่น ความยาวของ proboscis ความยาวของ glossa ความยาวของ mandible และความยาวของ tibia ของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด พบว่าขนาดของรางค์เหล่านี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยชันโรงงานของ *T. fimbriata* จะมีขนาดของรางค์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารยาวที่สุด รองลงมาคือชันโรงงานของ *T. apicalis* และ *T. collina* ตามลำดับ จึงทำให้ชันโรงทั้ง 3 ชนิดอาศัยอยู่แหล่งอาศัยเดียวกันได้ เพราะการมีขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกันช่วยให้ชันโรงงานทั้ง 3 ชนิด ใช้แหล่งอาหารหรือมีชนิดของอาหารที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Heinrich (1976) ที่พบว่าแมลงภู่แต่ละชนิดมีขนาดความยาวของ glossa ที่แตกต่างกันและไม่พบการแก่งแย่งแหล่งอาหารของแมลงภู่ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ทั้งนี้ Heinrich อธิบายว่า แมลงภู่มีวิธีการหลักเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันด้วยการมีขนาดของ glossa ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการดูดน้ำหวานจากดอกไม้ที่มีความลึกและชนิดของพืชที่แตกต่างกัน และยังพบว่าแมลงภู่มีช่วงเวลาในการออกหาอาหารที่แตกต่างกับแมลงสังคมพวกอื่นๆ อีกด้วย และจากรายงานการศึกษารางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารของผึ้งพื้นเมือง 4 ชนิดของอุบลวรรณ (2538) ที่พบว่าขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารของผึ้งพื้นเมืองทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกัน โดยจะมีขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารแปรผันตามขนาดของลำตัว นอกจากนี้ยังพบว่าผึ้งมีเล็กและผึ้งมีมีวิวัฒนาการในการอยู่ร่วมกัน เนื่องจากการแยกแหล่งหรือบริเวณสร้างรังออกจากกันอย่างชัดเจนทำให้มีการแข่งขันระหว่างผึ้งทั้ง 2 ชนิดน้อยลง ซึ่งต่างจากผึ้งโพรง ผึ้งมี และผึ้งหลวงที่สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกันได้ทำให้มีการแก่งแย่งแข่งขันกันสูง ดังนั้นจึงมีการปรับตัวเพื่อหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันโดยการมีช่วงเวลาในการหาอาหารและรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่แตกต่างกัน (Koeniger et al., 1993)

3. ชนิดของพืชอาหารที่แตกต่างกัน

การมีพืชอาหารที่ต่างชนิดกันเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันได้ ซึ่งจากการศึกษาพืชอาหารของชันโรงทั้ง 3 ชนิด พบว่าชันโรงทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการเก็บละอองเรณูจากพืชอาหารที่แตกต่างกันเนื่องจากมีขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารที่ต่างกัน และยังพบว่าชันโรงทั้ง 3 ชนิดสามารถใช้ทรัพยากรอาหารจากพืชชนิดเดียวกัน โดยการมีช่วงเวลาในการหาอาหารที่แตกต่างกัน ซึ่งการมีขนาดของรางค์ที่เกี่ยวข้องกับการหาอาหารและช่วงเวลาในการหาอาหารของชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดที่มีความแตกต่างกันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ชันโรงงานทั้ง 3 ชนิดมีโอกาสในการเก็บละอองเรณูจากพืชที่ต่างชนิดกัน เนื่องจากพืชดอกแต่ละชนิดมีเวลาบานของดอกที่ต่างกัน ซึ่ง Oldroyd และคณะ (1992) กล่าวว่าช่วงเวลาในการเก็บละอองเรณูที่ต่างกันของผึ้งจะทำให้ผึ้งได้ชนิดของพืชอาหารที่ต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้แหล่งอาหารจากแหล่งเดียวกันได้จากการมีช่วงเวลาในการหาอาหารที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาพืชอาหารของผึ้งหลวง ผึ้งโพรง และผึ้งมีของสมใจ และเนรัชฐลา (2543) ที่พบว่าผึ้งโพรงจะเริ่มเข้ามาหาอาหารจากดอกตะขบฝรั่งก่อนผึ้งมี และผึ้งหลวงจะเริ่มเข้าเก็บอาหารจากดอกฝรั่งก่อนผึ้งโพรง

ดังนั้นจากการศึกษาชีวิพิสัย (niche) ชั้นพื้นฐานของชันโรงทั้ง 3 ชนิดซึ่งหมายถึงปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพทั้งหมดที่ทำให้ชันโรงทั้ง 3 ชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จากการที่ได้ใช้ทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมนำไปสู่ภาวะการแบ่งปันทรัพยากรและใช้ประโยชน์ร่วมกัน ซึ่งจากการศึกษาในทุกๆ ด้าน พบว่ามีความสอดคล้องกับหลักการการหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่ง Pianka (2000) ได้อธิบายไว้ว่าสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องมีการเปลี่ยนแปลงชีวิพิสัย (niche shift) เพื่อให้สามารถลดและหลีกเลี่ยงการแก่งแย่งแข่งขันที่จะเกิดขึ้นและมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ ดังนั้นชีวิพิสัยจึงมีความยืดหยุ่นที่เหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมได้สิ่งแวดล้อมหนึ่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ด้วยเหตุนี้การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการอธิบายภาวะการแบ่งปันทรัพยากรอาหารและใช้ประโยชน์ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพแห่งประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_347013 ซึ่งส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนจากโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาปัจจัยการอยู่รอดของผึ้งมีม ชันโรง และพืชอาศัยที่สัมพันธ์กับความหลากหลายทางชีวภาพของถิ่นที่อยู่อาศัยในเขตร้อน” รหัสโครงการ RTA4580012 ของศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ และงบประมาณแผ่นดินของนักศึกษาระดับปริญญาโทและทุนอุดหนุนสนับสนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีการศึกษา 2547 ผ่านทางคณะบัณฑิตวิทยาลัยและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

- สมใจ มีอาษา และเนรัฐลา สุวรรณคนธ์. 2543. การศึกษาช่วงเวลาในการหาอาหารของผึ้งพื้นเมือง 4 ชนิด (ผึ้งหลวง ผึ้งโพรง ผึ้งมีม ผึ้งมีมเล็ก) บริเวณบ้านบ่อเหมืองน้อยและบ้านห้วยน้ำผัก ตำบลแสงภา อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย. ปัญหาพิเศษทางชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- อุบลวรรณ บุญจำเริญ. 2538. ความแตกต่างของชีวิพิสัยของผึ้ง 4 ชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกันในป่าดิบแล้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- Birch, L.C. 1957. The meanings of competition. *American Naturalist* 91: 5-18.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method. *Svensk. Bot. Tidshkr.* 54(4): 561-564.
- Heinrich, B. 1976. Resource partitioning among eusocial insects: bumblebees. *Ecology* 57: 874-889.
- Hubbell, S.P. and L.K. Johnson. 1978. Comparative foraging of six Stingless bee species exploiting a standardized resource. *Ecology* 53: 1398-1406.
- Koeniger, G., N. Koeniger, M. Madan and S. Wongsiri, 1993. Variance in weight of sexuals workers within and between 4 *Apis* species (*Apis florea*, *A. dorsata*, *A. cerana*, and *A. mellifera*). *Asian Apiculture* 106-111.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecology Methodology*, 2nd ed. An Imprint of Addison Wesley Longman, New York.
- Oldroyd, B.P., T.E. Rinderer and S. Wongsiri, 1992. Pollen resource partitioning by *Apis dorsata*, *A. cerana*, *A. andreniformis* and *A. florea* in Thailand. *Journal of Apicultural Research* 31(1): 3-7.
- O'Toole, C. and A. Raw. 1999. *Bees of the World*. Blandford, London.
- Pianka, E.R. 2000. *Evolutionary Ecology*, 6th ed. An Imprint of Addison Wesley Longman, New York.
- Seeley, T.D., R.H. Seeley and P. Akranakul. 1982. Colony defence strategies of the honeybees in Thailand. *Ecological Monographs* 52(1): 43-63.
- Velthuis, H.H.W. (ed.) 1997. *The Biology of Stingless Bees*. Utrecht University Press and University of São Paulo Press, Utrecht and São Paulo.

การศึกษาความหลากหลายชนิดพันธุ์และการกระจายพันธุ์ ของหอยน้ำจืด *Paludomus* spp. บริเวณลุ่มแม่น้ำแควน้อย

นักสสร โน้ตศิริ, ดวงเดือน ไกรลาส และ เตือนตา เจนจรัตน์

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

Abstract: Studies on the Species Diversity and Distribution of the Freshwater Snail Genus *Paludomus* in the Kwae Noi River Watershed
Napatsorn Notesiri, Duangduen Krailas and Tuenta Janecharat
Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Muang, Nakornpathom 73000

Freshwater snails of the genus *Paludomus* were collected by counts per unit of time at ten different locations of water sources in the Kwae Noi river watershed, Kanchanaburi province. In addition, the physico-chemical characteristics of streams and water quality were examined. The snail specimens were studied in various aspects, namely, shell morphology, radula morphology, anatomy, isoenzyme electrophoresis and trematode infection. Most snails showed similar shell and radula morphology, except for snails of Toa Dum stream, which were markedly different from the others in that they showed eroded apices, shallow sutures, and wide columellae, exhibited significant differences in size index. In addition, central tooth width ($P < 0.05$) and number, shape, and size of radulae were noticeably different from the others. Anatomical study of snails showed that there were two reproductive systems, closed and open pallial oviducts. Pigment on the tentacles of snails from Toa Dum were different from the others in that they showed pigment around the eye and no pigment strip on the tentacles. Isoenzymes were analysed by polyacrylamide gel electrophoresis. Banding patterns in four enzymes, esterase, leucine aminopeptidase, lactase dehydrogenase and malate dehydrogenase, have shown that the snails from Tao Dum are different from the others ($D = 0.191$). Trematode infections, occurred in snails with four types of cercariae being found. They were *Parapleurolophocercous* cercaria, *Cotylomicrocercous* cercaria, *Strigea* cercaria and *Vigulate* cercaria.

Key words: Gastropoda, *Paludomus*, snail, morphology, anatomy, isoenzyme, cercariae

บทนำ

ลุ่มแม่น้ำแควน้อยเป็นลุ่มแม่น้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ในเขตผืนป่าตะวันตกและมีความสำคัญต่อกิจกรรมการท่องเที่ยว นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งต้นน้ำของผืนป่าตะวันตกซึ่งถือเป็นป่าฝนเขตร้อน (Rainforest) ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ ถือได้ว่าเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศ ดังนั้นในการสำรวจชนิดพันธุ์ของหอยน้ำจืดในบริเวณลุ่มแม่น้ำแควน้อยนี้จึงถือเป็นองค์ความรู้ที่มีประโยชน์ต่อผืนป่าตะวันตกและชุมชนในเขตที่ใช้ประโยชน์จากแม่น้ำสายนี้

การศึกษาหอยน้ำจืด *Paludomus* spp. ในประเทศไทยในอดีตพบว่ามีเพียงข้อมูลจากการรายงานเกี่ยวกับชนิดของหอยน้ำจืดในประเทศไทย (Brandt, 1974) เท่านั้น โดยได้จัดจำแนกหอยสกุล *Paludomus* โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเปลือกและฟันหอย ออกเป็น 2 ชนิด คือ *Paludomus petrosus* มีแหล่งกระจายตามลำห้วยบริเวณเทือกเขาในจังหวัดชุมพร ระนอง นครศรีธรรมราช พัทลุง และ *Paludomus siamensis* มีแหล่งกระจายอยู่ในจังหวัดแพร่ ลำปาง พะเยา อุตรดิตถ์ และกาญจนบุรี นอกจากนี้ยังพบว่าหอยสกุลนี้เป็นโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิใบไม้ *Paragonimus westermani* ที่ก่อโรคในสัตว์ ต่อมาจากการศึกษาความหลากหลายของหอยน้ำจืดในเขตพื้นที่ป่าเต็งรัง อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี (ดวงเดือน และคณะ, 2544) พบหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ในแหล่งสำรวจ แต่จากการรายงานยังไม่ได้สรุปว่าเป็นชนิดใดเนื่องจากพบว่าลักษณะรูปร่างของเปลือกมีความคล้ายคลึงกับ *Paludomus petrosus* ในขณะที่

แรดูลามีลักษณะของพนักกลาง (rachis) คล้ายคลึงกับ *Paludomus siamensis* ผู้วิจัยจึงให้ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดพันธุ์ของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus*

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเป็นงานวิจัยที่ช่วยให้เกิดองค์ความรู้ในด้านของความหลากหลายของชนิด (species diversity) ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) และเข้าใจถึงองค์ประกอบด้านกายภาพของถิ่นที่อยู่อาศัยของหอยสกุลนี้ อีกทั้งยังมีการตรวจสอบด้านปรสิตที่มีความสัมพันธ์กับหอยน้ำจืดชนิดนี้ โดยสามารถที่จะขยายผลการสำรวจไปสู่การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพด้านต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการรวบรวมความรู้ต่อไปในอนาคต

วิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา ทำการศึกษาในแหล่งน้ำของลุ่มแม่น้ำแควน้อย 10 พื้นที่ คือ น้ำตกไทรโยคน้อย (น้ำตกเขาพัง), น้ำตกไทรโยคใหญ่ (น้ำตกเขาโจน), ห้วยเต่าดำ, น้ำตกผาตาด, ลำธารข้างน้ำพุร้อนหินดาด (น้ำพุร้อนญ่ม), น้ำพุห้วยเขย่ง, ลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเตือ, น้ำตกเกริงกระเวีย, น้ำตกไคช่องถ่อง และน้ำตกตะเคียนทอง (ภาพที่ 1)

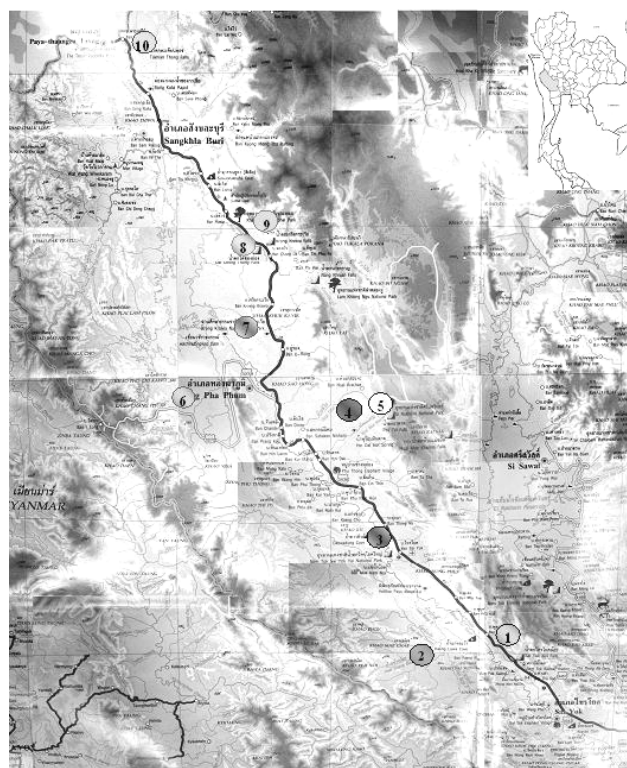
2. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแหล่งน้ำด้วยอุปกรณ์ภาคสนาม โดยวัดค่าพีเอช, ความลึก, อุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิน้ำ, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ, ค่าการนำไฟฟ้า, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ

3. การเก็บตัวอย่าง สุ่มเก็บตัวอย่างหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* โดยวิธี counts per unit of time ใช้ผู้เก็บตัวอย่าง 5 คน เดินเก็บตัวอย่างด้วยมือในทิศทางทวนน้ำเป็นเวลา 10 นาที ตัวอย่างที่ได้นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพื่อการศึกษาต่อไป

4. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ หอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ที่เก็บตัวอย่างได้นำมาตรวจหาเชื้อปรสิตในขณะที่หอยยังมีชีวิตอยู่ด้วยวิธี shedding ทำการตรวจสอบชนิดโดยใช้หนังสือของ Yamaguti (1975), Malex และ Cheng (1974) และ Schell (1962) การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบตามการรายงานของ Brandt (1974) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (LM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM), ศึกษาลักษณะทางกายวิภาค และศึกษารูปแบบทางพันธุกรรมของหอยด้วยวิธี electrophoresis โดยทำการศึกษาทั้งสิ้น 6 เอนไซม์

บันทึกภาพ พร้อมกับวาดรูปสัณฐานวิทยา, ลักษณะทางกายวิภาค และปรสิตในหอยด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการวาดภาพ (camera lucida)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูลด้วยการทดสอบทางสถิติวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-Way ANOVA หาค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (D) จากข้อมูลจีโนไทป์ของหอย สร้างผังแสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการด้วยวิธี unweighted-pair-group method (UPGMA) และโปรแกรม Phylogenetic Using Parsimong (PAUP)



ภาพที่ 1. แผนที่บริเวณลุ่มแม่น้ำแควน้อย แสดงพื้นที่จุดสำรวจ (1) น้ำตกไทรโยคน้อย (2) น้ำตกไทรโยคใหญ่ (3) ห้วยเต่าดำ (4) น้ำตกผาตาด (5) ลำธารข้างน้ำพุร้อนหินดาด (6) น้ำพุห้วยเขย่ง (7) ลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเตือ (8) น้ำตกเกริงกระเวีย (9) น้ำตกไคช่องถ่อง และ (10) น้ำตกตะเคียนทอง

ผลการวิจัย

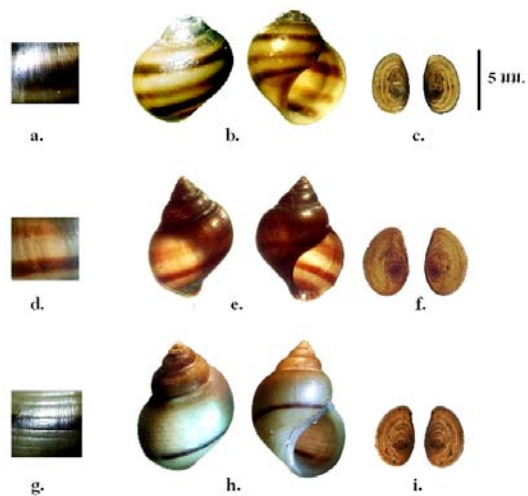
1. สภาพแวดล้อม คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของน้ำในพื้นที่สำรวจ

สภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่สำรวจเป็นน้ำตกหรือลำธารที่มีต้นไม้ขึ้นปกคลุม เช่น ตะไคร้ เฟิร์น ต้นมะเดื่อ ต้นสัก และไผ่ ท้องน้ำเป็นทราย มีก้อนหินขนาดเล็ก หรือเป็นตะกอนดิน น้ำใสสะอาดมีการไหลของน้ำตลอด กระแสน้ำไหลปานกลางถึงไหลแรง

การตรวจวัดคุณภาพน้ำในแหล่งสำรวจทั้ง 10 พื้นที่ที่มีความใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิอากาศ (24-28 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิน้ำ (22-26 องศาเซลเซียส) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (7.50-8.97) จากแหล่งน้ำทั้ง 10 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าการไหลของกระแสน้ำปานกลางถึงแรง (11.18-23.36) ยกเว้นห้วยเต่าดำ น้ำตกไทรโยคน้อย และลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเดื่อ (0.5, 3.64 และ 4.38 ตามลำดับ) ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 7.34-8.62 mg/l ยกเว้นลำธารข้างบ่อน้ำพุร้อนหินดาดมีค่าต่ำกว่าพื้นที่อื่น 4.60 mg/l แต่ยังเป็นช่วงที่สิ่งมีชีวิตสามารถอยู่ได้ ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) มีค่าสูง (289-730 $\mu\text{mhos/cm}$) ยกเว้นห้วยเต่าดำมีค่าต่ำ (20 $\mu\text{mhos/cm}$) ปริมาณฟอสเฟตในน้ำของห้วยเต่าดำมีค่า 0.1 mg/l ซึ่งอยู่ในช่วงเหมาะสม แต่ปริมาณฟอสเฟตในน้ำจากแหล่งพื้นที่อื่นมีค่าสูง โดยเฉพาะลำธารข้างบ่อน้ำพุร้อนหินดาด (46.4 mg/l) แสดงว่าแหล่งน้ำมีการเจริญเติบโตของวัชพืชในน้ำมากและรวดเร็ว นอกจากนี้พบว่าค่าการนำไฟฟ้า การไหลของกระแสน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณฟอสเฟต ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนหอยที่พบ ($P>0.05$)

2. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเปลือก

จากการศึกษาลักษณะของเปลือกหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* จากจุดสำรวจทั้ง 10 พื้นที่ พบว่าเปลือกหอยมีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม ขนาดเล็ก การวนของเปลือกเป็นแบบวนขวา มีแถบสีพาดตามขวางของเปลือกหอย ฝาปิดปากเปลือกเป็นแบบคอนเซนทริกมีสไปรัลนิวเคลียส เมื่อพิจารณาลักษณะปลายยอด รูปร่าง และลายบนเปลือกหอยเปรียบเทียบกับ Brandt (1974) พบว่าหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ที่เก็บตัวอย่างจากห้วยเต่าดำมีลักษณะเปลือกค่อนข้างกลม (size index = 87.10) ปลายยอดตัด คล้ายคลึงกับ *P. petrosus* หอยที่เก็บตัวอย่างจากน้ำตกผาตาด น้ำพุห้วยเขียง น้ำตกไคช่องถ่อง น้ำตกเกริงกระเวีย และน้ำตกตะเคียนทอง มีรูปร่างกลมรี สไปรัลสูง ผิวเปลือกมี spiral line คล้ายกับ *P. siamensis* ส่วนหอยจากน้ำตกไทรโยคน้อย น้ำตกไทรโยคใหญ่ ลำธารข้างบ่อน้ำพุร้อนหินดาด และลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเดื่อ มีรูปร่างกลมรี สไปรัลสูง คล้าย *P. siamensis* แต่ผิวเปลือกเรียบไม่มี spiral line เหมือน *P. petrosus* (ภาพที่ 2)



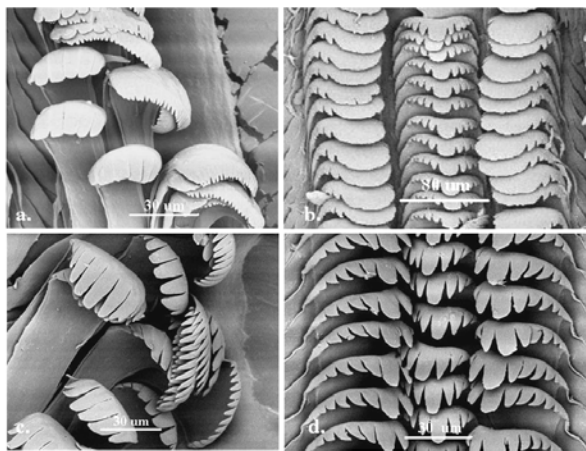
ภาพที่ 2. แสดงลักษณะผิวเปลือก รูปร่าง และแผ่นปิดปากเปลือกหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ทั้ง 3 กลุ่ม: a-c) เปลือกหอยจากห้วยเต่าดำ, d-f) บ้านท่ามะเดื่อ และ g-i) เปลือกหอยจากน้ำตกผาตาด

3. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพินหอย (แรดูลา)

พบว่าพินของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* จากจุดสำรวจทั้ง 10 พื้นที่ มีลักษณะพินเป็นแบบที่นีโอกลอสซา (Taenioglossa) มีสูตรพินเป็นแบบ 2:1:1:1:2 เหมือนกัน แตกต่างกันที่ความกว้างและจำนวนหยักของพินหอย พินของหอยที่เก็บตัวอย่างจากห้วยเต่าดำมีจำนวนหยักพินกลางเป็น 5-1-5 พินข้าง 5-1-5 พินริมหยาบมี 7 หยัก และพินริมละเอียดมี 24 หยัก คล้ายกับพินหอย *P. petrosus* และพบว่าพินกลางมีรอยหยักตรงกลางป้านและใหญ่กว่าหอยที่เก็บจากพื้นที่อื่น (ภาพที่ 3)

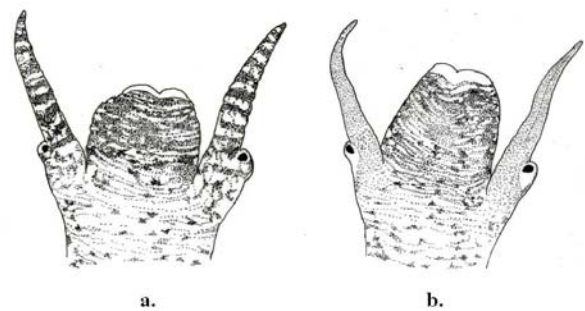
4. ลักษณะทางกายวิภาค

ลักษณะของโครงสร้างลำตัวภายนอกและภายในของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* จากจุดสำรวจทั้ง 10 พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเหมือนกัน คือ ส่วนหัวมีลักษณะอ้วนสั้นเรียกสเนท ด้านหลังปากมีเทนเทเคิล 1 คู่ ที่บริเวณโคนเทนเทเคิลพบตา 1 คู่ มีรงควัตถุสีเขียวเหลืองกระจายสม่ำเสมอ และมีรงควัตถุเมลานินปกคลุมที่ส่วนหัวและเทนเทเคิล ทำให้มีลักษณะเป็นข้อปล้อง ยกเว้นหอยจากห้วยเต่าดำที่เทนเทเคิลไม่เป็นข้อปล้องและบริเวณรอบตามีรงควัตถุสีเหลืองครีมกระจายอยู่โดยรอบ (ภาพที่ 4) ระบบทางเดินอาหารเริ่มจากส่วนปาก ภายในมีขากรรไกรและแรดูลา ส่วนที่บรรจุแรดูลาเรียกว่าบักคัสแมส บักคัสแมสต่ออยู่กับหลอดอาหารมีลักษณะเป็นท่อยาว ด้านข้างมีต่อมน้ำลาย 1 คู่ ส่วนท้ายต่อกับกระเพาะอาหาร กระเพาะอาหารแบ่งเป็น 2 ส่วนชัดเจนและมีถุงสไตส์ซึ่งภายในบรรจุคริสทาลินสไตส์ยื่นออกมาจากกระเพาะส่วนท้าย ระบบลำเลียงประกอบด้วยหัวใจซึ่งมี 2 ห้องอยู่ในช่องรอบหัวใจใกล้กับเหงือก และอยู่ระหว่างไตกับตับ พบต่อมออสเฟรเดียมและต่อมไฮโปแบรงเคียลอยู่ใกล้กับเหงือก

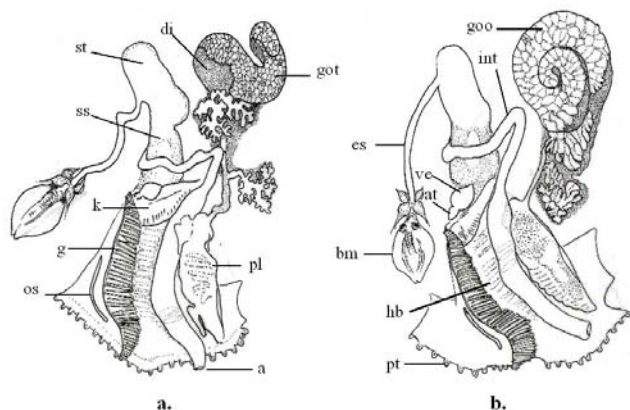


ภาพที่ 3. แสดงลักษณะฟัน (แรดูลา) a. ฟันริมของหอยจากห้วยเต่าดำ b. ฟันกลางและฟันข้างของหอยห้วยเต่าดำ c. ฟันริมของหอยลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเดื่อ d. ฟันกลางและฟันข้างของหอยลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเดื่อ

ระบบสืบพันธุ์ในหอยเพศผู้และเพศเมียมีทั้งแบบระบบปิดและระบบเปิด คือท่อนาสเปิร์มหรือท่อนำไข่ จะเป็นระบบปิด ส่วนท่อสืบพันธุ์พลเล็ลเป็นระบบเปิดเนื่องจากมีลักษณะเป็นท่อที่พับรอยแยกตามความยาวของแมนเทิล ทำให้ท่อพลเล็ลประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ด้าน ท่อพลเล็ลของหอยเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าหอยเพศผู้ ในหอยเพศผู้ไม่พบเพนนิสแต่พบท่อนาสเปิร์มยื่นออกมาจากท่อสืบพันธุ์พลเล็ลแทน (ภาพที่ 5) สเปิร์มของหอยสกุล *Paludomus* ที่พบมี 2 ชนิดคือ สเปิร์มขนาดเล็กหัวสั้นมีหางยาว 1 หาง และสเปิร์มขนาดใหญ่หัวเป็นรูปกระสวยมีหางยาว 6 หาง



ภาพที่ 4. แสดงการกระจายตัวของรงควัตถุบริเวณส่วนหัวของหอยสกุล *Paludomus* a. ส่วนหัวของหอยจากจุดสำรวจ 9 พื้นที่ b. ส่วนหัวของหอยห้วยเต่าดำ



ภาพที่ 5. ระบบลำเลียงและอวัยวะภายในของหอยสกุล *Paludomus* a. หอยเพศผู้ b. หอยเพศเมีย (a- ทวารหนัก, at- หัวใจส่วนบน, bm- บักคัสแมส, di- ตับ, es- หลอดอาหาร, g- เหงือก, got- เทสทิส, goo- รังไข่, hb- ต่อมไฮโปแบรงเคียล, int- ลำไส้, k- ไต, os- ต่อมออสเฟรเดียม, pl- ท่อสืบพันธุ์พลเล็ล, pt- ท่อนาสเปิร์ม, ss- ถุงสไตส์, st- กระเพาะอาหาร และ ve- หัวใจส่วนล่าง)

5. รูปแบบทางพันธุกรรม

จากจำนวนยีนที่ศึกษาทั้งสิ้น 12 ตำแหน่ง เมื่อพิจารณาค่าความถี่ยีน (ตารางที่ 1) มียีนที่แสดงความแตกต่างของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* 6 ตำแหน่ง ได้แก่ *Lap-2*, *Ldh-1*, *Mdh*, *Est-3*, *Est-4* และ *Eat-5* โดย *Lap-2*, *Ldh-1* และ *Mdh* ปรากฏที่อัลลีลต่างกัน ยีน *Est-3*, *Est-4* และ *Est-5* มียีนอยู่ในสภาวะหลายรูปแบบ

ค่าแสดงความหลากหลายภายในประชากร (ตารางที่ 2) ได้แก่จำนวนอัลลีลเฉลี่ยต่อตำแหน่ง มีค่าตั้งแต่ 1.00-1.25 โดยมีค่าไม่แตกต่างอย่างชัดเจน เปอร์เซ็นต์โลไซที่มีความหลากหลาย (polymorphic loci) มีค่าระหว่าง 0.083-0.250 ค่าเฮเทอโรไซโกตจากการเจเนบ (observed heterozygosity, H_o) มีค่าสูงโดยมีค่าระหว่าง 0.038-0.125 ค่าเฮเทอโรไซโกตทางทฤษฎี (expected heterozygosity, H_e) ของตัวอย่างที่มีค่าต่ำกว่าค่า observed ทำให้ค่า F_{is} มีค่าเป็นลบ ยกเว้นตัวอย่างจากห้วยเต่าดำที่มีค่า H_e มากกว่า H_o

ตารางที่ 1. แสดงค่าความถี่อัลลีล (Allele frequencies) ของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* (n= จำนวนตัวอย่าง และ h= ค่าเฮเทอโรไซโกตที่ต่อยีน 1 ตำแหน่ง)

ยีน	จุดสำรวจ									
	น้ำตก ไทรโยคน้อย	น้ำตก ไทรโยคใหญ่	ห้วย เต่าดำ	ลำธารข้างน้ำ พุร้อนหินดาด	น้ำตก ผาตาด	น้ำพุ ห้วยเขย่ง	ลำธารบ้าน ท่ามะเดื่อ	น้ำตก เกริงกระเวีย	น้ำตก ไต้ช่องถ้อง	น้ำตก ตะเคียนทอง
<i>Aldox</i> .32 n h	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0
<i>Xdh</i> .43 n h	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0
<i>Mdh</i> .90 .82 .70 n h	0.00 1.000 0.00 30 0.0	0.00 1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 0.00 25 0.0	0.00 0.00 1.000 30 0.0	0.00 0.00 1.000 30 0.0	0.00 1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 0.00 30 0.0	1.000 0.00 0.00 30 0.0	1.000 0.00 0.00 30 0.0	1.000 0.00 0.00 25 0.0
<i>Est-1</i> .96 n h	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0
<i>Est-2</i> .68 n h	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0	1.000 35 0.0	1.000 30 0.0
<i>Est-3</i> .63 .54 n h	0.071 0.929 35 0.132	0.083 0.914 30 0.158	0.500 0.500 30 0.500	1.000 0.00 30 0.0	0.500 0.500 35 0.500	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 35 0.0	0.333 0.667 30 0.444	0.143 0.857 35 0.245	0.167 0.833 30 0.278
<i>Est-4</i> .49 .46 .44 n h	0.571 0.429 0.00 35 0.490	0.583 0.417 0.00 30 0.486	0.666 0.0 0.334 30 0.445	Null 30 -	0.500 0.500 0.00 35 0.500	0.333 0.167 0.500 30 0.611	0.417 0.083 0.500 35 0.569	0.833 0.167 0.00 30 0.278	0.643 0.357 0.00 35 0.459	0.583 0.417 0.00 30 0.486
<i>Est-5</i> .42 .35 n h	0.929 0.071 35 0.132	0.917 0.083 30 0.152	0.167 0.833 30 0.278	0.500 0.500 30 0.500	0.500 0.500 35 0.500	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 35 0.0	0.583 0.417 30 0.486	0.917 0.083 35 0.152	0.833 0.167 30 0.278
<i>Lap-1</i> .64 n h	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0
<i>Lap-2</i> .43 .38 n h	0.00 1.000 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0
<i>Ldh-1</i> .92 .85 n h	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	0.00 1.000 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0	1.000 0.00 30 0.0
<i>Ldh-2</i> .41 n h	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0	1.000 30 0.0

การทดสอบความแตกต่างยีนระหว่างหอยน้ำจืด *Paludomus* ทั้ง 10 พื้นที่ แสดงว่ายีนทุกคู่แตกต่างกันที่ยีนอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง ระยะห่างทางพันธุกรรม (ตารางที่ 3) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.000399 ซึ่งเป็นค่าระหว่างหอยจากน้ำตกไทรโยคน้อยและน้ำตกไทรโยคใหญ่ ค่าระยะห่างทางพันธุกรรมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.439390 ซึ่งเป็นค่าระหว่างหอย

จากห้วยเต่าดำและน้ำตกไทรโยคน้อย จากผังความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (UPGMA dendrogram ภาพที่ 6) แสดงว่า หอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ที่ทำการศึกษแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ซึ่งแตกต่างกันด้วยค่าระยะห่างทางพันธุกรรม 0.194073 โดยหอยที่เก็บตัวอย่างจากห้วยเต่าดำแยกจากพื้นที่อื่นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 2. แสดงค่าจำนวนอัลลีลเฉลี่ยต่อตำแหน่ง, เปอร์เซนต์สัดส่วนยีนในสภาวะหลากหลายรูปแบบ, ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีทั้งค่าจริง (H_0) และค่าตามทฤษฎี (H_e) และค่าสัมประสิทธิ์ (F_{is}) ของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus*

จุดสำรวจ	จำนวนอัลลีลเฉลี่ยต่อตำแหน่ง	เปอร์เซนต์สัดส่วนยีนในสภาวะหลากหลายรูปแบบ	ค่าเฮเทอโรไซโกตี		ค่า F_{is}
			ค่าจริง (H_0)	ค่าทางทฤษฎี (H_e)	
น้ำตกไทรโยคน้อย	1.250	0.250	0.095	0.063	-0.508
น้ำตกไทรโยคใหญ่	1.250	0.250	0.097	0.066	-0.469
ห้วยเต่าดำ	1.250	0.250	0.083	0.102	0.186
ลำธารข้างบ่อน้ำพุร้อนหินดาด	1.000	0.083	0.083	0.042	-0.976
น้ำตกผาดาด	1.250	0.250	0.250	0.125	-1.000
น้ำพุห้วยเขย่ง	1.167	0.083	0.083	0.051	-0.627
ลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเดื่อ	1.167	0.250	0.083	0.047	-0.766
น้ำตกเกริงกระเวีย	1.250	0.083	0.153	0.101	-0.515
น้ำตกไคช่องถ้อง	1.250	0.083	0.095	0.071	-0.338
น้ำตกตะเคียนทอง	1.250	0.250	0.125	0.087	-0.437
ค่าเฉลี่ย	1.208	0.183	0.115	0.076	-0.582

ตารางที่ 3. แสดงค่าความเหมือนทางพันธุกรรม (I), ด้านบน และค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (D), ด้านล่าง ของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus*

จุดสำรวจ	น้ำตกไทรโยคน้อย	น้ำตกไทรโยคใหญ่	ห้วยเต่าดำ	ลำธารข้างบ่อน้ำพุร้อนหินดาด	น้ำตกผาดาด	น้ำพุห้วยเขย่ง	ลำธารบ้านท่ามะเดื่อ	น้ำตกเกริงกระเวีย	น้ำตกไคช่องถ้อง	น้ำตกตะเคียนทอง
น้ำตกไทรโยคน้อย	-	0.999959	0.644431	0.788739	0.874229	0.906736	0.817923	0.886110	0.909745	0.908328
น้ำตกไทรโยคใหญ่	0.000399	-	0.646966	0.791336	0.875744	0.908626	0.819823	0.887785	0.90988	0.908559
ห้วยเต่าดำ	0.439390	0.435461	-	0.651046	0.689351	0.636883	0.730851	0.788151	0.713749	0.755154
ลำธารหินดาด	0.237330	0.234033	0.418480	-	0.952381	0.868741	0.867144	0.829804	0.799022	0.808019
น้ำตกผาดาด	0.134413	0.132681	0.372005	0.048791	-	0.845879	0.844324	0.892466	0.878248	0.885680
น้ำพุห้วยเขย่ง	0.097904	0.095811	0.451169	0.140710	0.167379	-	0.911739	0.831792	0.828524	0.829273
ลำธารป่าท่ามะเดื่อ	0.200987	0.198667	0.313546	0.142550	0.169219	0.092401	-	0.925357	0.917732	0.918347
น้ำตกเกริงกระเวีย	0.120914	0.119026	0.238066	0.186566	0.113767	0.184173	0.077597	-	0.983373	0.986000
น้ำตกไคช่องถ้อง	0.094519	0.094443	0.296052	0.224369	0.129827	0.188110	0.085850	0.016767	-	0.999019
น้ำตกตะเคียนทอง	0.096149	0.095898	0.285665	0.213170	0.121399	0.187206	0.085180	0.014099	0.000981	-

6. การติดเชื้อปรสิต

ผลการติดเชื้อปรสิตของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* จากจุดสำรวจ 10 พื้นที่ พบการติดเชื้อปรสิตใน 8 พื้นที่ (ยกเว้นน้ำตกเกริงกระเวีย และน้ำตกไคช่องถ้อง ไม่พบการติดเชื้อปรสิต) ตัวอ่อนระยะเซอร์คาเรียที่พบมี 4 กลุ่ม (ภาพที่ 7) คือ *Parapleurolophocercus cercaria* และ *Strigea cercaria* เป็นพยาธิใบไม้ที่ก่อโรคในนก *Cotylomicrocercus cercaria* เป็นตัวอ่อนพยาธิใบไม้ที่ก่อโรคในปลาน้ำจืดขนาดเล็ก และ *Virgulate cercaria* เป็นตัวอ่อนพยาธิใบไม้ที่ก่อโรคในสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก

บทสรุป

จากการรายงานของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต (Brandt, 1974) โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* 2 ชนิดในประเทศไทย ได้แก่ *P. petrosus* และ *P. siamensis* ในจังหวัดกาญจนบุรีพบเพียง *P. siamensis* เท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้ลักษณะทางสัณฐานวิทยายังคงเป็นลักษณะหลักที่ใช้ในการจัดจำแนกชนิด

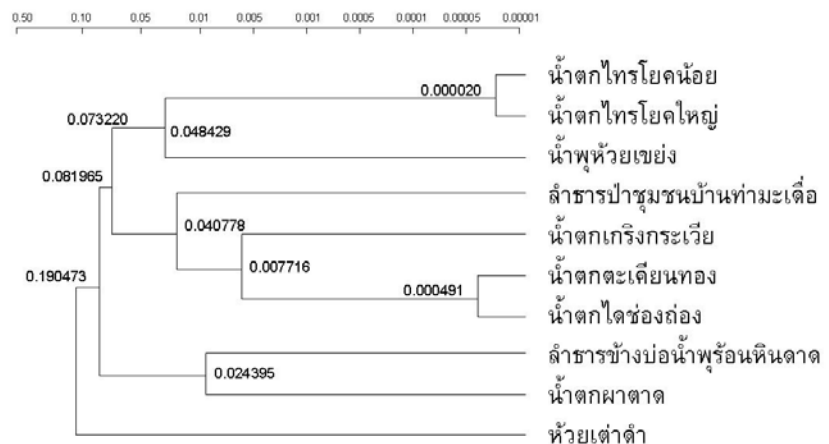
ซึ่งพบว่าไม่เพียงพอในการจำแนก ยังต้องมีข้อมูลด้านอื่นๆ มาช่วยในการจัดจำแนกเช่น ลักษณะทางกายวิภาค รูปแบบทางพันธุกรรม ซึ่งได้ทำการศึกษาล้างในครั้งนี

จากการศึกษาหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* บริเวณลุ่มแม่น้ำแควน้อย จังหวัดกาญจนบุรี 10 พื้นที่ พบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคคล้ายคลึงกัน ยกเว้นตัวอย่างหอยจากห้วยเต่าดำที่แตกต่างจากพื้นที่อื่นอย่างชัดเจน

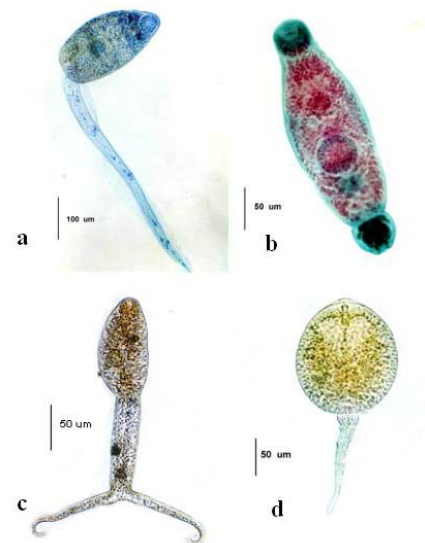
ใน หอย น้ำ จืด ส กุล *Paludomus* ความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในชนิดมีค่าสูง ค่าเฉลี่ยเฮตเทอโรไซโกซิตีของหอยสกุลนี้ (H_0 มีค่า 0.115 และ H_e มีค่า 0.075) มีค่าใกล้เคียงกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกซึ่งมีค่า 0.100 และ 0.079 ตามลำดับ (Nevo, 1978 อ้างตาม อุทัยรัตน์, 2543) ส่วนใหญ่ในทุกพื้นที่พบว่าค่า $H_0 > H_e$ แสดงว่าหอยที่เป็นเฮตเทอโรไซโกตมีอยู่จำนวนมากกว่าที่ควรจะเป็น อาจเกิดจากการที่โฮโมไซโกตมีอัตราการรอดต่ำกว่าเฮตเทอโรไซโกต ปรากฏการณ์เช่นนี้พบได้บ่อยในหอยทะเล (อุทัยรัตน์, 2543) จากการศึกษาพบว่าหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* มีค่าเฮตเทอโรไซโกซิตีสูง แสดงว่ายังคงมีประชากรขนาดใหญ่

จากแผนผังความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมแสดงว่าสามารถแบ่งหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับชนิดย่อย (มีค่า $D \geq 0.1$) โดยหอยที่เก็บตัวอย่างจากห้วยเต่าดำแยกจากพื้นที่อื่นอย่างชัดเจน หอยที่เก็บตัวอย่างจากอีก 9 พื้นที่ ค่ายะห่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรกลุ่มนี้มีค่าสูง ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มประชากรย่อยในระดับเกือบเป็นชนิดย่อย (มีค่า D ใกล้เคียง 0.1) กลุ่มที่หนึ่งหอยจากลำธารข้างบ่อน้ำพุร้อนหินดาดและน้ำตกผาตาด กลุ่มที่สองหอยจากลำธารป่าชุมชนบ้านท่ามะเตือ น้ำตกเกริงกระเวีย น้ำตกไคช่องถ่อง และน้ำตกตะเคียนทอง กลุ่มสุดท้ายได้แก่ หอยจากน้ำตกไทรโยคน้อย น้ำตกไทรโยคใหญ่ และน้ำพุห้วยเขย่ง โดยที่หอยจากน้ำตกไทรโยคน้อยกับน้ำตกไทรโยคใหญ่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้ชิดกันมากที่สุด

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* ทั้ง 10 พื้นที่ข้างต้นสอดคล้องกับความสัมพันธ์ที่ศึกษาโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา ลักษณะกายวิภาค และรูปแบบเอนไซม์ของหอยทั้ง 10 พื้นที่ ที่แตกต่างกัน 20 ลักษณะ จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการด้วยโปรแกรม PAUP (ภาพที่ 8) ซึ่งพบว่าหอยที่เก็บตัวอย่างจากห้วยเต่าดำมีความแตกต่างจากแหล่งพื้นที่อื่นอย่างชัดเจน



ภาพที่ 6. แผนผังความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus*

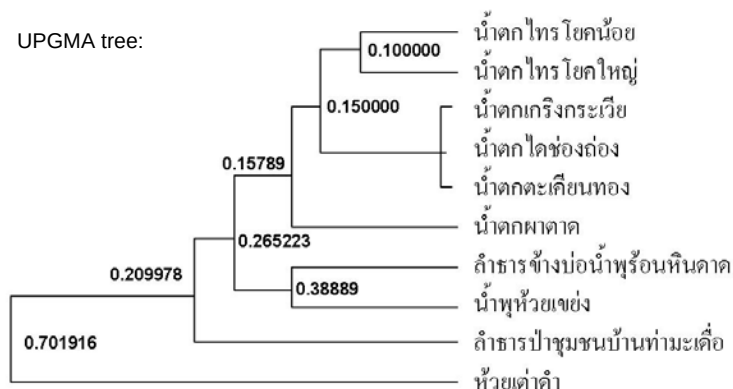


ภาพที่ 7. ชนิดตัวอ่อนระยะเซเรคาร์เรียที่พบในหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus*, a) *Parapleurolophocercus cercaria*, b) *Strigea cercaria*, c) *Cotylomicrocercus cercaria*, d) *Virgulate cercaria*

จากการศึกษาพบเชื้อปรสิตระยะเซอร์คาเรียในหอยน้ำจืดสกุลนี้ 4 กลุ่ม คือ *Parapleurolophocercus cercaria*, *Strigea cercaria*, *Cotylomicrocercus cercaria* และ *Virgulate cercaria* ซึ่งเป็นตัวอ่อนพยาธิใบไม้ที่ก่อโรคในนก และปลาน้ำจืดขนาดเล็ก

การค้นพบหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* จากห้วยเต่าดำเป็นสิ่งที่น่าสนใจ แม้ในขณะนี้ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นชนิดใหม่หรือไม่ แต่พบว่าเป็นชนิดเดียวที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกับพื้นที่อื่นๆ ชัดเจน แสดงว่าหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* บริเวณลุ่มแม่น้ำแควน้อย จังหวัดกาญจนบุรี น่าจะมีความหลากหลายทางชนิดพันธุ์มากกว่า 1 ชนิด นอกจากนั้นในทางนิเวศวิทยาหอยน้ำจืดเป็นสิ่งมีชีวิตหนึ่งในระบบสายโซ่อาหาร ดังนั้นผลการศึกษาการติดเชื่อปรสิตในหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเฝ้าระวังโรคในสัตว์เพื่อช่วยในการอนุรักษ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศได้

UPGMA tree:



ภาพที่ 8. แผนผังความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของหอยน้ำจืดสกุล *Paludomus* (คำนวณจากลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาค และไอโซเอนไซม์)

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145038 และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

เอกสารอ้างอิง

- ดวงเดือน ไกรลาส และคณะ. 2544. การศึกษาความหลากหลายของหอยน้ำจืดในเขตพื้นที่ป่าเต่าดำ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2543. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- Brandt, R.A.M. 1974. The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. *Arch Moll.* 105: 1-423.
- Malax, E.A. and T.C. Cheng. 1974. Medical and economic malacology. Academic Press, New York.
- Schell, S.C. 1962. Parasitology laboratory manual. John Wiley and sons, New York.
- Yamaguti, S. 1975. A synoptical review of life histories of digenetic trematodes of vertebrates. Keigaken Publishing Co., Tokyo.

ความหลากหลายชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี

นฤชิต เสาวคนธ์, ประจิตร วงศ์รัตน์ และ ณรงค์ วีระไวทยะ

ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Abstract: Diversity of Fishes Found in the Impoundment of Krasieo Dam, Suphanburi Province

Naruechit Saowakontha, Prajit Wongrat and Narong Veeravaitaya

Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

A study on species diversity of fishes in Krasieo Dam Impoundment and its streams tributaries was conducted from October 2001 to October 2002 by sampling at 20 stations consisting of 10 stations in the reservoir and 10 stations in the streams. Fish specimens were identified into 19 families, 39 genera and 50 species in this study. The fish were divided into 4 main groups, i.e. carps (15 species), catfishes (6 species), murrels (3 species) and miscellaneous species (26 species) or 30, 6, 12 and 52 percent of total fish species, respectively.

Ecological analyses showed that the Shannon and Wiener's diversity index ranged from 1.570 to 3.865 with the highest value being at station 19 and the lowest at station 3. The evenness index ranged from 0.466 to 0.867 with the highest value being found at station 20 and the lowest at station 9. Additionally, the results showed that eleven species were found only in stream areas, 7 species in reservoir areas only and 32 species were widely distributed in both reservoir and tributary areas.

Key words: Krasieo Dam, diversity of fishes, fish species

บทนำ

อ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียวตั้งอยู่ในเขตอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่มีความสำคัญในด้านการชลประทานและการประมง และมีอายุนานกว่า 25 ปี การศึกษาเรื่องชนิดและปริมาณปลาในอ่างเก็บน้ำ พบว่าเริ่มมีการศึกษาครั้งแรกในระหว่างการดำเนินการก่อสร้างเขื่อนกระเสียว โดยบุญช่วย และเกรียงไกร (2523) การศึกษานั้นพบพันธุ์ปลารวม 24 ชนิด แต่หลังจากที่อ่างเก็บน้ำก่อสร้างแล้วเสร็จ อ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียวได้กลายเป็นแหล่งทำการประมงที่สำคัญของชุมชนและพื้นที่ข้างเคียงโดยรอบ ต่อมากรมประมงได้ทำการศึกษาถึงทรัพยากรประมงในอ่างเก็บน้ำอย่างต่อเนื่องในประเด็นต่างๆ เช่น การสำรวจเพื่อศึกษาอุปนิสัยการกินอาหารของปลาบางชนิด (สันทนา และคณะ, 2533ก) การสำรวจเพื่อศึกษาฤดูวางไข่และแหล่งวางไข่ของปลา (สันทนา และคณะ, 2533ข) การศึกษาสำรวจทรัพยากรประมง (บุญยรัตน์ และคณะ, 2536) และการสำรวจเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลา (สุวีณา และคณะ, 2537) ดังนั้นเพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงประชากรปลาอันเป็นทรัพยากรประมงของอ่างเก็บน้ำ ในสภาวะปัจจุบัน การศึกษานี้จึงเน้นไปที่การตรวจสอบชนิด ลักษณะทางอนุกรมวิธานและปริมาณปลาที่พบในแต่ละถิ่นที่อยู่อาศัยในอ่างเก็บน้ำ และนำสาขาคือเป็นหลัก พื้นที่ศึกษาจะครอบคลุมทั้งภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำและบริเวณลำห้วยสาขา ในช่วงระยะเวลา 1 ปี หรือ 1 รอบฤดูการ (ฤดูน้ำหลาก-ฤดูแล้ง) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ทั้งหมดจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว และแหล่งน้ำอื่นๆ ของประเทศต่อไป

วิธีการ

1. การเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ปลา

ทำการศึกษาความหลากหลายชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี โดยเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาทั้งหมด 5 ครั้ง จากจุดสำรวจต่างๆ (ภาพที่ 1) ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแทนของพื้นที่ส่วนต่างๆ ภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 11-20) ลำห้วยสาขาหลักที่ไหลสู่อ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 1-8 และ 10) และลำห้วยตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 9) (ตารางที่ 1) ดังนี้

เก็บตัวอย่างปลาจากจุดสำรวจต่างๆ โดยใช้OWNขนาดช่องตา 2.5 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เมตร ยาว 50.0 เมตร ล้อมบริเวณจุดสำรวจที่กำหนดไว้ แล้วใช้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ช็อตปลาภายในพื้นที่ที่ล้อมไว้คิดเป็นพื้นที่เฉลี่ย 500 ตารางเมตร และใช้สวิงเก็บรวบรวมตัวอย่างปลา และบันทึกลักษณะภายนอกและสีของตัวปลาขณะสดโดยการถ่ายภาพ และเก็บรักษาตัวอย่างปลาด้วยสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 10% พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลกำกับตัวอย่างสำหรับการศึกษาโดยละเอียดในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ

ค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ (standing crop) จำนวนตัวอย่างปลาที่เก็บรวบรวมได้ต่อพื้นที่ๆ ทำการเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นตัวต่อไร่ คำนวณจากสูตร

$$\text{Standing crop (ตัวต่อไร่)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่สุ่มได้ (ตัว)}}{\text{พื้นที่สุ่มตัวอย่าง (ไร่)}}$$

ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (diversity index) ตามวิธี Shannon Weiner's index (Kreb, 1985) โดยใช้สูตร

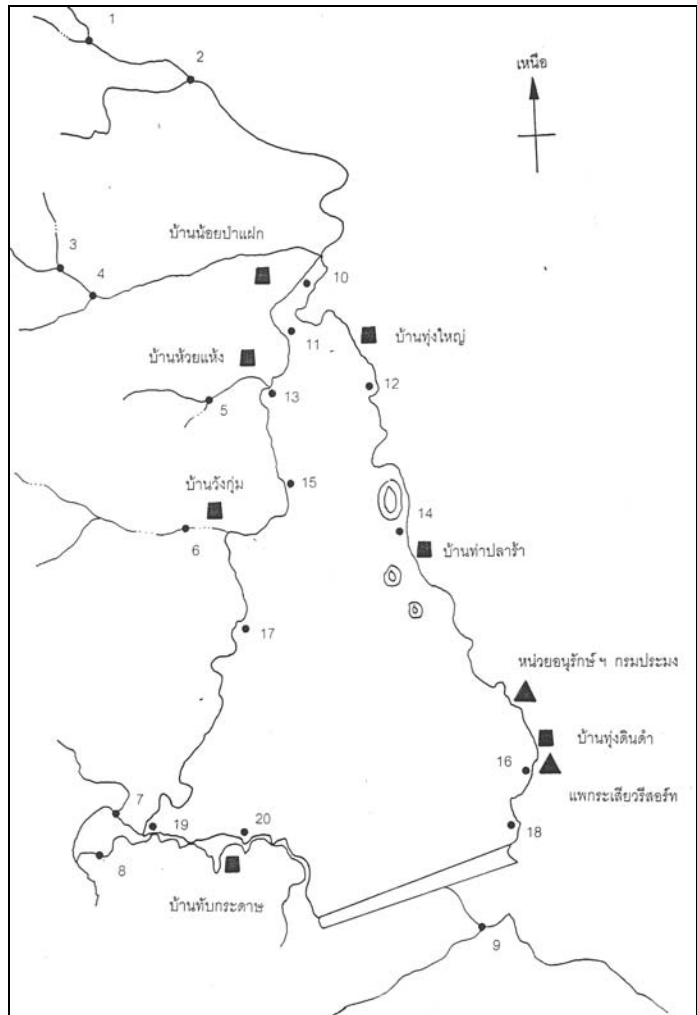
$$H = - \sum (P_i \log_2 P_i)$$

เมื่อ H = จำนวนชนิดในแต่ละจุดสำรวจ
 P_i = จำนวนในแต่ละชนิดหารด้วยจำนวนทั้งหมด

ดัชนีความสม่ำเสมอหรือดัชนีความเท่าเทียม (evenness index หรือ equitability index) ตามวิธี Pielou index (Kreb, 1985) โดยใช้สูตร

$$E = H / H_{\max}$$

เมื่อ H = ค่าดัชนีความหลากหลายของแต่ละจุดสำรวจ
 $H_{\max}$ = $\ln S$ (เมื่อ S = จำนวนชนิดในแต่ละจุดสำรวจ)



ภาพที่ 1. แผนที่จุดสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว และลำห้วยสาขา จังหวัดสุพรรณบุรี (มาตราส่วน 1: 50,000)

ค่า Percentage species composition คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากจำนวนชนิดของปลาในแต่ละกลุ่ม ดังนี้ กลุ่มปลาสร้อยและปลาตะเพียน (carps) ได้แก่ ปลาในวงศ์ Cyprinidae, กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อน และปลาดุก (catfishes) ได้แก่ ปลาในวงศ์ Bagridae, Siluridae และ Clariidae, กลุ่มปลาช่อน (murels) ได้แก่ ปลาในวงศ์ Channidae และกลุ่มปลาอื่นๆ (miscellaneous) ได้แก่ ปลาในวงศ์ต่างๆ ที่เหลือจากข้างต้น ต่อจำนวนชนิดของปลาทั้งหมดที่จับได้ในแต่ละบริเวณที่ทำการสำรวจ

ตารางที่ 1. จุดสำรวจและพื้นที่ทำการสุ่มตัวอย่างปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี

จุดสำรวจที่	ลักษณะของพื้นที่สำรวจ
1	สบห้วยคอกควาย เหนือขึ้นไปจากอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ประมาณ 20 กิโลเมตร (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
2	สบห้วยกระเสียว บริเวณบ้านเจ้าวัดเหนือขึ้นไปจากอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ประมาณ 10 กิโลเมตร (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
3	สบห้วยซบปลาก้าง บริเวณบ้านป่าขี (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
4	สบห้วยชะลอมกับห้วยซบปลาก้างบริเวณบ้านกกตาด (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
5	ห้วยแห้ง (ห้วยขม้น) บริเวณห้วยแห้ง (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
6	ห้วยวังกุ่ม (ห้วยแห้ง) บริเวณบ้านวังกุ่ม (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
7	ห้วยท่าเตื่อ (เหนือฝายหนองม่วง) บริเวณบ้านทับกระดาศ (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
8	ห้วยท่าเตื่อ (เหนือฝายทับกระดาศ) บริเวณบ้านทับกระดาศ (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
9	สบห้วยกระเสียวกับห้วยแม่ทวีป บริเวณบ้านนาตาปิ่น ไตสันเขื่อนลงมาประมาณ 1 กิโลเมตร (ลำห้วยใต้อ่างเก็บน้ำ)
10	สบห้วยกระเสียวกับห้วยชะลอม (ห้วยด่าน) บริเวณบ้านน้อยป่าแฝก (ลำห้วยก่อนไหลลงอ่างเก็บน้ำ)
11	ปากห้วยกระเสียว บริเวณบ้านน้อยป่าแฝก (พื้นที่ปะทะน้ำภายในอ่างเก็บน้ำ)
12	ริมอ่างเก็บน้ำบริเวณบ้านทุ่งใหญ่ (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)
13	ปากห้วยแห้ง (ห้วยขม้น) บริเวณบ้านห้วยแห้ง (พื้นที่ปะทะน้ำ)
14	ริมอ่างเก็บน้ำบริเวณบ้านท่าปลาร้า (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)
15	ริมอ่างเก็บน้ำบริเวณบ้านห้วยแห้ง (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)
16	ริมอ่างเก็บน้ำใกล้กับแพกระเสียวรีสอร์ท (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)
17	ริมอ่างเก็บน้ำบริเวณบ้านวังกุ่ม (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)
18	ภูเขาหินบริเวณสันเขื่อน (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)
19	ปากห้วยท่าเตื่อบริเวณบ้านทับกระดาศ (พื้นที่ปะทะน้ำภายในอ่างเก็บน้ำ)
20	ริมอ่างเก็บน้ำบริเวณบ้านทับกระดาศ (ชายฝั่งภายในอ่างเก็บน้ำ)

ผลการวิจัย

1. ชนิดพันธุ์ปลาที่พบภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียวและลำห้วยสาขา

จากการเก็บข้อมูลและรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ปลารวมทั้งสิ้น 5 ครั้ง เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนตุลาคม 2545 พบปลาทั้งสิ้นจำนวน 19 วงศ์ 38 สกุล 50 ชนิด ได้แก่ วงศ์ Notopteridae 1 ชนิด วงศ์ Cyprinidae 15 ชนิด วงศ์ Homalopteridae 4 ชนิด วงศ์ Cobitidae 5 ชนิด วงศ์ Bagridae 3 ชนิด วงศ์ Siluridae 1 ชนิด วงศ์ Clariidae 2 ชนิด วงศ์ Belonidae 1 ชนิด วงศ์ Hemiramphidae 1 ชนิด วงศ์ Synbranchidae 1 ชนิด วงศ์ Mastacembelidae 2 ชนิด วงศ์ Chandidae 2 ชนิด วงศ์ Nandidae 1 ชนิด วงศ์ Cichlidae 1 ชนิด วงศ์ Eleotridae 1 ชนิด วงศ์ Gobiidae 2 ชนิด วงศ์ Anabantidae 1 ชนิด วงศ์ Belontiidae 3 ชนิด และวงศ์ Channidae 3 ชนิด และเมื่อทำการจำแนกพันธุ์ปลาตามสภาพของแหล่งน้ำซึ่งเป็นที่ตั้งของจุดสำรวจต่างๆ (ตารางที่ 2) พบว่า บริเวณลำห้วยสาขาที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 1-8 และ 10) พบพันธุ์ปลารวม 42 ชนิด โดย 11 ชนิด ได้แก่ ชิวไบไม่เล็กแถบขาว (*Danio albolineatus*) เลีย หิน (*Garra cambodgiensis*) ฝี่เสื่อติดหิน (*Homaloptera leonardi*) จิ้งจก (*H. smithi*) ค้อ (*Nemacheilus fowlerianus*) ค้อ มัสยะ (*N. masyai*) ราก ก ลั ว ย แด ระ (*Acanthopsoides gracilis*)

อี๊ด (*Lepidocephalichthys berdmorei*) อี๊ด (*L. hasselti*) Eel loach (*Pangio oblonga*) และแขยงหิน (*Leiocassis*



a.



b.



c.



d.

ภาพที่ 2. ปลาบางชนิดที่พบเฉพาะบริเวณลำห้วยที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ

a. ชิวใบไม้เล็กแถบขาว (*Danio albolineatus*), b. ผีเสื้อติดหิน (*Homaloptera leonardi*),

c. ค้อ (*Nemacheilus fowleri*), d. อี๊ด (*Lepidocephalichthys berdmorei*)

ข้างลาย (*Mystus mysticetus*) สยมพร (*Ompok bimaculatus*) หมอช้างเหี้ยยบ (*Pristolepis fasciata*) และสลิด (*Trichogaster pectoralis*) จะพบเฉพาะภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำเท่านั้น (ภาพที่ 3)

2. ค่าดัชนีทางนิเวศวิทยา

ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity index) และค่าดัชนีความเท่าเทียม (evenness index) จากการศึกษาค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความเท่าเทียมตามพื้นที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด 20 จุดสำรวจ พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.570-3.865 และ 0.466-0.867 ตามลำดับ โดยจุดที่มีค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความเท่าเทียมดีที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 20 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.865 และ 0.867 ตามลำดับ จุดที่มีค่า



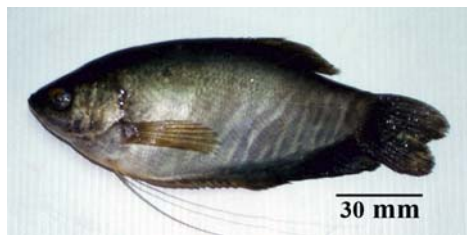
a.



b.



c.



d.

ภาพที่ 3. ปลาบางชนิดที่พบเฉพาะภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำ

a. หมอช้างเหี้ยยบ (*Parambassis apogonoides*), b. ขนงข้างลาย (*Mystus mysticetus*),

c. หมอช้างเหี้ยยบ (*Pristolepis fasciata*), d. สลิด (*Trichogaster pectoralis*)

ดัชนีความหลากหลายและดัชนีความเท่าเทียมต่ำที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 3 และจุดสำรวจที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.570 และ 0.466 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความเท่าเทียมตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 3.161-4.240 และ 0.627-0.796 โดยในการสำรวจครั้งที่ 3 (มี.ค.-เม.ย. 2545) ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง มีค่าดัชนีความหลากหลายดีที่สุดเท่ากับ 4.240 และในการสำรวจครั้งที่ 1 (ต.ค.-พ.ย. 2544) ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลาก มีค่าดัชนีความเท่าเทียมดีที่สุดเท่ากับ 0.796 ช่วงเวลาที่พบว่ามีความหลากหลายและค่าดัชนีความเท่าเทียมต่ำที่สุด ได้แก่ ช่วงที่แล้งที่สุดของอ่างเก็บน้ำในการสำรวจครั้งที่ 5 (ก.ย.-ต.ค. 2545) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.161 และ 0.627 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ (standing crop) จากการศึกษาค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ตามพื้นที่ที่ทำการศึกษทั้งหมด 20 จุดสำรวจ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 113-616 ตัวต่อไร่ โดยจุดที่มีค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ที่ดีที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 19 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 616 ตัวต่อไร่ จุดที่มีค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ต่ำที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 113 ตัวต่อไร่ (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาผลผลิตปลาต่อพื้นที่ตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 89-486 ตัวต่อไร่ โดยในการสำรวจครั้งที่ 2 (ธ.ค.-ม.ค. 2545) ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลาก มีค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ดีที่สุดเท่ากับ 486 ตัวต่อไร่ ช่วงเวลาที่พบว่ามีค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ต่ำที่สุด ได้แก่ การสำรวจครั้งที่ 1 (ต.ค.-พ.ย. 2544) ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลากเช่นเดียวกัน แต่มีค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่เท่ากับ 86 ตัวต่อไร่ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2. การแพร่กระจายของชนิดพันธุ์ปลาในบริเวณพื้นที่ทำการสำรวจระหว่างเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนตุลาคม 2545

No.	Scientific name	Family	การแพร่กระจาย			บริเวณที่พบชุกชุม*	
			จุดสำรวจ	จุดสำรวจ	จุดสำรวจ	(จุดสำรวจ)	
			1-8 และ 10	11-20	9	ฤดูน้ำหลาก	ฤดูแล้ง
1	<i>Acantopsis choirorhynchus</i>	Cobitidae	X	X			
2	<i>Acanthopsoidea gracilis</i>	Cobitidae	X				
3	<i>Anabas testudineus</i>	Anabantidae	X	X			
4	<i>Channa gachua</i>	Channidae	X	X	X		
5	<i>Channa micropeltes</i>	Channidae		X	X		
6	<i>C. striata</i>	Channidae	X	X	X	20	7
7	<i>Cirrhinus siamensis</i>	Cyprinidae	X	X			11
8	<i>Clarias batrachus</i>	Clariidae	X	X			
9	<i>C. gariepinus</i>	Clariidae		X			
10	<i>Cyclocheilichthys repasson</i>	Cyprinidae	X	X	X		10, 13, 14
11	<i>Danio albolineatus</i>	Cyprinidae	X			3, 4	3
12	<i>Dermogenys pusilla</i>	Hemiramphidae	X	X	X		
13	<i>Esomus metallicus</i>	Cyprinidae	X	X	X	2	15, 17
14	<i>Garra cambodgiensis</i>	Cyprinidae	X				
15	<i>Gobiopertus chuno</i>	Gobiidae	X	X	X		
16	<i>Hampala macrolepidota</i>	Cyprinidae	X	X			
17	<i>Hemibagrus nemurus</i>	Bagridae	X	X	X		
18	<i>Homaloptera leonardi</i>	Homalopteridae	X				
19	<i>H. smithi</i>	Homalopteridae	X				
20	<i>Labiobarbus siamensis</i>	Cyprinidae	X	X	X	10, 14	11, 12, 13, 14, 19
21	<i>Leiocassis siamensis</i>	Bagridae	X				
22	<i>Lepidocephalichthys berdmorei</i>	Cobitidae	X				
23	<i>L. hasselti</i>	Cobitidae	X				
24	<i>Macroganathus siamensis</i>	Mastacembelidae	X	X			
25	<i>Mastacembelus favus</i>	Mastacembelidae	X	X			
26	<i>Monopterus albus</i>	Synbranchidae	X	X			
27	<i>Mystacoleucus marginatus</i>	Cyprinidae	X	X		2, 5, 6	4, 10
28	<i>Mystus mysticetus</i>	Bagridae		X			
29	<i>Nemacheilus fowlerianus</i>	Homalopteridae	X				
30	<i>N. masyai</i>	Homalopteridae	X				
31	<i>Notopterus notopterus</i>	Notopteridae	X	X			
32	<i>Ompok bimaculatus</i>	Siluridae		X			
33	<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	X	X			
34	<i>Osteochilus lini</i>	Cyprinidae	X	X			19
35	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	Eleotridae	X	X			18
36	<i>Pangio oblonga</i>	Cobitidae	X				

ตารางที่ 2. (ต่อ)

No.	Scientific name	Family	การแพร่กระจาย			บริเวณที่พบชุกชุม*	
			จุดสำรวจ	จุดสำรวจ	จุดสำรวจ	(จุดสำรวจ)	
			1-8 และ 10	11-20	9	ฤดูน้ำหลาก	ฤดูแล้ง
37	<i>Parambassis apogonoides</i>	Chandidae		X			
38	<i>P. siamensis</i>	Chandidae	X	X	X	9	9
39	<i>Pristolepis fasciata</i>	Nandidae		X			
40	<i>Puntius binotatus</i>	Cyprinidae	X	X		3, 4	3, 4
41	<i>P. gonionotus</i>	Cyprinidae		X	X	16	12, 15, 17
42	<i>P. leiacanthus</i>	Cyprinidae	X	X	X		
43	<i>P. orphoides</i>	Cyprinidae	X	X			10, 13
44	<i>Pseudogobiopsis oligactis</i>	Gobiidae	X	X	X		
45	<i>Rasbora borapetensis</i>	Cyprinidae	X	X	X		
45	<i>R. sumatrana</i>	Cyprinidae	X	X	X	1, 2, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 19	5, 6, 10, 13, 15, 17, 19
47	<i>Trichogaster pectoralis</i>	Belontiidae		X			
48	<i>T. trichopterus</i>	Belontiidae	X	X			17, 19
49	<i>Trichopsis vittata</i>	Belontiidae	X	X			
50	<i>Xenentodon cancila</i>	Belonidae	X	X	X		
รวม			42	39	16		

หมายเหตุ X สัญลักษณ์แสดงการสำรวจพบ

*บริเวณที่พบชุกชุม คือ บริเวณจุดสำรวจที่สำรวจพบจำนวนตัว / ชนิด ตั้งแต่ 30 ตัว ขึ้นไป

ตารางที่ 3. ค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ ค่าดัชนีความหลากหลาย และค่าดัชนีความเท่าเทียมของประชาคมปลาตามพื้นที่ศึกษาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี และลำห้วยสาขา

พื้นที่ศึกษา	จำนวนชนิด	ผลผลิตปลาต่อพื้นที่ (ตัวต่อไร่)	ดัชนีความหลากหลาย	ดัชนีความเท่าเทียม
จุดสำรวจที่ 1 ลำห้วย	16	273	3.154	0.789
จุดสำรวจที่ 2 ลำห้วย	25	406	2.970	0.640
จุดสำรวจที่ 3 ลำห้วย	6	335	1.570	0.607
จุดสำรวจที่ 4 ลำห้วย	9	421	2.171	0.685
จุดสำรวจที่ 5 ลำห้วย	20	455	2.370	0.548
จุดสำรวจที่ 6 ลำห้วย	14	362	1.791	0.471
จุดสำรวจที่ 7 ลำห้วย	15	302	2.401	0.615
จุดสำรวจที่ 8 ลำห้วย	14	113	2.874	0.755
จุดสำรวจที่ 9 ลำห้วย	18	444	1.944	0.466
จุดสำรวจที่ 10 ลำห้วย	29	436	3.221	0.663
จุดสำรวจที่ 11 พื้นที่ปะทะน้ำ	22	307	3.046	0.683
จุดสำรวจที่ 12 ชายฝั่ง	26	367	2.480	0.528
จุดสำรวจที่ 13 พื้นที่ปะทะน้ำ	29	454	3.077	0.633
จุดสำรวจที่ 14 ชายฝั่ง	24	348	2.653	0.579
จุดสำรวจที่ 15 ชายฝั่ง	21	222	2.999	0.683
จุดสำรวจที่ 16 ชายฝั่ง	18	189	3.274	0.785
จุดสำรวจที่ 17 ชายฝั่ง	15	243	3.086	0.790
จุดสำรวจที่ 18 ชายฝั่ง	21	186	2.986	0.680
จุดสำรวจที่ 19 พื้นที่ปะทะน้ำ	31	616	2.974	0.600
จุดสำรวจที่ 20 ชายฝั่ง	22	198	3.865	0.867

ตารางที่ 4. ค่าผลผลิตปลาต่อพื้นที่ ค่าดัชนีความหลากหลาย และค่าดัชนีความเท่าเทียมของประชาคมปลาตามช่วงเวลาการศึกษา

ฤดู	ครั้งที่ / ช่วงเวลา	จำนวนชนิด	ผลผลิตปลาต่อพื้นที่ (ตัวต่อไร่)	ดัชนีความหลากหลาย	ดัชนีความ เท่าเทียม
น้ำหลาก	ครั้งที่ 1 / ต.ค.-พ.ย.2544	25	89	3.695	0.796
	ครั้งที่ 2 / ธ.ค.-ม.ค.2545	39	486	3.467	0.656
แล้ง	ครั้งที่ 3 / มี.ค.-เม.ย.2545	41	333	4.240	0.791
	ครั้งที่ 4 / มิ.ย.-ก.ค.2545	40	353	4.049	0.761
	ครั้งที่ 5 / ก.ย.-ต.ค.2545	33	270	3.161	0.627

โครงสร้างประชากรปลา (percentage species composition) จากการศึกษานิตพันธุ์ปลาครั้งนี้ สามารถจำแนกองค์ประกอบโครงสร้างประชากรปลาตามประเภทกลุ่มปลาหลัก ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มปลาสวายและปลาตะเพียน (carps) มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 15 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 30 ของกลุ่มปลาทั้งหมด กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อน และปลาดุก (catfishes) มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 12 กลุ่มปลาช่อน (murels) มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 3 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 6 และกลุ่มปลาอื่นๆ (miscellaneous) มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 26 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 52 แต่เมื่อแยกพิจารณาออกเป็น 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณลำห้วยสาขาหลักที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 1-8 และ 10) ริมฝั่งภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 11-20) และ ลำห้วยตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 9) พบว่า ทั้ง 3 บริเวณมีสัดส่วนของชนิดพันธุ์ปลาที่พบแตกต่างกัน โดยบริเวณลำห้วยสาขาหลักที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำและภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำจะพบกลุ่มปลาอื่นๆ ในสัดส่วนที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55 และร้อยละ 46 และพบกลุ่มปลาช่อนในสัดส่วนที่น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 5 และร้อยละ 8 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมดในบริเวณนั้น ตามลำดับ ส่วนบริเวณลำห้วยตอนล่างของอ่างเก็บน้ำจะพบกลุ่มปลาสวายและปลาตะเพียนในสัดส่วนที่มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44 และพบกลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อนและปลาดุกในสัดส่วนที่น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 6 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมดในบริเวณนั้น (ตารางที่ 5-8)

ตารางที่ 5. โครงสร้างกลุ่มปลาหลัก (ร้อยละ) บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำและใต้บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จากการสำรวจในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2544 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2545

โครงสร้างประชากรปลา	รวมทุกจุดสำรวจ	
	จำนวนชนิด	ร้อยละ
กลุ่มปลาสวายและปลาตะเพียน	15	30
กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อน และปลาดุก	6	12
กลุ่มปลาช่อน	3	6
กลุ่มปลาอื่นๆ	26	52
รวม	50	100

ตารางที่ 6. โครงสร้างกลุ่มปลาหลัก (ร้อยละ) บริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว

โครงสร้างประชากรปลา	ลำห้วยสาขาหลักที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 1-8 และ 10)	
	จำนวนชนิด	ร้อยละ
กลุ่มปลาสวายและปลาตะเพียน	14	33
กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อน และปลาดุก	3	7
กลุ่มปลาช่อน	2	5
กลุ่มปลาอื่นๆ	23	55
รวม	42	100

ตารางที่ 7. โครงสร้างกลุ่มปลาหลัก (ร้อยละ) ภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว

โครงสร้างประชากรปลา	ริมฝั่งภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 11-20)	
	จำนวนชนิด	ร้อยละ
กลุ่มปลาสวายและปลาดุก	13	33
กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อน และปลาดุก	5	13
กลุ่มปลาช่อน	3	8
กลุ่มปลาอื่นๆ	18	46
รวม	39	100

ตารางที่ 8. โครงสร้างกลุ่มปลาหลัก (ร้อยละ) ใต้บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว

โครงสร้างประชากรปลา	ลำห้วยตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ (จุดสำรวจที่ 9)	
	จำนวนชนิด	ร้อยละ
กลุ่มปลาสวายและปลาดุก	7	44
กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อน และปลาดุก	1	6
กลุ่มปลาช่อน	3	19
กลุ่มปลาอื่นๆ	5	31
รวม	16	100

บทสรุป

การศึกษาเรื่องความหลากหลายชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี โดยกำหนดจุดสำรวจไว้ทั้งสิ้น 20 จุด จากการสำรวจ 5 ครั้ง เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2544 จนถึงเดือนตุลาคม 2545 พบปลาทั้งสิ้นจำนวน 19 วงศ์ 38 สกุล 50 ชนิด โดยแยกเป็นชนิดปลาที่พบเฉพาะบริเวณลำห้วยสาขาที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำจำนวน 11 ชนิด เช่น ชิวไบไฟแถบขาว (*Danio albolineatus*) ชนิดที่พบเฉพาะภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำจำนวน 7 ชนิด เช่น หมอช้างเหี้ยบ (*Pristolepis fasciatus*) และชนิดที่พบแพร่กระจายทั่วพื้นที่การศึกษาจำนวน 32 ชนิด เช่น ชิวสุมาตรา (*Rasbora sumatrana*) และยังสามารถจำแนกโครงสร้างประชากรปลาได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปลาสวาย ปลาตะเพียน (carps) หรือปลาในวงศ์ Cyprinidae มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 15 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 30 ของกลุ่มปลาทั้งหมด กลุ่มปลากด ปลาเนื้ออ่อนและปลาดุก (catfishes) หรือปลาในวงศ์ Bagridae, Siluridae และ Clariidae มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 12 กลุ่มปลาช่อน (murels) หรือปลาในวงศ์ Channidae มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 3 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 6 และกลุ่มปลาอื่นๆ (miscellaneous) มีชนิดพันธุ์ปลาที่พบรวม 26 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 52

ค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความเท่าเทียมตามพื้นที่ที่ทำการศึกษารวม 20 จุดสำรวจ พบว่า จุดที่มีค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความเท่าเทียมสูงที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 20 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.865 และ 0.867 ตามลำดับ จุดที่มีค่าดัชนีความหลากหลายและดัชนีความเท่าเทียมต่ำที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 3 และจุดสำรวจที่ 9 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.570 และ 0.466 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความเท่าเทียมตามช่วงเวลาที่ทำการศึกษา พบว่า ในการสำรวจครั้งที่ 3 (มี.ค.-เม.ย. 2545) ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง มีค่าดัชนีความหลากหลายสูงที่สุดเท่ากับ 4.240 และในการสำรวจครั้งที่ 1 (ต.ค.-พ.ย. 2544) ซึ่งเป็นช่วงฤดูน้ำหลาก มีค่าดัชนีความเท่าเทียมสูงที่สุดเท่ากับ 0.796 ช่วงเวลาที่พบว่า มีค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความเท่าเทียมต่ำที่สุด ได้แก่ ช่วงที่แล้งที่สุดของอ่างเก็บน้ำในการสำรวจครั้งที่ 5 (ก.ย.-ต.ค. 2545) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.161 และ 0.627 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาความหลากหลายชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี ในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ จำนวนชนิดพันธุ์ปลาที่พบลักษณะทางอนุกรมวิธานของชนิดเหล่านั้น ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการจัดการ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องพลวัตประชากรของปลาที่มีความสำคัญทั้งทางด้านเศรษฐกิจและทางนิเวศวิทยา การศึกษานิเวศวิทยาของแหล่งน้ำโดยละเอียดซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการใช้ประโยชน์บริเวณพื้นที่รอบอ่างโดยชุมชน ทั้งนี้ก็เพื่อให้การบริหารจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียวเป็นไปอย่างถูกต้องและยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145007

เอกสารอ้างอิง

- บุญช่วย เชาว์ทวี และเกรียงไกร สหัสสานนท์. 2523. การทำการประมงและสภาวะเศรษฐกิจของชาวประมงในอ่างเก็บน้ำกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี. รายงานประจำปีสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสุพรรณบุรี. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรุงเทพฯ.
- บุญยรัตน์ จันทรสว่าง, ถวัลย์ ชูจร, ทศนีย์ ภูมิพัฒน์, พนม สอดสุข, สุริยา ทานสุทัศน์ และเพ็ญใจ แก้วจัญญ. 2536. การสำรวจทรัพยากรประมงในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 140. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรุงเทพฯ.
- สันทนา ดวงสวัสดิ์, ชัยชนะ ชมเชย และบุญเลิศ เกิดโกมุติ. 2533ข. ฤดูวางไข่และแหล่งวางไข่ของปลาบางชนิดใน อ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรุงเทพฯ.
- สันทนา ดวงสวัสดิ์, ชัยชนะ ชมเชย, บุญเลิศ เกิดโกมุติ และโสภณ นิยะโต. 2533ก. อุปนิสัยการกินอาหารของปลาบางชนิดในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 115. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรุงเทพฯ.
- สุวีณา บานเย็น, ชัยชนะ ชมเชย และบุญเลิศ เกิดโกมุติ. 2537. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 151. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรุงเทพฯ.
- Kreb, C.J. 1985. Ecology. (3d ed.). Harper and Row Publishers, Inc., New York.

การศึกษาความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ

มงคล คำสุข, กิตติศักดิ์ สมศรี และ วุฒินันท์ พวงสาย

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น 40130

Abstract: Amphibian and Reptile Diversity in Phu Khieo Wildlife Sanctuary, Chaiyaphum Province

Mongkol Kamsook, Kittisak Somsri and Wuttinand Puangsai

Phu Khieo Wildlife Sanctuary, P.O. Box 3, Chum Phae, Khon Kaen 40130

Amphibian and reptile diversity was studied in the field at Phu Khieo Wildlife Sanctuary, Chaiyaphum province, during January - November 2004. Results are for 12 herpetiles habitat types. We found a total of 2 orders, 6 families, 22 genera and 40 species of amphibians. Gymnophiona was represented by 1 family (Ichthyophiidae), 1 genus and 1 species. The order Anura was represented by 5 families: Megophryidae by 4 genera and 4 species; Bufonidae by 1 genus and 1 species; Mycrohylidae by 6 genera and 11 species; Ranidae by 5 genera and 13 species; and Rhacophoridae by 5 genera and 10 species. For reptiles we found a total of 2 orders, 14 families, 55 genera and 84 species. The order Chelonia was represented by 4 families: Trionychidae by 1 genus and 1 species; Platysternidae by 1 genus and 1 species; Bataguridae by 2 genera and 2 species; and the family Testudinidae by 2 genera 2 species. The order Squamata was represented by 10 families: Gekkonidae by 8 genera and 11 species; Agamidae by 5 genera and 8 species; Scinidae by 9 genera and 14 species; Lacertidae by 1 genus and 1 species; Varanidae by 1 genus and 2 species; Typhlopidae by 2 genera and 2 species; Pythonidae by 1 genus and 2 species; Colubridae by 19 genera and 31 species; Elapidae by 3 genera and 5 species; and Viperidae by 1 genus and 2 species. Six species found during this survey (3 amphibians and 3 reptiles) are new records for Thailand. 37 species (15 amphibians, 22 reptiles) are new records for Phu Khieo Wildlife Sanctuary. One species of reptile is a new species.

Key words: Phu Khieo Wildlife Sanctuary

บทนำ

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลานเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังที่มีความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการใกล้กันมาก โดยสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกอยู่ในชั้นแอมฟิเบีย (Class Amphibia) สมาชิกบางกลุ่มได้วิวัฒนาการไปเป็นต้นตระกูลของสัตว์เลื้อยคลานซึ่งอยู่ในชั้นเรพทิลเลีย (Class Reptilia) ทำให้สัตว์บางชนิดใน 2 ชั้นนี้ยังมีลักษณะบางอย่างที่ไม่สามารถเจาะจงลงไปได้ทีเดียวว่าจัดอยู่ในชั้นใด เนื่องจากความคล้ายคลึงหลายอย่าง แต่ก็ยังมีลักษณะอีกหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสัตว์เอง พฤติกรรมต่างๆ ไข่ การเจริญเติบโตของตัวอ่อน และถิ่นที่อาศัย ที่มีความคล้ายคลึงและแตกต่างกัน สมาชิกบางตัวของสัตว์ทั้ง 2 ชั้น ยังจัดเป็นสัตว์ป่าที่ได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย สัตว์เศรษฐกิจ สัตว์เลี้ยง เป็นผู้บริโภคและเป็นเหยื่อในสายใยอาหารในระบบนิเวศป่าเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนที่สำคัญด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีความสัมพันธ์กับความชื้นอย่างลึกซึ้ง จนถือได้ว่าเป็นกลุ่มที่บ่งชี้ถึงความชุ่มชื้นของระบบนิเวศ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารจะมีความสัมพันธ์กับสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ หากเมื่อใดสัตว์ชนิดนั้นหายไปจากพื้นที่ อาจเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศบริเวณนั้นได้ ในสังคมไทยบางสังคม เช่น ในชนบทหรือชุมชนชาวเขาที่อาศัยอยู่ในป่าที่ห่างไกลตัวเมืองก็ยังพึ่งพิงโปรตีนจากป่าเป็นสำคัญ แหล่งโปรตีนที่คนกลุ่มนี้เก็บหาหรือล่าได้ง่ายและมีความรู้สึกรักจะผิดกฎหมายน้อยกว่าสัตว์กลุ่มอื่นก็ได้แก่สัตว์ป่าทั้ง 2 กลุ่มนี้เอง สัตว์ป่าจัดว่าเป็นทรัพยากรที่ทดแทนตัวเองได้ ถ้าหากมีการใช้และเก็บเกี่ยวผลผลิตอย่างถูกหลักวิชาการ หากจัดการให้ดีสัตว์กลุ่มนี้จะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง โดยเฉพาะสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่มีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้นและสามารถปรับตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้หลากหลาย

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีวิวัฒนาการมานานกว่า 400 ล้านปี มีลักษณะหลายประการอยู่กึ่งกลางระหว่างสัตว์ในชั้นปลาปอดกับชั้นสัตว์เลื้อยคลาน จึงไม่สามารถระบุได้แน่นอนว่าลักษณะใดเป็นลักษณะเฉพาะของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก แต่ก็สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างสัตว์ทั้ง 2 ชั้นได้ (นิตยา, 2539; วีระยุทธ, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ดังนี้

- 1) มีลักษณะโครงสร้างของไขและการเจริญของแผ่นเยื่อหุ้มเอมบริโอที่ต่างกัน
- 2) ไข่ของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเป็นแบบแอมนิโอติก คือ ไม่มีเปลือกนอกหุ้มให้ความแข็งแรง และไม่มีแผ่นเยื่อหุ้มเอมบริโอ จึงต้องอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีความชุ่มชื้นมาก ส่วนไข่สัตว์เลื้อยคลานมีเปลือกนอกหุ้มให้ความแข็งแรง เป็นแบบแอมนิโอติก คือ มีแผ่นเยื่อหุ้มเอมบริโอ จึงไม่จำเป็นต้องอาศัยความชุ่มชื้น
- 3) การเจริญของตัวอ่อนต่างกัน โดยสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในระหว่างการเติบโต มีขั้นตอนการเจริญของระยะวัยอ่อนในน้ำ ต่อจากนั้นจึงจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นตัวเต็มวัย ส่วนในสัตว์เลื้อยคลานสัตว์วัยอ่อนจะมีรูปร่างเหมือนตัวเต็มวัย แต่ขนาดจะเล็กกว่าเท่านั้น ไม่มีขั้นตอนระยะวัยอ่อน

ความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในประเทศไทยได้มีการรวบรวมไว้โดยจารุจินต์ (2532) รวบรวมไว้ทั้งหมด 3 อันดับ 8 วงศ์ 28 สกุล 107 ชนิด สวัสดิ์ (2541) รวบรวมไว้ทั้งหมด 3 อันดับ 8 วงศ์ 106 ชนิด และครั้งหลังสุดจารุจินต์ และคณะ (2544) จำแนกไว้ได้ 3 อันดับ รวมทั้งหมด 127 ชนิด เป็นเขียด 1 วงศ์ 2 สกุล 5 ชนิด กะท่าง 1 วงศ์ 1 สกุล 1 ชนิด และกบเขียด 6 วงศ์ 36 สกุล 121 ชนิด

ความหลากหลายของสัตว์เลื้อยคลานในประเทศไทยได้มีการรวบรวมไว้โดยจารุจินต์ (2532) รวบรวมไว้ทั้งหมด 3 อันดับ 22 วงศ์ 123 สกุล 298 ชนิด สวัสดิ์ (2541) รวบรวมไว้ทั้งหมด 3 อันดับ 23 วงศ์ 313 ชนิด และครั้งหลังสุดจารุจินต์ และคณะ (2544) รวบรวมไว้จำนวน 3 อันดับ ดังนี้

- 1) อันดับไลซาร์ดและงู จำแนกออกเป็น 2 อันดับย่อย คือ อันดับย่อยไลซาร์ด มี 7 วงศ์ 37 สกุล 116 ชนิด และอันดับย่อยงู บูดเยื้อน และวิโรจน์ (2525) รวบรวมไว้ทั้งหมด 9 วงศ์ 64 สกุล 176 ชนิด ส่วนไพบูลย์ (2543) รวบรวมไว้ทั้งหมด 8 วงศ์ 68 สกุล 163 ชนิด และ จารุจินต์ และคณะ (2544) รวบรวมไว้ทั้งหมด 9 วงศ์ 71 สกุล 178 ชนิด
 - 2) อันดับเต่า จารุจินต์ และคณะ (2544) รายงานไว้จำนวน 6 วงศ์ 23 สกุล 26 ชนิด
 - 3) อันดับจระเข้ จารุจินต์ และคณะ (2544) รายงานไว้จำนวน 1 วงศ์ 2 สกุล 3 ชนิด
- รวมสัตว์เลื้อยคลานในปัจจุบันของไทยทั้ง 3 อันดับ มีสมาชิกจำนวน 324 ชนิด (จารุจินต์ และคณะ, 2544)
- วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ

1. เพื่อศึกษาความหลากหลาย และถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทั้ง 2 ชั้น ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว
2. เพื่อศึกษาสถานภาพของสัตว์ทั้ง 2 ชั้น ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวในประเทศไทยและในโลก
3. เพื่อศึกษาปัญหาที่คุกคามสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ในธรรมชาติ
4. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว และพื้นที่ป่าอนุรักษ์ข้างเคียง
5. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย

วิธีการ

สำรวจและเก็บตัวอย่างในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนกันยายน 2547 รวมเวลา 10 เดือน ส่วนอีก 2 เดือนที่เหลือนำตัวอย่างที่ไม่สามารถจำแนกชนิดในสนามได้ไปจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการของภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และองค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติแห่งประเทศไทย (อพวช.) วิเคราะห์ผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์เสนอผู้สนับสนุนทุน

1. ตรวจเอกสารงานวิจัยที่เคยศึกษาในพื้นที่มาก่อน (สำรวจทางอ้อม) และจำแนกชนิดจากตัวอย่างที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเก็บดองไว้
2. วางแผนและสำรวจในพื้นที่ โดยเน้นการเห็นตัวจริงเป็นหลัก นอกจากใช้ตามวิธีที่ โกวิท และวีระยุทธ (2544) จารุจินต์ และธัญญา (2547) ยอดชาย และคณะ (2544) ได้กล่าวไว้แล้ว วิสูตร (2537) และ เสรี (2534) ยังได้แนะนำวิธีการศึกษาและการเก็บข้อมูลไว้ดังนี้

2.1 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมของสัตว์ขณะที่พบ

2.2 บันทึกข้อมูลลักษณะภูมิอากาศ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน ประเภทป่า และการปกคลุมของเรือนยอด

2.3 บันทึกสีและลักษณะภายนอกของสัตว์ วัดขนาดและชั่งน้ำหนัก

2.4 ถ่ายภาพสัตว์และถิ่นที่อยู่ของสัตว์

2.5 ตรวจสอบเพศจากลักษณะภายนอกแล้วปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ ยกเว้นชนิดที่ไม่สามารถจำแนกชนิดในสนามได้ เก็บตัวอย่างเพื่อไว้จำแนกในห้องปฏิบัติการต่อไป

2.6 จำแนกลักษณะภายนอกตามกลุ่มสัตว์ โดยกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้หลักการจำแนกของ รัญญา (2546, 2547) วิโรจน์ (2544ข) วิสูตร (2537) และ Taylor (1962) ส่วนสัตว์เลื้อยคลานใช้หลักการจำแนกของ บพิธ และนันทพร (2539) ไพบุลย์ (2543) วิโรจน์ (2544ก) วีระยุทธ์ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) Stuart et al. (2001) และ Taylor (1963) ใช้ร่วมกับคู่มือการจำแนกสัตว์ทั้ง 2 ชั้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล จำแนกออกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

3.1 จำแนกรายชื่อตามหลักการจำแนกอนุกรมวิธานสัตว์

3.2 กำหนดหาระดับค่าความชุกชุม (abundance) ตามสมการ ดังต่อไปนี้

ร้อยละความชุกชุม = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่สำรวจพบสัตว์แต่ละชนิด} \times 100}{\text{จำนวนครั้งที่สำรวจ}}$

จำนวนครั้งที่สำรวจ

โดยแบ่งระดับความชุกชุมออกเป็น 5 ระดับ (มงคล และกิตติ, 2542ก) ดังนี้

พบน้อยมาก (very rare) ร้อยละความชุกชุมอยู่ในช่วง $0^+ - 20 \%$

พบน้อย (rare) ร้อยละความชุกชุมอยู่ในช่วง $20^+ - 40 \%$

พบบานกลาง (moderately common) ร้อยละความชุกชุมอยู่ในช่วง $40^+ - 60 \%$

พบบ่อย (common) ร้อยละความชุกชุมอยู่ในช่วง $60^+ - 80 \%$

พบบ่อยมาก (very common) ร้อยละความชุกชุมอยู่ในช่วง $80^+ - 100 \%$

3.3 ประเมินสถานภาพในปัจจุบัน ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 สถานภาพทรัพยากรชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ. 2539 และสถานภาพตาม IUCN (2003)

3.4 วิเคราะห์สภาพปัญหาที่พบและการคุกคามสถานภาพของสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น

4. รวบรวมข้อมูลและจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม เสนอผู้สนับสนุนทุนวิจัย

ผลการศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม – ตุลาคม พ.ศ. 2547 จากทั้ง 3 วิธี คือ จากการสำรวจตามเส้นทางและด้านสัตว์ ได้ระยะทางทั้งหมด 491.66 กม. จากการสุ่มวางแปลงตัวอย่างทั้งหมด 126 แปลง รวมเป็นพื้นที่ 15,498 ตร.ม. จากการสำรวจทั้งหมด 20 ครั้ง และข้อมูลจากวิธีอื่นๆ เช่น ใช้ป้ายดักตามถิ่นอาศัยประเภทต่างๆ การพบโดยบังเอิญ การพบนอกเวลาการสำรวจ ตัวอย่างของ กลาง และอื่นๆ โดยวิธีที่พบสัตว์มากที่สุดคือ การเดินสำรวจตามเส้นทางและด้านสัตว์ ส่วนวิธีสุ่มวางแปลงพบสัตว์น้อยมาก แต่มีข้อดีคือ สามารถค้นหาสัตว์ที่มีพฤติกรรมหลบซ่อนได้ดี โดยเฉพาะกลุ่มจิ้งเหลนและอึ่งที่ขุดรูอยู่ จำแนกผลการศึกษาออกได้ดังนี้

1. ความหลากหลายชนิดและเขตการกระจาย

จากรายงานการสำรวจสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้นของคณะวนศาสตร์ (2532) จารุจินต์ (2532) ฝ่ายจัดการทรัพยากรธรรมชาติ (2543) มงคล และคณะ (2543) เสรี (2534) โอภาส (2526) และ Nabhitabhata และคณะ (2000) ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว ตั้งแต่อดีตในปี พ.ศ. 2526 - 2543 พบสัตว์เลื้อยคลาน 3 อันดับ 16 วงศ์ 56 สกุล 87 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 2 อันดับ 6 วงศ์ 17 สกุล 30 ชนิด

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น รวมทั้งหมด 4 อันดับ 20 วงศ์ 77 สกุล 123 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 26.91 ของรายงานการพบในประเทศไทย (มีทั้งหมด 457 ชนิด) (Nabhitabhata et al., 2000) จำแนกออกตามหลักอนุกรมวิธานได้ดังนี้

1.1 ชั้นสัตว์เลื้อยคลาน ผลการศึกษาพบทั้งหมด 2 อันดับ 14 วงศ์ 55 สกุล 83 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 25.54 ของรายงานการพบในประเทศไทย (325 ชนิด) (จารุจินต์ และคณะ, 2544) น้อยกว่ารายงานเดิม 4 ชนิด มีรายละเอียด ดังนี้

1.1.1 อันดับเต่า พบทั้งหมด 4 วงศ์ 6 สกุล 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 23.08 ของเต่าที่มีรายงานพบในประเทศไทย ไม่พบ 3 ชนิด จำแนกตามลักษณะภายนอกและถิ่นอาศัยแบ่งเต่าในเขตฯ กูเชียออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1.1.1.1 กลุ่มเต่าน้ำจืด พบจำนวน 2 วงศ์ 3 ชนิด คือ เต่าปูลู เต่าใบไม้ และเต่านา

1.1.1.2 กลุ่มตะพาบน้ำ พบเพียง 1 วงศ์ 1 ชนิด คือ ตะพาบน้ำหรือปลาฝา

1.1.1.3 กลุ่มเต่าบก พบจำนวน 1 วงศ์ 2 ชนิด คือ เต่าเตี๋ย และเต่าเหลือง

1.1.2 อันดับจิ้งจก ตุ๊กแกและงู จำแนกออกเป็น 2 อันดับย่อย คือ

1.1.2.1 อันดับย่อยจิ้งจก ตุ๊กแกและกิ้งก่า พบทั้งหมด 5 วงศ์ 24 สกุล 36 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 31.03 จากที่มีรายงานการพบในประเทศไทย มากกว่ารายงานเก่า 4 ชนิด จำแนกออกตามวงศ์และจำนวน เรียงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

1) วงศ์จิ้งเหลน พบมากที่สุด 14 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 38.89 ของสัตว์ที่สำรวจพบในอันดับย่อยนี้ เช่น จิ้งเหลนภูเขาเกล็ดเรียบ จิ้งเหลนเรียวลาย เป็นต้น

2) วงศ์จิ้งจกตุ๊กแก จำนวน 11 ชนิด เช่น ตุ๊กแกป่าน้ำหนาว ตุ๊กแกป่าจุดลายผีเสื้อ และจิ้งจกหางแบนเล็ก เป็นต้น

3) วงศ์กิ้งก่าและแยะ จำนวน 8 ชนิด เช่น กิ้งก่าเขาสูง กิ้งก่าเขาหนามสั้น และแยะเหนือ เป็นต้น

4) วงศ์เหี้ย พบจำนวน 2 ชนิด คือ ตะกวด และเหี้ย

5) วงศ์กิ้งก่าน้อยหางยาว พบ 1 ชนิด คือ กิ้งก่าน้อยหางยาว

1.1.2.2 อันดับย่อยงู พบทั้งหมด 5 วงศ์ 25 สกุล 41 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 23.03 ของที่มีรายงานพบในประเทศไทย (178 ชนิด) (จารุจินต์ และคณะ, 2544) น้อยกว่ารายงานเก่า 3 ชนิด จำแนกออกตามวงศ์และจำนวน เรียงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

1) วงศ์งูพิษอ่อน พบมากที่สุด 30 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 73.17 ทั้งหมดของงูที่พบในครั้งนี้ เช่น งูเขียวลายดอกลมูก งูทางมะพร้าวแดงลายขีด งูปล้องฉนวนลาว งูหัวลายลูกศร และงูลายสาบคอดแดง เป็นต้น

2) วงศ์งูเห่า พบจำนวน 5 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 11.90 ของงูทั้งหมดที่พบในครั้งนี้ เช่น งูสามเหลี่ยม งูจงอาง และงูเห่าหม้อ เป็นต้น

3) วงศ์งูเหลือม จำนวน 2 ชนิด คือ งูเหลือม และงูหลาม

4) วงศ์งูเขียวหางไหม้ จำนวน 2 ชนิด คือ งูเขียวหางไหม้ท้องเหลือง และงูเขียวหางไหม้ท้องเขียว

5) วงศ์งูดิน จำนวน 2 ชนิด คือ งูดินใหญ่อินโดจีน และงูดินบ้าน

1.2 เขตการกระจาย มีสัตว์เลื้อยคลานที่มีรายงานการพบใหม่ในเขตฯ กูเชีย 22 ชนิด จำแนกออกได้ 2 ระดับ ดังนี้

1.2.1 สัตว์ที่พบใหม่ในกูเชีย (new record of Phu Khieo) อยู่ในอันดับย่อยจิ้งจก ตุ๊กแก และกิ้งก่า จำนวน 12 ชนิด และอันดับย่อยงู 10 ชนิด

1.2.2 สัตว์ที่มีเขตการกระจายใหม่ในประเทศไทย (new distribution of Thailand) ในจำนวน 22 ชนิด นี้ เป็นชนิดที่มีเขตการกระจายใหม่ของประเทศ นอกเหนือจากที่ จารุจินต์ และคณะ (2544) และ Nabhitabhata และคณะ (2000) รายงานไว้จำนวน 3 ชนิด คือ จิ้งจกเขาสูงมลายู ซึ่งมีการกระจายในภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงใต้ งูสามเหลี่ยมกระจายในภาคตะวันตกเฉียงใต้ และงูสามเหลี่ยมมลายู ซึ่งมีกระจายในภาคใต้

1.3 ชั้นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก จากการศึกษาพบทั้งหมด 2 อันดับ 6 วงศ์ 22 สกุล 40 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 30.30 ของรายงานการพบในประเทศไทย (132 ชนิด) (จารุจินต์ และคณะ, 2544; Nabhitabhata et al., 2000) มากกว่ารายงานเก่า 10 ชนิด มีรายละเอียดดังนี้

- 1.3.1 อันดับเขียด พบจำนวน 1 ชนิด คือ เขียดภูเขาเต่า
- 1.3.2 อันดับกบเขียด พบทั้งหมด 5 วงศ์ 21 สกุล 39 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 32.23 ของรายงานการพบในประเทศไทย (121 ชนิด) (จารุจินต์ และคณะ, 2544) มากกว่ารายงานเก่า 14 ชนิด จำแนกออกตามวงศ์และจำนวนที่พบ เรียงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้
- 1) วงศ์กบเขียด พบมากที่สุดจำนวน 13 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของสัตว์ในอันดับนี้ที่พบในพื้นที่ เช่น กบหมื่น กบหนอง กบชะง่อนหินภาคเหนือ กบบัว และกบหูดำ เป็นต้น
 - 2) วงศ์อึ่ง พบมารองลงมาจำนวน 11 ชนิด เช่น อึ่งลาย อึ่งปุมหลังลาย อึ่งแม่หนาว และอึ่งหลังขีด เป็นต้น
 - 3) วงศ์ปาดโลกเก่า พบจำนวน 10 ชนิด เช่น ปาดบ้าน ปาดลายและอีสาน และปาดยักษ์ เป็นต้น
 - 4) วงศ์อึ่งกราย พบจำนวน 4 ชนิด เช่น อึ่งกรายลายและ และอึ่งกรายหัวใหญ่ เป็นต้น
 - 5) วงศ์คางคก พบจำนวน 1 ชนิด คือ คางคกบ้าน
- 1.4 ขอบเขตการกระจาย จำแนกเป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่พบใหม่ในเขตฯ ภูเขาจำนวน 14 ชนิด จำแนกออกได้ 2 ระดับ ดังนี้
- 1.4.1 สัตว์ที่พบใหม่ในเขตฯ ภูเขา มีเฉพาะในอันดับกบเขียด จำนวน 14 ชนิด เช่น อึ่งกรายหนังปุม อึ่งกรายหัวใหญ่ กบไต่ห้วย และปาดจ๊วหลังขีด เป็นต้น
- 1.4.2 สัตว์ที่มีเขตกระจายใหม่ในประเทศไทย ในจำนวน 14 ชนิดนี้ เป็นชนิดที่มีเขตกระจายใหม่ในประเทศ นอกเหนือจากที่ จารุจินต์ และคณะ (2544) และ Nabhitabhata และคณะ (2000) รายงานไว้จำนวน 3 ชนิด คือ เขียดภูเขาเต่า ปาดยักษ์ และปาดเขี้ยวตีนลาย

2. ระดับความชุกชุม (Abundance)

จากการศึกษาได้เข้าสำรวจทั้งหมด 20 ครั้งๆ ละประมาณ 5 วัน โดยวิธีเดินสำรวจตามเส้นทางและตามสัตว์กับวิธีวางแปลงสุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาได้ระดับค่าความชุกชุม โดยใช้วิธีของมกมล และกิตติ (2542ก) จำแนกออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 2.1 ระดับ 1 พบน้อยมาก จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 60 ชนิด จากทั้งหมด 83 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 72.29 ของจำนวนสัตว์เลื้อยคลานที่พบทั้งหมด เช่น เต่าปูลู เต่าเหลือง จิ้งจกหินสีจาง ตุ๊กแกบินหางหยัก กิ้งก่าบินปีกลาย จิ้งเหลนตัวงู งูดินบ้าน งูหัวลายลูกศร และงูจงอาง เป็นต้น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 20 ชนิด จากทั้งหมด 40 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่พบทั้งหมด เช่น เขียดภูเขาเต่า กบไต่ห้วย ปาดจ๊วหลังขีด ปาดแคระป่า ปาดลายและเหนือ และปาดยักษ์ เป็นต้น
- 2.2 ระดับ 2 พบน้อย จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 12 ชนิด เช่น ตุ๊กแกบ้านน้ำหนาว จิ้งจกหางหนาม จิ้งเหลนหางยาว และงูเห่าหม้อ เป็นต้น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 12 ชนิด เช่น อึ่งกรายหนังปุม กบบัว เขียดตะปาดเหนือ และอึ่งน้ำเต่า เป็นต้น
- 2.3 ระดับ 3 พบปานกลาง จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 6 ชนิด เช่น จิ้งจกดินลายจุด ตุ๊กแกบ้าน และเหี้ย เป็นต้น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 2 ชนิด คือ อึ่งกรายลายและ และกบหนอง
- 2.4 ระดับ 4 พบบ่อย จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 4 ชนิด ได้แก่ กิ้งก่าเขาเล็ก กิ้งก่าแก้ว จิ้งเหลนหลากหลาย และจิ้งเหลนเรียวท้องเหลือง สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 2 ชนิด คือ กบชะง่อนหินภาคเหนือ และอึ่งข้างดำ
- 2.5 ระดับ 5 พบบ่อยมาก จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 1 ชนิด คือ จิ้งเหลนดงพญาเย็น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 4 ชนิด คือ กบหมื่น กบหัวโต กบอ่อง และอึ่งแม่หนาว

3. ความหนาแน่นของประชากร (Population Density)

จากการศึกษาจำแนกความหนาแน่นของสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ออกได้ 2 กลุ่มตามวิธีการที่ศึกษา ดังนี้

- 3.1 วิธีสำรวจตามเส้นทางและตามสัตว์ ได้ระยะทางทั้งหมด 491.66 กม. ระยะที่สามารถมองเห็นสัตว์เลื้อยคลานได้ไกลที่สุดประมาณข้างละ 17.5 ม. แต่ระยะที่สามารถมองเห็นและจำแนกสัตว์ได้ถูกต้องแม่นยำมากที่สุดเฉลี่ย

ข้างละ 1.45 ม. เนื่องจากสภาพทั่วไปของเขตฯ ภูเขาส่วนใหญ่เป็นป่าดงดิบเขาและป่าดงดิบแล้ง จึงทำให้โอกาสมองเห็นตัวสัตว์ในระยะไกลน้อยลงไปด้วย คิดเป็นพื้นที่ศึกษาตามวิธีนี้ทั้งหมด 1.43 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.09 ของพื้นที่เขตฯ ภูเขาเท่านั้น (จากการคำนวณด้วยระบบ GIS มีพื้นที่ 1,568.14 ตร.กม.) พบสัตว์เลื้อยคลานทั้งหมด 55 ชนิด (จากการสำรวจทุกวิธีพบทั้งหมด 84 ชนิด) มีความหนาแน่น 73 ตัว/พื้นที่ศึกษา ส่วนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกระยะที่สามารถมองเห็นได้ไกลที่สุดประมาณข้างละ 5 ม. เพราะสัตว์ในชั้นนี้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและมีอุปนิสัยอยู่นิ่ง ยกเว้นในเวลากลางคืนที่สามารถส่องไฟสะท้อนตาเห็นได้จากระยะไกล แต่ระยะที่สามารถมองเห็นและจำแนกสัตว์ได้ถูกต้องแม่นยำมากที่สุดเฉลี่ยข้างละ 1.35 ม. คิดเป็นพื้นที่ศึกษาตามวิธีนี้ทั้งหมด 0.66 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.04 ของพื้นที่เขตฯ ภูเขาเท่านั้น พบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกทั้งหมด 40 ชนิด มีความหนาแน่น 688 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.01 ตัว/ตร.ม.)

3.2 วิธีสุ่มวางแปลงตัวอย่าง ขนาด 8 x 8 ม. จำนวน 126 แปลง เนื้อที่ 0.015 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.001 ของพื้นที่เขตฯ ภูเขาเท่านั้น พบสัตว์เลื้อยคลานทั้งหมด 21 ชนิด จากทั้งหมด 52 แปลง คิดเป็นร้อยละ 41.27 ของจำนวนแปลงทั้งหมด มีความหนาแน่น 77 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.005 ตัว/ตร.ม.) และพบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกทั้งหมด 10 ชนิด จากทั้งหมด 24 แปลง คิดเป็นร้อยละ 19.05 ของจำนวนแปลงทั้งหมด มีความหนาแน่น 33 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.002 ตัว/ตร.ม.) ความหนาแน่นรวมทั้ง 2 ชั้นจำนวน 110 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.007 ตัว/ตร.ม.)

4. ประเภทของถิ่นอาศัย (Habitat Types)

เขตฯ ภูเขาที่มีพื้นที่ตามพระราชกฤษฎีกาทั้งหมด 975,000 ไร่ แต่จากการคำนวณโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของคณะวนศาสตร์ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) มีพื้นที่ทั้งหมด 980,086.87 ไร่ มีระดับความสูงตั้งแต่ 250 – 1,310 ม. จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีสภาพทางธรณีวิทยา (land forms) 7 ประเภท จากการศึกษาสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น จะเน้นเฉพาะตามเส้นทางที่สำรวจผ่าน ซึ่งสภาพทางธรณีวิทยาแต่ละประเภทนั้นมีถิ่นอาศัยแยกย่อยลงไปอีกหลายชนิด ดังนั้นจึงจำแนกถิ่นอาศัยตามลักษณะชนิดป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม่ตามเส้นทางหรือแปลงตัวอย่างที่สุ่มออกเป็น 12 ประเภทใหญ่ๆ โดยในถิ่นอาศัยแต่ละประเภทนั้นมีถิ่นอาศัยย่อย (micro habitat) ที่หลบภัย และอื่นๆ อีกจำนวนมาก เป็นองค์ประกอบ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ป่าดงดิบเขา จากการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งหลังสุดของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์โครงการภูเขา พบว่าในเขตฯ ภูเขาที่มีป่าดงดิบเขารอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 55.84 (875.70 ตร.กม.) ซึ่งมีพื้นที่มากที่สุด จัดเป็นป่าดงดิบเขาระดับต่ำสังคมย่อยก่อเตี้ย พบตั้งแต่ระดับประมาณ 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลขึ้นไป (มณฑล และกิตติ, 2542ข) จากการศึกษาในอดีตของ มณฑล และคณะ (2543) พบว่าเป็นป่าที่มีจำนวนชนิดของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกมากที่สุด จำนวน 28 ชนิด และ 7 ชนิด ตามลำดับ

จากผลการศึกษา พบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้นในถิ่นอาศัยประเภทนี้ จำแนกเป็นชั้นสัตว์เลื้อยคลาน 40 ชนิด ชนิดที่พบค่อนข้างจะเฉพาะในป่าดงดิบเขา เช่น เต่าเตี้ย เต่าปูลู ตุ๊กแกป่าจุดลายผีเสื้อ จิ้งเหลนด่าง (*Isopachys* sp.) จิ้งจกเขาสูงมลายู จิ้งเหลนเรียวลาย จิ้งเหลนเรียวขาเล็ก งูลายสามมลายู และงูปล้องฉนวนลาว เป็นต้น ส่วนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกพบ 29 ชนิด ชนิดที่พบค่อนข้างจะเฉพาะในถิ่นอาศัยป่าดงดิบเขา เช่น ปาดกระเป่า ปาดลายละเอียด ปาดยักษ์ และปาดเขี้ยวดินลาย เป็นต้น

4.2 ป่าดงดิบชื้นระดับสูงและป่าดงดิบกิ่งพรุ เป็นชนิดป่าที่แปลจากภาพถ่ายดาวเทียมได้ยากมาก เนื่องจากขึ้นปะปนกับป่าดงดิบเขาระดับต่ำ แต่ถ้าหากสำรวจภาคพื้นดินแล้วจะเห็นความแตกต่างด้านสภาพภูมิประเทศและโครงสร้างได้ชัดเจน โดยในฤดูฝนน้ำมักจะท่วมขังเป็นเวลานาน พอถึงฤดูแล้งจะกลายเป็นเลนอ่อนนุ่ม สัตว์ป่าที่พบจึงมักเป็นสัตว์ที่มีขนาดเล็กที่สามารถอยู่บนดินอ่อนนุ่มได้ หรือชนิดที่ต้องการความชื้นสูง เช่น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก และปลา เป็นต้น ในป่าประเภทนี้ยังมีถิ่นอาศัยย่อยๆ อีกจำนวนมาก เช่น พื้นที่ป่าต้นน้ำของแม่น้ำทั้ง 3 สาย (ลำน้ำชี ลำน้ำสะพุง และลำน้ำพรม) หนองน้ำ ลำห้วย น้ำตก และอื่นๆ ซึ่งใกล้เคียงกับป่าดงดิบเขาค่อนข้างมาก

จากผลการศึกษาพบสัตว์เลื้อยคลาน 16 ชนิด เช่น เต่าปูลู เต่าใบไม้ ตะพาบน้ำ กิ้งก่าเขาเล็ก กิ้งก่าบินชนิดต่างๆ เขียด และงูปล้องฉนวนบ้าน เป็นต้น ส่วนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พบ 19 ชนิด เช่น เขียดงูเกาะเต่า อึ่งกรายห้วยใหญ่ กบหมื่น กบชะง่อนหินภาคเหนือ และปาดตะปุ่มเล็ก เป็นต้น

4.3 ป่าดงดิบแล้ง จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์โครงการภูเขียว พบว่าปกคลุมพื้นที่เพียงร้อยละ 4.71 (73.90 ตร.กม.) ส่วนมากพบเป็นผืนใหญ่ๆ บริเวณสองข้างลำน้ำพรม ตั้งแต่ใต้เขื่อนจุฬาภรณ์ไล่ลงไปตามลำน้ำพรมจนถึงใต้เขื่อนห้วยกุ่ม มีไม้ตะเคียนหินเป็นไม้เด่น (มงคล และกิตติ, 2542ข) และพบเป็นผืนขนาดเล็กตามหุบเขาที่อยู่บริเวณไหล่เขาด้านอำเภอเกษตรสมบูรณ์ และบริเวณป่าช่องช้าง – ห้วยคลองยาง และในร่องเขาหินปูนบริเวณเขาเทวดา อำเภอหนองบัวแดง ในอดีตมีรายงานพบสัตว์เลื้อยคลาน 18 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 7 ชนิด (มงคล และคณะ, 2543)

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบสัตว์เลื้อยคลาน 40 ชนิด เท่ากับที่พบในป่าดงดิบเขา เช่น จิ้งเหลนหางหนาม (*Tropidophorus* sp.) ตุ๊กแกบ้าน้ำหนาว งูเหลือม งูทางมะพร้าวเขียว และงูกินทางจูดขาว เป็นต้น ส่วนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกพบ 21 ชนิด เช่น อึ่งกรายหนังป่น กบหมิ่น กบหัวโต ปาดตีนเหลืองอีสาน และอึ่งแม่หนาว เป็นต้น

4.4 ป่าสนเขา จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์โครงการภูเขียว พบปกคลุมพื้นที่เพียงร้อยละ 1.07 (16.70 ตร.กม.) เท่านั้น ป่าสนเขาส่งส่วนใหญ่กระจายอยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าพรมโง้ง ติดกับอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว และบางส่วนอยู่ตอนกลางของพื้นที่บริเวณสำนักงานเขตฯ ภูเขียว (ทุ่งกะมัง) จำแนกเป็นป่าสนแท่นและป่าสนผสมเต็งรัง (มงคล และกิตติ, 2542ข)

จากผลการศึกษาพบสัตว์เลื้อยคลาน 24 ชนิด เช่น เต่าเหลือง กิ้งก่าเขาสูง ตะกวด งูดินบ้าน งูดินใหญ่อินโดจีน งูเหลือม งูเขียวหางไหม้ท้องเหลือง และงูปีแก้วลายแต้ม เป็นต้น พบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 10 ชนิด เช่น กบหนอง ปาดบ้าน เขียดตะปาดเหนือ อึ่งลาย และอึ่งหลังขีด เป็นต้น

4.5 ป่าเบญจพรรณ จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียวพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 12.25 (192.10 ตร.กม.) ส่วนมากกระจายตามไหล่เขาเกือบจะรอบแนวเขตสลับกับป่าเต็งรัง สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่สูงชัน จึงทำให้มีแหล่งน้ำน้อย โดยเฉพาะฤดูแล้งจะแห้งแล้งมากและมีไฟป่า โดยเฉพาะบริเวณที่ราบเชิงเขาซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ากับพื้นที่ป่าชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และที่อยู่อาศัยของชุมชน

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 กลุ่มค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่จะพบในฤดูฝน จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 26 ชนิด เช่น กิ้งก่าแก้ว กิ้งก่าหัวแดง จิ้งเหลนบ้าน ตุ๊กแกบ้าน งูสิงบ้าน งูสายมันพระอินทร์ และเต่าใบไม้ เป็นต้น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 9 ชนิด เช่น คางคกบ้าน กบอ่อง เขียดตะปาดเหนือ และอึ่งน้ำเต้า เป็นต้น

4.6 ป่าเต็งรัง จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียวพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 7.38 (115.65 ตร.กม.) ส่วนมากกระจายตามไหล่เขาเกือบจะรอบแนวเขตสลับกับป่าเบญจพรรณ เช่น บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าปางม่วง สถานีพัฒนาฯ ห้วยกุ่ม หนองฯ สะพุงเหนือ และหนองฯ บ้านโหล่น เป็นต้น และมีบางส่วนอยู่ตอนในของพื้นที่บริเวณฯ ศาลาพรม สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่สูงชัน ยกเว้นบริเวณหน่วยฯ ศาลาพรมเป็นลอนคลื่นและถูกล้อมรอบด้วยป่าดงดิบแล้ง เป็นสังคมพืชที่เป็นผืนขนาดเล็กกระจาย สภาพทั่วไปแห้งแล้ง โดยเฉพาะในฤดูแล้งมักมีไฟป่าไหม้ ชนิดสัตว์ที่พบมักจะเดินทางผ่านมาหรือเข้ามาหาอาหารในฤดูฝน

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 กลุ่ม ค่อนข้างน้อยแต่พบได้มากกว่าป่าเบญจพรรณ ซึ่งส่วนใหญ่จะพบในฤดูฝน จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 34 ชนิด เช่น เต่าเหลือง จิ้งจกหางหนาม จิ้งจกหินลายกระ ตุ๊กแกบินหางหยัก จิ้งเหลนเรียวท้องเหลือง จิ้งเหลนดงพญาเย็น งูลายสอสน และงูจงอาง เป็นต้น สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 15 ชนิด เช่น คางคกบ้าน กบหนอง กบนา เขียดจะนา เขียดหลังปุ่ม อึ่งเผ้า และอึ่งขาควา เป็นต้น

4.7 ป่าไผ่ จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียวพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 10.72 (168.04 ตร.กม.) เป็นสังคมพืชที่อยู่ในขั้นตอนของการทดแทนตามธรรมชาติ ในอดีตเคยเป็นป่าดงดิบเขามาก่อนและต่อมาได้เกิดแผ่นดินไหว (land slide) ทำให้ป่าดั้งเดิมถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง จึงเกิดการทดแทนขึ้นใหม่ โดยมีไม้ไผ่เข้าไปครอบครองและทดแทนอยู่เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน แต่ในบางพื้นที่บริเวณสันเขาที่มีแม่ไม้ของป่าดงดิบเขาเหลืออยู่ก็มีการทดแทนของป่าดงดิบเขา แต่มักจะประสบปัญหาไฟไหม้ทุกปี ป่าไผ่ส่วนใหญ่กระจายตามไหล่เขาด้านทางทิศตะวันตกของพื้นที่ และบางส่วนพบตามไหล่เขาตอนกลางของพื้นที่บริเวณภูเขื่อน้อย แห่ป่าเตย และห้วยสะพุงลาย เป็นต้น

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ก่อนขังน้อย ส่วนใหญ่จะพบในฤดูฝน จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 14 ชนิด เช่น ตุ๊กแกบ้าน กิ้งก่าแก้ว จิ้งเหลนหางยาว จิ้งเหลนภูเขาเกล็ดเรียบ และงูหมอก เป็นต้น และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 15 ชนิด เช่น เขียดงูเกาะเต่า อึ่งกรายลายละเอียด กบหมิ่น กบอ่อง และปาดลายละเอียด เป็นต้น

4.8 ปากำลังทดแทน จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียว ซึ่งจัดให้เป็นป่าพื้นที่คุ้มครองพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.37 (52.86 ตร.กม.) เป็นสังคมป่าที่ในอดีตถูกทำลายจากมนุษย์และไม่ได้ปลูกป่าทดแทน แต่ได้ปล่อยให้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติด้วยการป้องกันพื้นที่ไม่ให้มีการบุกรุก พบบริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าหนองไร่ไก่อ บางส่วนบริเวณริมลำน้ำพรมและบางส่วนบริเวณริมลำน้ำชี ส่วนใหญ่จะถูกล้อมรอบด้วยป่าธรรมชาติ สัตว์ป่าที่ใช้ส่วนใหญ่จะเข้ามาใช้เป็นบางฤดู ในอดีตมีรายงานการพบสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 9 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 3 ชนิด (มงคล และคณะ, 2543)

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ก่อนขังน้อยส่วนใหญ่จะพบในฤดูฝน จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 14 ชนิด เช่น จิ้งจกหางเรียบ กิ้งก่าแก้ว จิ้งเหลนลาย งูแส้วหางมาเทา งูสิงบ้าน และงูเห่าปลวก เป็นต้น และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 4 ชนิด ได้แก่ กบบัว กบอ่อง อึ่งแม่นาว และอึ่งหลังขีด เป็นต้น

4.9 ป่าเขาหินปูนและถ้ำ จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียวพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.87 (60.61 ตร.กม.) เป็นถิ่นอาศัยพิเศษอีกประเภทหนึ่ง บริเวณเทือกเขาเวทดาเป็นพื้นที่ที่มีถ้ำ ยอดเขา หุบเขา หลุมยุบ ธารน้ำใต้ดิน และหน้าผาจำนวนมาก เป็นพื้นที่สูงชันสลับซับซ้อน มีสัตว์ทั้ง 2 ชั้น ก่อนขังน้อย ยกเว้นบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำขังและมีลำธารในถ้ำ ในอดีตมีรายงานการพบสัตว์เลื้อยคลาน 3 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 1 ชนิด (มงคล และคณะ, 2543)

จากการศึกษาครั้งนี้พบสัตว์เลื้อยคลานเพียงชนิดเดียว คือ จิ้งเหลนหลากหลาย และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 1 ชนิด คือ กบชะง่อนหินภาคเหนือ

4.10 สวนป่าและป่าปลูก จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียวพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 0.94 (14.77 ตร.กม.) เป็นถิ่นอาศัยที่ในอดีตเคยถูกทำลายโดยมนุษย์ ต่อมารัฐบาลได้เข้ามาปลูกป่าทดแทนในรูปของป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติฯ และป่าต้นน้ำลำธาร บางพื้นที่ได้เกิดการทดแทนใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติแล้ว แต่ในบางพื้นที่ยังทดแทนช้าเพราะประสบปัญหาไฟป่า ในอดีตมีรายงานการพบสัตว์เลื้อยคลาน 6 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 1 ชนิด (มงคล และคณะ, 2543)

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 กลุ่มก่อนขังน้อย จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 17 ชนิด เช่น ตุ๊กแกบ้าน จิ้งจกหางหนาม กิ้งก่าหัวแดง จิ้งเหลนลาย งูลายสาคอแดง และงูเขียวหางไหม้ทองเขียว เป็นต้น และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 2 ชนิด ได้แก่ คางคกบ้าน และอึ่งแม่นาว

4.11 พื้นที่อาศัยของมนุษย์ จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียวพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 0.04 (0.66 ตร.กม.) เป็นถิ่นอาศัยขนาดเล็ก เช่น อาคาร บ้านพัก และสิ่งก่อสร้างต่างๆ ของทางราชการ มีมนุษย์อยู่อาศัยประจำ ส่วนมากกระจายไปทั่ว แนวเขตติดต่อกับชุมชนหรือพื้นที่เกษตรกรรมของราษฎร ยกเว้นบริเวณสำนักงานเขต (ทุ่งกะมัง) เท่านั้นที่มีสิ่งก่อสร้างจำนวนมาก ในอดีตมีรายงานการพบสัตว์เลื้อยคลาน 22 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 4 ชนิด (มงคล และคณะ, 2543)

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสัตว์ขนาดเล็กที่มีพฤติกรรมหลบซ่อน และสามารถปรับตัวอยู่ใกล้กับมนุษย์ได้ดี ยกเว้นบริเวณทุ่งกะมังจะมีสัตว์ป่าเข้ามาใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกับธรรมชาติมาก จนบางครั้งได้สร้างความรำคาญให้กับเจ้าหน้าที่ จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 22 ชนิด เช่น ตุ๊กแกบ้าน จิ้งจกหางเรียบ ตุ๊กแกบิน หางหยัก แย้เหนือ จิ้งเหลนบ้าน งูเขียวลายดอกหมาก งูทางมะพร้าวลายขีด และงูลายสอสน เป็นต้น และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 9 ชนิด เช่น คางคก ปาดบ้าน เขียดตะปาดเหนือ และอึ่งข้างดำ เป็นต้น สัตว์ป่าทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีสัตว์ชนิดใดที่อยู่อาศัยในถิ่นอาศัยประเภทนี้เฉพาะเจาะจง

4.12 ทุ่งหญ้าและป่าทุ่ง จากภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ของฝ่ายพัฒนาการจัดการพื้นที่อนุรักษ์ โครงการภูเขียว ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.33 (52.23 ตร.กม.) และ 0.11 (1.74 ตร.กม.) ตามลำดับ ถิ่นอาศัยประเภทนี้มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ในอดีต ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยป่าดงดิบเขาเป็น

ส่วนใหญ่ พอถึงฤดูแล้งมักมีไฟป่าไหม้ทุกปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากพรานป่าจุดไฟให้เกิดไฟระบัด ส่วนบริเวณที่ตั้งสำนักงานเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ได้แก่ หุ้กมะม้ง และหุ้กมะม้งน้อย ได้มีการจัดการหุ้กหญ้าตามหลักวิชาการป่าไม้และสร้างแหล่งน้ำเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารและน้ำของสัตว์ป่า ในอดีตมีรายงานพบสัตว์เลื้อยคลาน 7 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 2 ชนิด (มงคล และคณะ, 2543)

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ค่อนข้างน้อย จำแนกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 14 ชนิด เช่น จิ้งจกดินลายจุด จิ้งจกหินสีจาง กิ้งก่าน้อยหางยาว และงูสร้อยเหลือง เป็นต้น และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 8 ชนิด เช่น กบหนอง กบหลังขีด กบใต้หัววัน และอึ่งลายแต้ม เป็นต้น

นอกจากถิ่นอาศัยที่กล่าวมาแล้วยังมีถิ่นอาศัยย่อยๆ ที่สำคัญสำหรับสัตว์บางกลุ่มคือแหล่งน้ำ มีรายงานพบสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้แหล่งน้ำในเขตฯ ภูเขาขาว จำนวนชั้นละ 12 ชนิด (มงคล, 2546)

5. สถานภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งสถานภาพสัตว์ป่าทั้ง 2 กลุ่ม ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

5.1 สถานภาพตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 จำแนกสัตว์ป่าออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สัตว์ป่าสงวน และสัตว์ป่าคุ้มครอง

จากผลการศึกษา ไม่มีสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้นเป็นสัตว์ป่าสงวนแต่อย่างใด ส่วนสัตว์ป่าคุ้มครองนั้น มีสัตว์เลื้อยคลานเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามกฎหมาย จำนวน 26 ชนิด จำแนกออกได้ 5 กลุ่ม คือ

- 1) กลุ่มเต่า มีทั้งหมด 6 ชนิด เช่น เต่าปูลู เต่าเตี๋ย และเต่าเหลือง เป็นต้น
- 2) กลุ่มตุ๊กแก มีทั้งหมด 3 ชนิด คือ ตุ๊กแกป่าน้ำหนาว ตุ๊กแกป่าจุดลายผีเสื้อ และตุ๊กแกบินทางหยัก
- 3) กลุ่มกิ้งก่า มีทั้งหมด 6 ชนิด เช่น กิ้งก่าเขาเล็ก กิ้งก่าแก้ว และกิ้งก่าบินปีกลาย เป็นต้น
- 4) กลุ่มตะกวด มี 2 ชนิด คือ ตะกวด และเหี้ย
- 5) กลุ่มงู มีทั้งหมด 9 ชนิด เช่น งูเหลือม งูหลาม งูทางมะพร้าวแดง งูสิงบ้าน และงูจงอาง เป็นต้น

ทั้งนี้ สัตว์ป่าทุกชนิดที่อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขาขาว ถูกคุ้มครองด้วย พ.ร.บ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 อยู่แล้ว

5.2 สถานภาพตามการจัดทรัพยากรชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ. 2539

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ที่มีสถานภาพตามการจัดทรัพยากรชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ. 2539 (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2540) จำแนกออกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 4 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 1 ชนิด แยกออกได้ 3 ระดับคือ

- 1) ใกล้สูญพันธุ์ มี 1 ชนิด คือ เต่าเตี๋ย
- 2) มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ มี 3 ชนิด คือ เต่าปูลู กิ้งก่าเขาสูง และจิ้งเหลนเรียวลาย
- 3) เฉพาะถิ่นหรือถิ่นเดียว มี 2 ชนิด คือ จิ้งเหลนเรียวลาย และเขียดงูเกาะเต่า

5.3 สถานภาพตามสหภาพระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN)

จากการศึกษามีสัตว์เลื้อยคลาน 7 ชนิด เพียงกลุ่มเดียวที่มีสถานภาพตามสมุดปกแดงของ IUCN (IUCN, 2003) แยกออกได้ 4 ระดับ คือ

- 1) ใกล้สูญพันธุ์ มี 2 ชนิด คือ เต่าปูลู และเต่าเหลือง
- 2) มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ มี 3 ชนิด คือ เต่าปูลู เต่านา และเต่าเตี๋ย
- 3) มีความเสี่ยงน้อย – กลุ่มที่ใกล้ถูกคุกคาม มี 1 ชนิด คือ เต่าใบไม้
- 4) ข้อมูลไม่เพียงพอ มี 1 ชนิด คือ จิ้งเหลนเรียวลาย

บทสรุป

การศึกษาความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขาขาว จังหวัดชัยภูมิ เก็บข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม – ตุลาคม พ.ศ. 2547 จากทั้ง 3 วิธี คือ การสำรวจตามเส้นทางและด่าน

สัตว์ได้ระยะทางทั้งหมด 491.66 กม. และการสุมวางแปลงตัวอย่างทั้งหมด 126 แปลง รวมเป็นพื้นที่ 15,498 ตร.ม. เข้าพื้นที่ทั้งหมด 20 ครั้ง และวิธีอื่นๆ เช่น ใช้ปีปดักตามถิ่นอาศัยประเภทต่างๆ พบนอกเวลาการสำรวจ ตัวอย่างของกลาง และอื่นๆ โดยวิธีที่พบได้มากที่สุดคือ การเดินสำรวจตามเส้นทางและด่านสัตว์ ส่วนวิธีสุมตัวอย่างวางแปลงพบสัตว์น้อยมาก แต่มีข้อดีคือสามารถค้นหาสัตว์ที่มีพฤติกรรมหลบซ่อนได้ดี โดยเฉพาะกลุ่มจิ้งเหลนและสิ่งที่ขุดรูอยู่ ผลการศึกษาออกตามหัวข้อได้ดังนี้

1. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์

จากผลการศึกษาพบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น รวมทั้งหมด 4 อันดับ 20 วงศ์ 77 สกุล 123 ชนิด (ตารางที่ 1) คิดเป็นร้อยละ 26.91 ของรายงานการพบในประเทศไทย จำแนกออกตามกลุ่มสัตว์ได้ดังนี้

1.1 สัตว์เลื้อยคลาน พบทั้งหมด 2 อันดับ 14 วงศ์ 55 สกุล 83 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 25.54 ของรายงานการพบในประเทศไทย น้อยกว่ารายงานเดิม 4 ชนิด จำแนกออกเป็น

1.1.1 อันดับเต่า พบทั้งหมด 4 วงศ์ 6 สกุล 6 ชนิด อยู่ในกลุ่มเต่าน้ำจืด 2 วงศ์ 3 ชนิด กลุ่มตะพาบน้ำ 1 วงศ์ 1 ชนิด และกลุ่มเต่าบก 1 วงศ์ 2 ชนิด

1.1.2 อันดับจิ้งจก ตุ๊กแก และงู จำแนกออกเป็น 2 อันดับย่อย คือ

1.1.2.1 อันดับย่อยจิ้งจก ตุ๊กแก และกิ้งก่า พบทั้งหมด 5 วงศ์ 24 สกุล 36 ชนิด อยู่ในวงศ์จิ้งเหลน 14 ชนิด วงศ์จิ้งจกตุ๊กแก 11 ชนิด วงศ์กิ้งก่าและแย์ 8 ชนิด วงศ์เหี้ย 2 ชนิด และวงศ์กิ้งก่าเลื้อยหางยาว 1 ชนิด

1.1.2.2 อันดับย่อยงู พบทั้งหมด 5 วงศ์ 25 สกุล 41 ชนิด อยู่ในวงศ์งูพิษอ่อน 30 ชนิด วงศ์งูเห่า 5 ชนิด วงศ์งูเหลือม 2 ชนิด วงศ์งูเขียวหางไหม้ 2 ชนิด และวงศ์งูดิน 2 ชนิด

1.2 สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พบทั้งหมด 2 อันดับ 6 วงศ์ 22 สกุล 40 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 30.30 ของรายงานการพบในประเทศไทย จำแนกออกเป็น

1.2.1 อันดับเขียดงู พบจำนวน 1 วงศ์ 1 สกุล 1 ชนิด

1.2.2 อันดับกบเขียด พบทั้งหมด 5 วงศ์ 21 สกุล 39 ชนิด อยู่ในวงศ์กบเขียด 13 ชนิด วงศ์อึ่ง 11 ชนิด วงศ์ปาดโลกเก่า 10 ชนิด วงศ์อึ่งกราย 4 ชนิด และวงศ์คางคก 1 ชนิด

ตารางที่ 1. สรุปความหลากหลายชนิดของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ระหว่างการศึกษาในอดีตกับปัจจุบัน

กลุ่มสัตว์	ปี	อันดับ	วงศ์	สกุล	ชนิด
เลื้อยคลาน	อดีต	3	16	56	87
	ปัจจุบัน	2	14	55	83
สะเทินน้ำสะเทินบก	อดีต	2	6	17	30
	ปัจจุบัน	2	6	22	40

2. เขตการกระจายพันธุ์

2.1 สัตว์เลื้อยคลาน มีรายงานพบใหม่ในเขตฯ ภูเขียวจำนวน 22 ชนิด จำแนกออกได้ 2 ระดับดังนี้

2.1.1 ชนิดที่พบใหม่ในภูเขียว เป็นสัตว์ในอันดับย่อยจิ้งจก ตุ๊กแก และกิ้งก่า จำนวน 12 ชนิด และในอันดับย่อยงู 10 ชนิด

2.1.2 ชนิดที่มีเขตกระจายใหม่ในประเทศไทย มีจำนวน 3 ชนิด จำแนกเป็นจิ้งจก 1 ชนิด และอีก 2 ชนิดอยู่ในกลุ่มงู

2.2 สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก มีรายงานพบใหม่ในเขตฯ ภูเขียวจำนวน 15 ชนิด จำแนกออกได้ 2 ระดับดังนี้

2.2.1 ชนิดที่พบใหม่ในภูเขียว มีเฉพาะในอันดับกบเขียด จำนวน 15 ชนิด

2.2.2 ชนิดที่มีเขตการกระจายใหม่ในประเทศไทย มีจำนวน 3 ชนิด

3. ระดับความชุกชุม

จากการสำรวจทั้งหมด 20 ครั้งๆ ละประมาณ 5 วัน โดยนำเอา 2 วิธี คือ วิธีเดินสำรวจตามเส้นทางและด้านสัตว์ กับวิธีวางแปลงสุ่มตัวอย่าง มาคำนวณหาความชุกชุมจำแนกออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

3.1 ระดับ 1 พบน้อยมาก เป็นสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 60 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 72.29 ของจำนวนสัตว์เลื้อยคลานที่พบทั้งหมด เป็นสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 20 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่พบทั้งหมด

3.2 ระดับ 2 พบน้อย เป็นสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 12 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 12 ชนิด

3.3 ระดับ 3 พบปานกลาง เป็นสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 6 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 2 ชนิด

3.4 ระดับ 4 พบบ่อย เป็นสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 4 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 2 ชนิด

3.5 ระดับ 5 พบบ่อยมาก เป็นสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 1 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกจำนวน 4 ชนิด

4. ความหนาแน่นของประชากร

จากการศึกษาจำแนกความหนาแน่นของสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ออกได้ 2 กลุ่มตามวิธีการศึกษา ดังนี้

4.1 วิธีสำรวจตามเส้นทางและด้านสัตว์ ได้ระยะทางทั้งหมด 491.66 กม. ระยะที่สามารถมองเห็นและจำแนกชนิดได้ถูกต้องแม่นยำมากที่สุดเฉลี่ยข้างละ 1.45 ม. คิดเป็นพื้นที่ศึกษาตามวิธีนี้ทั้งหมด 1.43 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.09 ของพื้นที่เขตฯ ภูเขา พบสัตว์เลื้อยคลานทั้งหมด 55 ชนิด มีความหนาแน่น 73 ตัว/พื้นที่ศึกษา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ระยะที่สามารถมองเห็นและจำแนกชนิดได้ถูกต้องแม่นยำมากที่สุดเฉลี่ยข้างละ 1.35 ม. คิดเป็นพื้นที่ศึกษาตามวิธีนี้ทั้งหมด 0.66 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.04 ของพื้นที่เขตฯ ภูเขา พบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกทั้งหมด 40 ชนิด มีความหนาแน่น 688 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.01 ตัว/ตร.ม.)

4.2 วิธีการสุ่มวางแปลงตัวอย่าง ขนาด 8 x 8 ม. ทั้งหมด 126 แปลง เป็นพื้นที่ 0.015 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.001 ของพื้นที่เขตฯ ภูเขา พบสัตว์เลื้อยคลาน 21 ชนิด จากทั้งหมด 52 แปลง คิดเป็นร้อยละ 41.27 ของจำนวนแปลงทั้งหมด มีความหนาแน่น 77 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.005 ตัว/ตร.ม.) และพบสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 10 ชนิด จากทั้งหมด 24 แปลง คิดเป็นร้อยละ 19.05 ของจำนวนแปลงทั้งหมด มีความหนาแน่น 33 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.002 ตัว/ตร.ม.) ความหนาแน่นรวมของสัตว์ทั้ง 2 ชั้น จำนวน 110 ตัว/พื้นที่ศึกษา (0.007 ตัว/ตร.ม.)

5. ประเภทของถิ่นอาศัย

เขตฯ ภูเขา มีระดับความสูงตั้งแต่ 250 – 1,310 ม. (msl.) แบ่งสภาพทางธรณีวิทยาได้ 7 ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีถิ่นอาศัยแยกย่อยลงไปอีกหลายชนิด จากการศึกษาสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น จำแนกถิ่นอาศัยตามลักษณะชนิดป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ตามเส้นทางหรือแปลงตัวอย่างที่สุ่มออกเป็น 12 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

5.1 ป่าดงดิบเขา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 55.84 (875.70 ตร.กม.) มีพื้นที่มากที่สุด จัดเป็นป่าดงดิบเขาระดับต่ำสังคมย่อยก่อเตี้ย พบตั้งแต่ระดับประมาณ 800 เมตร (msl.) ขึ้นไป พบสัตว์เลื้อยคลาน 40 ชนิด สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 29 ชนิด พบมากที่สุดในจำนวนถิ่นอาศัยที่มีทั้งหมด ชนิดที่พบค่อนข้างจะเฉพาะในถิ่นอาศัยป่าดงดิบเขา เช่น ปาดกระเป่า ปาดลายเลอะเหนื่อ ปาดยักษ์ และปาดเขี้ยวตีนลาย เป็นต้น

5.2 ป่าดงดิบชื้นระดับสูงและป่าดงดิบกึ่งพรุ เป็นชนิดป่าที่แปลสภาพถ่ายดาวเทียมได้ยากมาก เนื่องจากขึ้นปะปนกับป่าดงดิบเขาระดับต่ำ ถ้าแปลสภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ป่าประเภทนี้บางส่วนของที่อยู่บริเวณที่ราบสูงภูเขาจะรวมกับป่าดงดิบเขาด้วย ในฤดูฝนน้ำมักจะท่วมขังเป็นเวลานาน พอถึงฤดูแล้งจะกลายเป็นเลนอ่อนนุ่ม มีสัตว์เลื้อยคลาน 16 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 19 ชนิด

5.3 ป่าดงดิบแล้ง ปกคลุมพื้นที่ร้อยละ 4.71 (73.90 ตร.กม.) เท่านั้น ส่วนมากพบเป็นผืนใหญ่ๆ บริเวณสองข้างลำน้ำพรม ตั้งแต่ใต้เขื่อนจุฬาภรณ์ไหลลงไปตามลำน้ำพรมจนถึงใต้เขื่อนห้วยกุ่ม และพบเป็นผืนขนาดเล็กตามหุบเขาที่อยู่บริเวณไหล่เขาด้านอำเภอเกษตรสมบูรณ์ และอำเภอหนองบัวแดง พบสัตว์เลื้อยคลาน 40 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกพบ 21 ชนิด

5.4 ป่าสนเขา ปกคลุมพื้นที่ร้อยละ 1.07 (16.70 ตร.กม.) ป่าสนเขาส่วนใหญ่กระจายอยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่ติดกับอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว และบางส่วนอยู่ตอนกลางของพื้นที่บริเวณสำนักงานเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (ทุ่งกะมัง) พบสัตว์เลื้อยคลาน 24 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 10 ชนิด

5.5 ป่าเบญจพรรณ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 12.25 (192.10 ตร.กม.) ส่วนมากกระจายตามไหล่เขาเกือบจะรอบแนวเขตสลักกับป่าเต็งรัง สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่สูงชัน จึงทำให้มีแหล่งน้ำน้อย โดยเฉพาะฤดูแล้งจะแห้งแล้งมากและมีไฟป่า ชนิดสัตว์ป่าที่อาศัยในสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูสูงจึงต้องปรับตัวเองให้ดำรงชีวิตอยู่ได้หรือต้องอพยพไปอยู่ที่อื่นๆ ส่วนใหญ่จะพบในฤดูฝน พบสัตว์เลื้อยคลาน 26 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 9 ชนิด

5.6 ป่าเต็งรัง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 7.38 (115.65 ตร.กม.) ส่วนมากกระจายตามไหล่เขาเกือบจะรอบแนวเขตสลักกับป่าเบญจพรรณ และมีบางส่วนอยู่ตอนในของพื้นที่บริเวณหน่วยฯ ศาลาพระม สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่สูงชัน ยกเว้นบริเวณหน่วยฯ ศาลาพระมเป็นลอนคลื่นและถูกล้อมรอบด้วยป่าดงดิบแล้ง เป็นสังคมป่าที่เป็นผืนขนาดเล็กกระจัดกระจาย สภาพทั่วไปแห้งแล้ง โดยเฉพาะในฤดูแล้งมักมีไฟป่า ส่วนใหญ่จะพบสัตว์ในฤดูฝน พบสัตว์เลื้อยคลาน 34 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 15 ชนิด

5.7 ป่าไผ่ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 10.72 (168.04 ตร.กม.) เป็นสังคมป่าที่อยู่ในขั้นตอนของการทดแทนตามธรรมชาติ ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างตามพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันสลับซับซ้อนด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ มักจะประสบปัญหาไฟไหม้ทุกปี บางส่วนพบตามไหล่เขาตอนกลางของพื้นที่บริเวณภูเขาเขี้ยวน้อย แห่ป่าเตย และห้วยสะพุงลาย เป็นต้น ส่วนใหญ่จะพบสัตว์ป่าในฤดูฝน เป็นสัตว์เลื้อยคลาน 14 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 15 ชนิด

5.8 ป่ากำลังทดแทน ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.37 (52.86 ตร.กม.) เป็นสังคมป่าที่ในอดีตถูกทำลายจากมนุษย์และไม่ได้ปลูกป่าทดแทน แต่ได้ปล่อยให้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติด้วยการป้องกันพื้นที่ไม่ให้มีการบุกรุก ส่วนใหญ่จะถูกล้อมรอบด้วยป่าธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะพบสัตว์ป่าในฤดูฝน เป็นสัตว์เลื้อยคลาน 14 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 4 ชนิด

5.9 ป่าเขาหินปูนและถ้ำ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.87 (60.61 ตร.กม.) เป็นถิ่นอาศัยพิเศษอีกประเภทหนึ่งที่พบในพื้นที่ บริเวณเทือกเขาเทวดาเป็นพื้นที่ที่มีถ้ำ ยอดเขา หุบเขา หลุมยุบ ธารน้ำใต้ดินและหน้าผาจำนวนมาก เป็นพื้นที่สูงชันสลับซับซ้อน พบสัตว์ทั้ง 2 ชั้น น้อยมากเพียงชั้นละ 1 ชนิด เท่านั้น

5.10 สวนป่าและป่าปลูก ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 0.94 (14.77 ตร.กม.) เป็นถิ่นอาศัยประเภทหนึ่งที่ในอดีตเคยถูกมนุษย์ทำลาย ต่อมารัฐบาลได้เข้ามาปลูกป่าทดแทนในรูปของป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติฯ และป่าต้นน้ำลำธาร ถิ่นอาศัยประเภทนี้บางพื้นที่ได้เกิดการทดแทนใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติแล้ว แต่ในบางพื้นที่ยังประสบปัญหาไฟป่าไหม้ พบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ก่อนช่วงน้อย เป็นสัตว์เลื้อยคลาน 17 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 2 ชนิด

5.11 พื้นที่อาศัยของมนุษย์ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 0.04 (0.66 ตร.กม.) เป็นถิ่นอาศัยขนาดเล็ก เช่น อาคาร บ้านพักและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ของทางราชการ มีมนุษย์อยู่อาศัยประจำ ส่วนมากกระจายใกล้ๆ แนวเขตติดต่อกับชุมชนหรือพื้นที่เกษตรกรรมของราษฎร มีเพียงบริเวณสำนักงานเขต (ทุ่งกะมัง) เท่านั้นที่มีสิ่งก่อสร้างจำนวนมากและกระจายค่อนข้างกว้าง ส่วนใหญ่จะเป็นสัตว์ขนาดเล็กที่มีพฤติกรรมหลบซ่อนและสามารถปรับตัวอยู่ใกล้กับมนุษย์ได้ดี ยกเว้นบริเวณทุ่งกะมังจะมีสัตว์ป่าเข้ามาใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกับธรรมชาติมาก จนบางครั้งสร้างความรำคาญให้กับเจ้าหน้าที่ พบสัตว์เลื้อยคลาน 22 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 9 ชนิด

5.12 ทุ่งหญ้าและป่าทุ่ง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 3.33 (52.23 ตร.กม.) และ 0.11 (1.74 ตร.กม.) ตามลำดับ ถิ่นอาศัยประเภทนี้มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ในอดีต พบสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น ก่อนช่วงน้อย เป็นสัตว์เลื้อยคลาน 14 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 8 ชนิด

6. สถานภาพ

6.1 สถานภาพตาม พ.ร.บ.สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 ตามกฎกระทรวงกำหนดให้สัตว์ป่าบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546 เป็นสัตว์เลื้อยคลาน 26 ชนิด จำแนกเป็นกลุ่มเต่า 6 ชนิด กลุ่มตุ๊กแก 3 ชนิด กลุ่มกิ้งก่า 6 ชนิด กลุ่มตะกวด 2 ชนิด และกลุ่มงู 9 ชนิด ส่วนสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกไม่มีชนิดใดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง

6.2 สถานภาพตามการจัดทรัพยากรชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ. 2539 จำแนกออกเป็นสัตว์เลื้อยคลาน 4 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 1 ชนิด มี 3 ระดับคือ ไก่สลุณพันธุ์ 1 ชนิด มีแนวโน้มไก่สลุณพันธุ์ 3 ชนิด และเฉพาะถิ่นหรือถิ่นเดียว 2 ชนิด

6.3 สถานภาพตามสหภาพระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (IUCN) มีสัตว์เลื้อยคลานจำนวน 7 ชนิด ที่มีสถานภาพตามสมุดปกแดงของ IUCN (IUCN, 2003) มี 4 ระดับคือ ไก่สลุณพันธุ์ 2 ชนิด มีแนวโน้มไก่สลุณพันธุ์ 3 ชนิด มีความเสี่ยงน้อย – กลุ่มที่ใกล้สูญคุกคาม 1 ชนิด และข้อมูลไม่เพียงพอ 1 ชนิด

7. ปัญหาที่พบจากการศึกษาวิจัย

7.1 ปัญหาในการศึกษา จำแนกออกได้ 2 กลุ่ม คือ ปัญหาในการดำเนินงาน และปัญหาในการติดต่อประสานงาน โดยการปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามแผนที่ควร เนื่องจากผู้วิจัยเองมีภารกิจที่ต้องรับผิดชอบในงานประจำจำนวนมาก ทำให้บางครั้งการปฏิบัติงานศึกษาวิจัยต้องเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม สัตว์ป่าบางชนิดไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ เนื่องจากพบจำนวนน้อยและไม่สามารถจับตัวได้ การจำแนกตัวอย่างของผู้เชี่ยวชาญ สัตว์บางชนิดมีตัวอย่างเดียว บางชนิดมีเฉพาะรูปถ่าย ทำให้ผู้เชี่ยวชาญไม่สามารถจำแนกถึงระดับชนิดได้ ส่วนมากจะจำแนกได้เฉพาะในระดับสกุล การส่งรายงานล่าช้า เนื่องจากต้องรอผลการจำแนกตัวอย่างจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้บางหัวข้อไม่สามารถที่จะเขียนหรือสรุปผลเสนอต่อโครงการ BRT ได้ทันตามกำหนดเวลา การขาดอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานบางอย่าง เนื่องจากในหน่วยงานยังขาดแคลนอยู่ ทำให้ต้องเปลี่ยนห้องปฏิบัติงานไปตามหน่วยงานที่มีอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้อยู่บ่อยครั้ง

7.2 ปัญหาที่คุกคามสัตว์ป่า ประกอบด้วย การล่าจากชุมชนที่อาศัยใกล้แนว ภูเขา ใช้ประโยชน์จากสัตว์ป่าในรูปของอาหารเป็นส่วนใหญ่ การจำหน่ายทั้งสดและแห้ง และจากการตรวจสอบคดีป่าไม้ในเขตฯ ภูเขา ที่เกี่ยวข้องกับกับการล่าสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้นนี้ในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2537 - 2547) พบทั้งหมด 3 คดี (ตารางที่ 2) คดีลำดับสุดท้ายนี้ได้จากการจับกุมของคณะสำรวจได้ผู้ต้องหา 2 คน ในท้องที่อำเภอหนองบัวแดง มีของกลางเป็นกบหมิ่นจำนวน 30 ตัว

ตารางที่ 2. แสดงรายการคดีเกี่ยวกับสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขา จังหวัดชัยภูมิ (พ.ศ. 2537 - 47)

ลำดับคดี	วัน/เดือน/ปี	ชนิดสัตว์	จำนวน (ตัว)
1	24 เม.ย. 2541	ตะกวด	1
2	30 เม.ย. 2544	งูเหลือม	1
3	9 ต.ค. 2547	กบหัวขาป้อมหรือกบหมิ่น	30

ที่มา : ฝ่ายปราบปราม เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขา จังหวัดชัยภูมิ (พ.ศ. 2548)

นอกจากนั้น การคมนาคม โดยเฉพาะถนนลาดยางของ รพช. สายปางม่วง – หุ่นกมั่ง ซึ่งยาวประมาณ 25 กิโลเมตร 2 เส้นทางจราจร ผู้ศึกษาได้ใช้ถนนสายนี้ในการเก็บข้อมูลด้วย สามารถมองเห็นสัตว์ได้แต่ไกล แต่ก็พบว่า มีสัตว์ป่าถูกรถยนต์ของนักท่องเที่ยวและผู้ใช้ถนนทับตายเป็นจำนวนไม่น้อย โดยเฉพาะกลุ่มงู กบเขียด และตะกวด เป็นต้น ซึ่งสัตว์ป่าหลายชนิดสำรวจพบซากบนถนนสายนี้ ไฟป่าเป็นปัญหาที่คุกคามสัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น พอสมควร ปัญหาตามธรรมชาติ ได้แก่ สัตว์ผู้ล่า ส่วนใหญ่เป็นการควบคุมกันเองของสัตว์ป่าในธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่ควรกังวลแต่อย่างใด ปรสิต เป็นปัญหาที่น่าจะศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตว่าปรสิตเหล่านี้มีผลทำให้สัตว์ป่าทั้ง 2 ชั้น เสี่ยงต่อการตายหรือแพร่โรคระบาดในสัตว์หรือคนหรือไม่

อุปสรรคที่มีผลกระทบต่อการศึกษาและสำรวจในพื้นที่ก็คือ พายุและฝนที่ตกหนักในช่วงฤดูฝน ซึ่งทำให้การเก็บข้อมูลไม่สมบูรณ์ สภาพภูมิประเทศที่สูงชัน ปัญหาเรื่องน้ำในการค้างแรมและประกอบอาหารในฤดูแล้ง ส่วนในฤดูฝนมักมีแผ่นดินไหว ในพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชัน อาจจะต้องเลือกฤดูกาลที่เหมาะสมเพื่อเข้าเก็บข้อมูลใหม่ คือ ต้องเข้าสำรวจในช่วงปลายฤดูฝนต่อกับต้นฤดูหนาว เพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกจะมีในปริมาณที่ไม่มากนัก มีแหล่งน้ำในการพักแรมหลายๆ วัน แต่อาจจะพบปัญหาใหม่ก็คือ พื้นที่สูงชันในเขตฯ ภูเขาในช่วงต้นฤดูหนาว มักมีอากาศหนาวถึงหนาวจัด ในบางปีต่ำกว่า 0°C

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้ และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT_R_147003 และขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือดังต่อไปนี้ คุณจารย์พล ปราภณศักดิ์ อดีตหัวหน้าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว ดร.กาญจนา นิตยะ หัวหน้าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว และหัวหน้าสำนักงานภาคสนามโครงการภูเขียว คุณยอดชาย ช่วยเงิน และอาจารย์จารุจินต์ นกิตะภักดิ์ จากองค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ (อพวช.) ที่ช่วยจำแนกตัวอย่างสัตว์ อ.ดร.ถาวร สุภาพรม จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ช่วยจำแนกตัวอย่างกบเข่งอนหินภาคเหนือ คุณวิชานนท์ แสนผา และคุณนพดล บัวโรย เจ้าหน้าที่ประจำโครงการอนุรักษ์และพัฒนาป่าไม้ที่ยั่งยืนในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน (โครงการภูเขียว - EU) ที่ช่วยด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ คุณรุ่งทิพย์ กล่อมจันทร์ ที่ช่วยแปลเป็นภาษาอังกฤษ คุณสมสันต์ บุญเกษม คุณสมชัย พิษณุ และเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวทุกคนที่ช่วยเก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- โกวิท น้อยไครต และวีรยุทธ เลาหะจินดา. 2544. ความหลากหลายของกบ (Anurans) ในป่าเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี. *วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย* 9(1): 7-16.
- คณะวนศาสตร์. 2532. รายงานฉบับสมบูรณ์ แผนแม่บทการจัดการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ส่วนที่ 1. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- คณะวนศาสตร์. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. รายงานการศึกษาขั้นสุดท้ายฉบับร่าง โครงการวิเคราะห์บททวนการดำเนินงานตามแผนแม่บทอุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าที่ผ่านมา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- จารุจินต์ นกิตะภักดิ์ และธัญญา จันอาจ. 2542. การสำรวจและติดตามผลความหลากหลายของชนิดสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน. ใน : แนวทางในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ. โครงการจัดตั้งศูนย์ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 158-175.
- จารุจินต์ นกิตะภักดิ์, ธัญญา จันอาจ และยอดชาย ช่วยเงิน. 2544. รายชื่อสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน ในประเทศไทย. องค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม.
- จารุจินต์ นกิตะภักดิ์. 2532. ความหลากหลายของสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลานในประเทศไทย. ใน : สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ และศุภชัย หล่อโลหการ (บรรณาธิการ), ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย. บริษัทประชาชน จำกัด. หน้า 169-204.
- ธัญญา จันอาจ. 2546. คู่มือ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในเมืองไทย. บริษัท ด้านสหภาพการพิมพ์ จำกัด กรุงเทพฯ.
- ธัญญา จันอาจ. 2547. การจำแนกชนิดสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครองประเภทสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง. เอกสารสมทบหลักสูตรการจำแนกชนิดสัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครอง รุ่นที่ 2. ศูนย์ฝึกอบรมที่ 4 (เชียงราย) กองฝึกอบรม กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- บพิตร จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. 2539. สัตววิทยา. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- บุญเย็น ทุมวิภาต และวิโรจน์ นุตพันธุ์. 2525. การรักษาผู้ป่วยถูกงูพิษกัดและงูพิษในประเทศไทย. โรงพิมพ์ พิมพ์เนศ.
- ฝ่ายจัดการทรัพยากรธรรมชาติ. 2543. ความหลากหลายทางชีวภาพบริเวณป่ากันชนเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. โครงการอนุรักษ์เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวตามพระราชดำริ โดยความร่วมมือระหว่าง Loro Parque Fundacion และกรมป่าไม้. ส่วนอนุรักษ์สัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้.
- ไพบูลย์ จินตกุล. 2543. งูพิษในประเทศไทย. บริษัท พิมพ์เนศ พรินติ้ง เซ็นเตอร์ จำกัด กรุงเทพฯ.
- มงคล คำสุข และกิตติ กรัตติยานนท์. 2542ก. คู่มือการฝึกอบรม : การสำรวจทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าเบื้องต้น (2-8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดม จังหวัดอุบลราชธานี). ฝ่ายจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว ส่วนอนุรักษ์สัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้.
- มงคล คำสุข และกิตติ กรัตติยานนท์. 2542ข. ลักษณะสังคมพืชในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. ฝ่ายจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว ส่วนอนุรักษ์สัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้.
- มงคล คำสุข, กิตติ กรัตติยานนท์, วรณชนก สุวรรณกร และนิพนธ์ สงวนญาตี. 2543. ความหลากหลายของสัตว์ป่ามีกระดูกสันหลัง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย* 8(1): 63-75.
- มงคล คำสุข. 2546. นิเวศวิทยาของนกฮูกจ้าว (*Anhinga melanogaster* Pennant, 1769) ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารวนศาสตร์* 22: 70-84.

- ยอดชาย ช่วยเงิน, ประทีป ตังแก, สมโภชน์ มณีรัตน์, เพิ่มศักดิ์ กนิษฐชาติ และสุนทร การพันธ์. 2544. บัญชีรายชื่อสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกและสัตว์เลื้อยคลาน ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวรตะวันออก จังหวัดตาก. *วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย* 9(1): 71-81.
- วิโรจน์ นุตพันธุ์. 2544ก. ลายงูไทย. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ นุตพันธุ์. 2544ข. สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในประเทศไทย. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด กรุงเทพฯ.
- วิสูตร พิงษ์อิน. 2537. การสำรวจชนิดสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาเขียว-เขาชมภู่ จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- วีระยุทธ์ เลหาะจินดา. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. เอกสารประกอบการเรียน: วิทยาศาสตร์เลื้อยคลาน. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สวัสดิ์ วงศ์ถิรวัฒน์. 2541. รายชื่อสัตว์ป่ามีกระดูกสันหลังในประเทศไทย. กลุ่มนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2540. รายงานการประชุมเพื่อจัดสถานภาพทรัพยากรชีวภาพของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ.
- เสรี โพธิ์พินิจ. 2534. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของสัตว์เลื้อยคลานในอันดับย่อยลาเซอส์ที่เลื้อย ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- โอภาส ขอบเขตต์. 2526. การสำรวจทางชีววิทยาป่าไม้บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. ใน : อนุชยา ทรัพย์มี (บรรณาธิการ), ป่าภูเขียว เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวและโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี้พับลิชชิ่ง กรุงเทพฯ. หน้า 93-107.
- IUCN. 2003. 2003 IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. Downloaded on 14 November 2004.
- Nabhitabhata, J., T. Chan-ard and Y. Chuaynkern. 2000. Checklist of Amphibians and Reptiles in Thailand. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand.
- Stuart, B.L., P.P. van Dijk and D.B. Hendrie. 2001. Photographic Guide to the Turtles of Thailand, Laos, Vietnam and Cambodia. Wildlife Conservation Society.
- Taylor, E.H. 1962. The amphibian fauna of Thailand. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 63: 8 (August) 20: 265-599.
- Taylor, E.H. 1963. The lizards of Thailand. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 44(14): 687-1077.

การสำรวจสถานภาพสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมเฉพาะถิ่นของไทยที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่อนุรักษ์ ในเขตที่ราบภาคกลางของไทย

สุรชิต แวงโสธรณ์¹, จารุจินต์ นภิตะภักดิ์², ธีรศิริ มูลจันทร์¹ และ กุลธิดา เมืองคำ¹

¹ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, ²ศูนย์นิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม องค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

Abstract: Intensive Survey of the Current Status of Thai Endemic Mammals and their Habitats Outside Protected Areas in Central Thailand

Surachit Waengsothorn¹, Jarujin Nabhitabhata², Thiensiri Moonchan¹ and Kullatida Muangkham¹

¹Environment, Ecology and Energy Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Chatuchak, Bangkok 10900, ²Thailand Natural History, National Science Museum, Klong Luang, Pathumthani 12120

Three species of Thai endemic mammal, the Thailand roundleaf bat (*Hipposideros halophyllus*: Rhinolophidae), the limestone rat (*Niviventer hinpoon*: Muridae), and the Neil's rat (*Leopoldamys neilli*: Muridae), have not been reported from their own type localities for at least 31 years since their first discoveries. The type localities are now being continuously disturbed by human activities, which may result in driving them to the brink of extinction. Intensive surveys were conducted to determine the present existences of these endemic mammals in 7 areas using live trapping and mistnetting techniques. The results reveal the existence of the three endemic mammals. The Thailand roundleaf bat, an insectivorous species, was found in two areas: Khao Samorkhon, Amphoe Tha Wung, Changwat Lop Buri (14°54'38" N, 100°30'02" E), its type locality, and Khao Singto, Amphoe Muang district, Changwat Sa Kaeo (13°54'34" N, 102°03'46" E). The limestone rat was encountered in 2 areas: Khao Dondung, Amphoe Ban Mi, Changwat Lop Buri (15°08'35" N 100°36'44" E), which was the first record of its occurrence outside its known distributional range, and Wat Tham Prathat, Amphoe Muang, Changwat Lop Buri (14°48'15" N 100°49'30" E). Neill's rat was found living at Wat Tham Prabhothisat, Amphoe Kaenhkoi, Changwat Sara Buri (14°34'31" N 101°08'43" E); its type locality is the same as that of the limestone rat. The results indicated that all endemic mammals occurred in extremely low numbers and had very restricted distributional ranges. Together with the alarming disturbances of anthropogenic factors, they are confronting a high risk of being exterminated locally.

Key words: Thai endemic mammals, *Hipposideros halophyllus*, *Niviventer hinpoon*, *Leopoldamys neilli*, Thailand roundleaf bat, Neil's rat, limestone rat

บทนำ

การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพยังคงเป็นปัญหาสำคัญที่นักชีววิทยาให้ความสนใจอย่างมาก และยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากการสูญพันธุ์ตามธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ อัตราการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สาเหตุหลักมาจากการสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัย นักชีววิทยาได้ประเมินว่าอาจจะสูงถึง 104 เท่าของอัตราที่ควรจะเป็นโดยธรรมชาติ (Kerr and Burke, 2002) โดยเฉพาะสัตว์เฉพาะถิ่นซึ่งมีถิ่นที่อยู่อาศัยและการกระจายอย่างจำกัด (restricted distribution)

สัตว์เฉพาะถิ่น (endemic species) หมายถึง ชนิดของสัตว์ที่มีกระบวนการหรือแบบแผนการกระจายที่จำกัดเฉพาะในเขตภูมิศาสตร์ในท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่งเท่านั้น (Meffe and Carroll, 1997) สัตว์เฉพาะถิ่นจึงมีแนวโน้มสูญพันธุ์สูงกว่าสัตว์ในกลุ่มอื่นๆ เพราะอาศัยอยู่ในบริเวณที่อยู่อาศัยที่พิเศษเฉพาะตัวและถูกจำกัดด้วยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆ ทำให้ถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านี้มีลักษณะคล้ายกับเกาะ จึงมีโอกาสผสมพันธุ์ภายในกลุ่มที่มีสายเลือดใกล้ชิดกันมากยิ่งขึ้น ทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ และเป็นการเพิ่มโอกาสการสูญพันธุ์ของสัตว์เหล่านี้

(Frankham, 1998) นอกจากนี้สัตว์เฉพาะถิ่นยังเป็นสัตว์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างจำกัดและต้องการปัจจัยทางนิเวศวิทยาที่มีลักษณะเฉพาะตัว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมหรือถิ่นที่อยู่อาศัยเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์เหล่านี้ โดยเฉพาะกิจกรรมของมนุษย์ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สัตว์เหล่านี้สูญพันธุ์ (Cincotta et al., 2000)

ปัจจัยทางด้านพันธุกรรมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งทำให้สัตว์ที่มีการกระจายจำกัดเฉพาะถิ่นสูญพันธุ์เร็วขึ้น เพราะความหลากหลายทางพันธุกรรมมีความสำคัญต่อการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Ziehe et al., 2000) ดังนั้นสัตว์ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำจึงมีแนวโน้มที่จะสูญพันธุ์เร็วกว่าสัตว์ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง เช่น ผีเสื้อบริเวณคาบสมุทรสแกนดิเนเวีย (Saccheri et al., 1998) มีรายงานวิจัยยืนยันว่า สิ่งมีชีวิตที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยเฉพาะถิ่นทั่วทุกมุมโลกและทุกประเภท เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ เช่น ในพืช (Jiménez et al., 2002; Schnabel and Krutovskii, 2004) ในปลา (Mesquita et al., 2001) ในนก (Zwartjes, 2003) เป็นต้น

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สัตว์เฉพาะถิ่นส่วนใหญ่จึงเป็นสัตว์ที่หายาก มีสถานภาพที่ใกล้จะสูญพันธุ์ถือว่าเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าทางด้านการอนุรักษ์สูง คุณค่าของทรัพยากรนี้ไม่ได้มีความสำคัญแต่เฉพาะในประเทศที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาศัยอยู่เท่านั้น แต่มีความสำคัญในการเป็นสมบัติของมนุษยชาติทุกเผ่าพันธุ์ทั่วโลก การสูญพันธุ์ของสัตว์เหล่านี้จึงถือเป็นการสูญเสียที่ยิ่งใหญ่ของชาวโลก เพราะเหตุที่ว่าการสูญพันธุ์เป็นการสูญเสียที่ถาวรไม่สามารถฟื้นฟูกลับขึ้นมาใหม่ได้ไม่ว่าเราจะใช้เทคโนโลยีระดับสูงเพียงใดและใช้งบประมาณจำนวนมากแค่ไหนก็ตาม

ประเทศไทยมีสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมที่เป็นสัตว์เฉพาะถิ่น จำนวน 6 ชนิด (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2540) คือ เนื้อสมัน (*Cervus schomburgki*) หนูถ้ำ (*Leopoldamys neilli*) หนูชนเลี่ยนเขาหินปูน (*Niviventer hinpoon*) ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม (*Hipposideros halophyllus*) ค้างคาวท้องสีน้ำตาลสุราษฏร์ (*Eptesicus dimissus*) และค้างคาวคุณกิตติ (*Craseonycteris thonglongyai*) นาสีตายอย่างยั้งที่เนื้อสมันได้รับการประกาศอย่างเป็นทางการว่าได้สูญพันธุ์ไปจากโลกแล้ว (World Conservation Monitoring Centre, 1996) และในปัจจุบันก็ได้มีรายงานการค้นพบค้างคาวคุณกิตติในประเทศเมียนมาร์ (Bates et al., 2001) ดังนั้นสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมเฉพาะถิ่นของไทยที่คาดว่ายังไม่สูญพันธุ์จึงมีเพียง 4 ชนิดเท่านั้น

เป็นที่น่าสังเกตว่าสัตว์เฉพาะถิ่น 3 ใน 4 ชนิดของประเทศไทย (ยกเว้นค้างคาวท้องสีน้ำตาลสุราษฏร์) มีถิ่นการกระจายจำกัดอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลางของประเทศเท่านั้น ได้แก่ หนูถ้ำ หนูชนเลี่ยนเขาหินปูน และค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม ที่สำคัญที่สุดก็คือพื้นที่ที่พบสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้แล้วได้รับการตั้งชื่อ หรือแหล่งตัวอย่างต้นแบบ (type locality) อยู่นอกเขตพื้นที่อนุรักษ์ของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเขาสมอคอน จังหวัดลพบุรี และบริเวณพุน้ำตกจังหวัดสระบุรี นอกจากนี้ยังมีรายงานเพิ่มเติมว่าพบในพื้นที่อื่นๆ ของภาคกลาง เช่น จังหวัดสระแก้ว จังหวัดราชบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยมีถิ่นอาศัยที่สำคัญบริเวณเขาหินปูน (Ecological Research Department, 1991) จึงถือได้ว่าบริเวณที่ราบภาคกลางเป็นศูนย์กลางที่รวบรวมสัตว์เฉพาะถิ่นของไทยไว้ด้วยกันและถือเป็นพื้นที่พิเศษที่ควรแก่การปกป้องรักษาไว้ให้คงสภาพธรรมชาติเดิมให้ยาวนานที่สุด

ปัจจุบันยังไม่มีรายงานยืนยันว่าสัตว์เฉพาะถิ่นทั้งสามชนิดยังคงเหลืออยู่ในแหล่งตัวอย่างต้นแบบเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 31 ปี นับตั้งแต่ได้มีการค้นพบครั้งแรก เนื่องจากถิ่นที่อยู่อาศัยที่สำคัญทั้งสองแห่งอยู่นอกพื้นที่อนุรักษ์จึงมีความเสี่ยงสูงที่ถิ่นที่อยู่อาศัยจะถูกรบกวน บุกรุก และทำลาย เพราะถิ่นที่อยู่อาศัยเหล่านั้นไม่มีมาตรการคุ้มครองและป้องกันตามกฎหมาย ประกอบกับถิ่นที่อยู่อาศัยอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน จึงถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์อยู่ตลอดเวลา เช่น การเก็บหาขี้ค้างคาว การล่าค้างคาว รวมทั้งกิจกรรมการระเบิดและย่อยหิน ที่มีอย่างแพร่หลายในท้องที่จังหวัดสระบุรีและลพบุรี ที่อาจเป็นการทำลายถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านี้อย่างถาวร ด้วยเหตุผลดังกล่าวพื้นที่เขาหินปูนจึงถูกจัดว่าเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่สำคัญของสัตว์ป่าที่กำลังจะสูญพันธุ์และใกล้จะถูกทำลาย (Ecological Research Department, 1991) ดังนั้นการตรวจสอบสถานภาพการมีอยู่ของสัตว์เฉพาะถิ่นในแหล่งที่อยู่อาศัยเดิมที่อยู่นอก

เขตอนุรักษ์ จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน เพราะในการอนุรักษ์สัตว์ป่านั้นการป้องกันอย่างเข้มงวดเพียงอย่างเดียว ไม่อาจทำให้การอนุรักษ์ประสบความสำเร็จได้ สิ่งสำคัญที่สุดของการอนุรักษ์คือการมีกลยุทธ์ในการจัดการถิ่นที่อยู่อาศัย ตลอดจนการเพิ่มจำนวนประชากรและการป้องกันประชากรของสัตว์ชนิดนั้นๆ อย่างเข้มงวด (Margules and Pressey, 2000) การดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวอย่างน้อยต้องรู้ว่ามีสัตว์ชนิดนั้นๆ หลงเหลืออยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ ต้องอาศัยความรู้ด้านเขตการกระจายพันธุ์ ถิ่นที่อยู่อาศัย และสภาพที่ถูกคุกคาม เพื่อใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการและการอนุรักษ์ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงการสูญพันธุ์ของสัตว์เฉพาะถิ่นของไทยดังที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วกับสมัน

การศึกษาตามโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสำรวจสถานภาพการคงอยู่ของสัตว์เสี่ยงสูญพันธุ์เฉพาะถิ่นในถิ่นกำเนิดเดิม และถิ่นที่อยู่อาศัยที่เคยมีรายงานไว้ในพื้นที่ภาคกลาง โดยมุ่งเน้นไปที่พื้นที่นอกเขตอนุรักษ์ ศึกษาสภาพปัจจุบันของปัญหาและปัจจัยที่คุกคามสัตว์เฉพาะถิ่นเพื่อที่จะได้กำหนดมาตรการคุ้มครองและกลยุทธ์ในการจัดการถิ่นที่อยู่อาศัยอย่างมีประสิทธิภาพและจะเป็นการกระตุ้นให้ประชาชนในท้องถิ่นตระหนักถึงคุณค่าของสัตว์เฉพาะถิ่น อันจะเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรอันทรงคุณค่าของมนุษยชาติไว้เป็นมรดกสืบไป

วิธีการ

ทำการสำรวจสถานภาพสัตว์เสี่ยงสูญพันธุ์เฉพาะถิ่นของไทยที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่อนุรักษ์ในเขตที่ราบกลางของไทย ในระหว่างเดือนเมษายน 2548 – มีนาคม 2549 ดังรายละเอียดดังนี้

1. การสำรวจชนิดค้างคาว

การสำรวจทำได้ 2 แนวทางคือ การดักจับค้างคาวโดยใช้ตาข่าย และการใช้สวิงจับในถ้ำ การดักจับค้างคาวโดยใช้ตาข่ายนั้นกระทำโดยการวางตาข่ายในช่วงเย็น (18.00 น. – 21.00 น.) รอบๆ ถ้ำที่ค้างคาวอาศัยอยู่ หรือดักขวางลำห้วยในป่า จัดให้มีเจ้าหน้าที่คอยดูแลตาข่ายตลอดเวลา จนกว่าจะมีการเก็บตาข่าย พร้อมทำการปลดค้างคาวที่ติดตาข่ายในทันทีเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับค้างคาว การใช้สวิงจับในถ้ำ โดยการเดินสำรวจถ้ำในตอนกลางวัน ใช้สวิงต่อด้ามให้ยาวโอบจับค้างคาวที่บินเข้ามาใกล้ ค้างคาวที่จับได้จะทำการตรวจสอบชนิด บันทึกภาพ บันทึกพิกัดบริเวณที่จับได้โดยใช้อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)

2. การตรวจสอบชนิดหนู

โดยการใช้กรงดักหนู ทำการวางกรงดักหนูในตอนเย็นโดยใช้กล้วยน้ำว้าสุกเป็นเหยื่อล่อ แล้วทำการเก็บรวบรวมกรงในตอนเช้าตรู่ ทำการตรวจสอบชนิดหนู บันทึกภาพ บันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์บริเวณที่จับได้โดยใช้อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)

3. การศึกษาปัจจัยคุกคาม

ทำการศึกษาปัจจัยคุกคามและเป็นอันตรายต่อสัตว์เฉพาะถิ่น ปัจจัยที่รบกวนหรือทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์เฉพาะถิ่นที่อยู่นอกพื้นที่อนุรักษ์โดยการสอบถาม พูดคุยจากชาวบ้าน หรือผู้นำชุมชน และจากการสังเกต

4. พื้นที่ศึกษา

ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาในพื้นที่ที่เคยมีการค้นพบสัตว์เสี่ยงสูญพันธุ์เฉพาะถิ่น 3 ชนิด ในเขตภาคกลางของไทย ที่เคยมีรายงานการค้นพบมาก่อน (Hill and Yenbutra, 1984; Yenbutra and Felten, 1986; วันชัย, 2538) โดยมุ่งเน้นไปที่พื้นที่ที่อยู่นอกเขตอนุรักษ์ ดังนี้ (ภาพที่ 1)

จังหวัดลพบุรี

ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี ได้สำรวจ 3 พื้นที่ ดังนี้

1. ถ้ำวิโมกข์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เคยมีรายงานการค้นพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม และค้างคาวชนิดอื่นๆ อีก 1 ชนิด (วันชัย, 2538)
2. เขาสมอคอน อำเภอท่าม่วง จังหวัดลพบุรี เป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบ และมีรายงานการสำรวจพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม และค้างคาวชนิดอื่นๆ อีก 5 ชนิด (Yenbutra and Felten, 1986)
3. ถ้ำพระธาตุ บริเวณวัดพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เคยมีรายงานการค้นพบหนูชนเสื้อขนเขาหินปูน และค้างคาวชนิดอื่นๆ อีก 7 ชนิด (Yenbutra and Felten, 1986; Lekagul and McNeely, 1988)

จังหวัดสระบุรี

ได้สำรวจที่บริเวณพุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของสัตว์เฉพาะถิ่นของไทย 2 ชนิด คือ หนูชนเสื้อขนเขาหินปูน และหนูถ้ำ และยังเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มส่ง (*Hipposideros lekaguli*) นอกจากนี้ยังมีรายงานการค้นพบค้างคาวบริเวณนี้ไม่น้อยกว่า 27 ชนิด (Yenbutra and Felten, 1986; Lekagul and McNeely, 1988)

จังหวัดสระแก้ว

ได้สำรวจที่ถ้ำเขาสิงโต อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว เคยมีรายงานการค้นพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม และค้างคาวชนิดอื่นๆ อีก 5 ชนิด (Yenbutra and Felten, 1986)

จังหวัดราชบุรี

ได้สำรวจที่ถ้ำเขาบิน อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี เคยมีรายงานการค้นพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม และค้างคาวชนิดอื่นๆ อีก 15 ชนิด (Hill and Yenbutra, 1984; Yenbutra and Felten, 1986)

จังหวัดเพชรบุรี

ได้สำรวจที่ถ้ำเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี เคยมีรายงานการค้นพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม และค้างคาวชนิดอื่นๆ อีก 5 ชนิด (Hill and Yenbutra, 1984; Yenbutra and Felten, 1986)



ภาพที่ 1. พื้นที่สำรวจตามโครงการนี้ซึ่งเป็นที่เคยมีรายงานพบสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเฉพาะถิ่นจำนวน 5 แห่งคือ 1) เขตออดัง ถ้ำวิโมกข์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 2) เขาสมอคอน อำเภอท่าม่วง จังหวัดลพบุรี 3) ถ้ำเขาหินปูนบริเวณวัดพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 4) พุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี 5) เขาสิงโต อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว 6) เขาบิน อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี และ 7) เขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี (ภาพจาก Google Earth)

ผลการวิจัย

1. เขตการแพร่กระจาย

1.1 เขตการแพร่กระจายของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม

การสำรวจพบว่ามียักษ์จมูกปุ่มอาศัยอยู่เพียง 2 พื้นที่เท่านั้น (ภาพที่ 2) คือ

- 1) บริเวณเขาสมอคอน อำเภอท่าม่วง จังหวัดลพบุรี โดยสำรวจพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มอาศัยอยู่ 3 ถ้ำ ได้แก่

(1) ถ้ำโอบ ($14^{\circ}54'38''$ N $100^{\circ}30'02''$ E) พบจำนวน 50 - 100 ตัว อาศัยอยู่ร่วมกับค้างคาว 3 ชนิด คือ ค้างคาวหน้ายักษ์เล็ก (*H. pomona*) ค้างคาวมงกุฎเล็ก (*Rhinolophus pusillus*) และค้างคาวหูหนูตีนเล็กเขี้ยวสั้น (*Myotis siligorensis*)

(2) ถ้ำตาป่า ($14^{\circ}54'34''$ N $100^{\circ}30'14''$ E) พบเพียงชนิดเดียวจำนวน 300 - 400 ตัว

(3) ถ้ำเจตีย์ ($14^{\circ}54'27''$ N $100^{\circ}30'09''$ E) พบจำนวน 150 - 200 ตัว อาศัยอยู่ร่วมกับค้างคาวหน้ายักษ์เล็ก

2) บริเวณเขาสิงห์โต อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว พบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มอาศัยอยู่ในถ้ำใต้ดิน ($13^{\circ}54'34''$ N $102^{\circ}03'46''$ E) เพียงถ้ำเดียว จำนวน 200-300 ตัว โดยประมาณ โดยอาศัยอยู่ร่วมกับค้างคาว 3 ชนิด คือ ค้างคาวหน้ายักษ์เล็ก ค้างคาวหน้ายักษ์เล็กสีจาง (*H. cineraceus*) และค้างคาวมงกุฎปลอมเล็ก (*R. coelophyllus*)

1.2 เขตการแพร่กระจายของหนูชนเลี่ยนเขาคินปูน

การสำรวจพื้นที่ที่เคยมีรายงานพบหนูชนเลี่ยนเขาคินปูน จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ ถ้ำเขาคินปูน บริเวณวัดพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี และพุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (วัดถ้ำพระโพธิสัตว์ในปัจจุบัน) และพื้นที่อื่นๆ ที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีประชากรของหนูชนเลี่ยนเขาคินปูน อาศัยอยู่ 2 แห่ง (ภาพที่ 3) คือ



1) บริเวณวัดพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ($14^{\circ}48'15''$ N $100^{\circ}49'30''$ E) ดักจับหนูชนเลี่ยนเขาคินปูนเพศผู้ จากในถ้ำพระธาตุ จำนวน 1 ตัว

2) บริเวณวัดกุฎขาม (ดอนตึง) อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ($15^{\circ}08'35''$ N $100^{\circ}36'44''$ E) ดักจับหนูชนเลี่ยนเขาคินปูนได้จำนวน 5 ตัว เป็นหนูตัวผู้ 2 ตัว และหนูตัวเมีย 3 ตัว บริเวณวัดกุฎขาม (ดอนตึง) นี้ ถือเป็นรายงานการค้นพบแหล่งแพร่กระจายแห่งใหม่ของหนูชนเลี่ยนเขาคินปูนในประเทศไทย อย่างไรก็ตามในการสำรวจครั้งนี้ไม่พบหนูชนเลี่ยนเขาคินปูนบริเวณพุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (วัดถ้ำพระโพธิสัตว์ในปัจจุบัน) ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของหนูชนิดนี้



ภาพที่ 2. แหล่งการแพร่กระจายของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม ซึ่งเคยมีรายงานพบ 3 พื้นที่ (หมายเลข 1 – 3) ในการสำรวจครั้งนี้พบ 2 พื้นที่คือ (พื้นที่ในรูปสี่เหลี่ยม) บริเวณเขาสมอคอน จังหวัดลพบุรี และ บริเวณเขาสิงห์โต จังหวัดสระแก้ว นอกจากนี้ยังมีรายงานพบนอกพื้นที่ศึกษาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี (เครื่องหมายวงรี) (ภาพจาก Google Earth)

ภาพที่ 3. แหล่งการแพร่กระจายของหนูชนเลี่ยนเขาคินปูน ในอดีตพบเพียงสองพื้นที่เท่านั้นคือบริเวณถ้ำพระธาตุ จังหวัดลพบุรี (หมายเลข 2) และบริเวณพุน้ำตก จังหวัดสระบุรี (หมายเลข 3) ในการสำรวจครั้งนี้พบแหล่งการแพร่กระจาย 2 แห่ง (พื้นที่ในรูปสี่เหลี่ยม) คือ บริเวณเขาดอนตึง (หมายเลข 1) จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นแหล่งใหม่ที่พบหนูชนิดนี้ และถ้ำพระธาตุ จังหวัดลพบุรี (หมายเลข 2) แต่ไม่พบหนูชนเลี่ยนเขาคินปูนบริเวณพุน้ำตก จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบ (ภาพจาก Google Earth)

1.3 เขตการแพร่กระจายของหนูดำ

การสำรวจพื้นที่ที่เคยมีรายงานพบหนูดำ จำนวน 1 แห่ง คือ พุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (14° 34' 31" N 101° 08' 43" E) พบว่า ยังคงมีหนูดำอาศัยอยู่ ซึ่งดักจับได้จำนวน 5 ตัว ประกอบด้วย ตัวผู้ 3 ตัว และตัวเมีย 2 ตัว (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4. แหล่งการแพร่กระจายของหนูดำในอดีตพบเพียงสองพื้นที่เท่านั้น คือ บริเวณพุน้ำตก จังหวัดสระบุรี (หมายเลข 1) อีกพื้นที่หนึ่งอยู่นอกเขตพื้นที่ศึกษา คือ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี (พื้นที่ในรูปวงรี) แต่จากการตรวจสอบตัวอย่างที่จับได้ยังไม่สามารถระบุว่าเป็นหนูดำ (ดูรายละเอียดในการวิจารณ์ผล) ในการสำรวจครั้งนี้พบว่ามีหนูดำอาศัยอยู่บริเวณพุน้ำตก จังหวัดสระบุรี (พื้นที่ในรูปสี่เหลี่ยม) ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบ (ภาพจาก Google Earth)

2. ปัจจัยคุกคาม

ปัจจัยคุกคามที่อาจมีผลกระทบต่อการลดลงของจำนวนประชากร การรบกวนกิจกรรมปกติ และการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเฉพาะถิ่น ดังนี้

2.1 บริเวณพุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของสัตว์เฉพาะถิ่นของไทย 2 ชนิด คือ หนูขนสั้นเขาหินปูน และหนูดำ แหล่งที่อยู่อาศัยของหนูทั้งสองชนิดในปัจจุบันอยู่ในเขตวัดถ้ำพระโพธิสัตว์ มีปัจจัยคุกคาม ได้แก่ การเลี้ยงสุนัขและแมวเป็นจำนวนมากในบริเวณวัด การระเบิดย่อยหิน และการทำอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ที่อยู่ใกล้เคียง

2.2 บริเวณเขาสมอคอน อำเภอท่าม่วง จังหวัดลพบุรี มีปัจจัยคุกคามที่สำคัญ ได้แก่ การล่าค้างคาวเพื่อเป็นอาหาร การเก็บหาขี้ค้างคาว การเลี้ยงสัตว์บนภูเขา เช่น แพะ และการใช้วัตถุมีพิษในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ล้อมรอบเขาสมอคอน

2.3 ถ้ำวิโมกข์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี มีปัจจัยคุกคามที่สำคัญ คือ การล่าค้างคาวเพื่อเป็นอาหารและเพื่อขาย การเก็บหาขี้ค้างคาว และการเก็บหาพรรณไม้มาน้ำเพื่อจำหน่าย

2.4 บริเวณวัดพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีปัจจัยคุกคามที่สำคัญ คือ การพัฒนาถ้ำเป็นแหล่งปฏิบัติธรรม มีการสร้างพระพุทธรูปไว้ในถ้ำ การติดตั้งไฟฟ้าให้แสงสว่างภายในถ้ำ

2.5 บริเวณถ้ำเขาบิน อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มีปัจจัยคุกคามที่สำคัญ คือ การพัฒนาถ้ำเป็นแหล่งท่องเที่ยว มีการติดตั้งไฟฟ้าให้แสงสว่างทั่วทั้งถ้ำ ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนภายในถ้ำ และมีนักท่องเที่ยวเข้าไปเยี่ยมชมตลอดเวลา

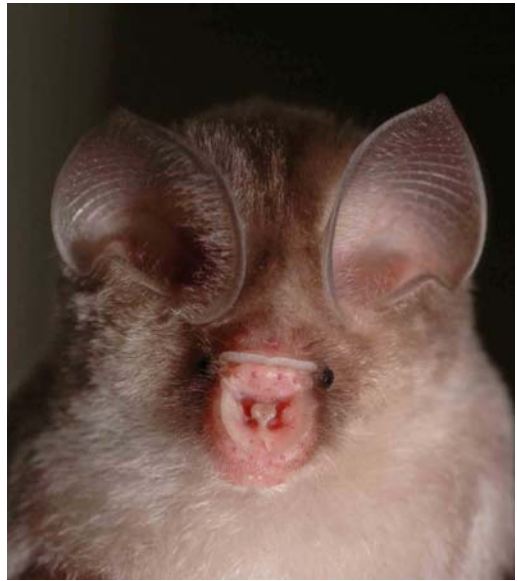
2.6 บริเวณถ้ำเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี มีปัจจัยคุกคามที่สำคัญ คือ การพัฒนาถ้ำเป็นศาสนสถาน มีการก่อสร้างพระพุทธรูป และติดตั้งไฟฟ้าภายในถ้ำ มีนักท่องเที่ยวเข้าไปเยี่ยมชมตลอดเวลา มีการสร้างกำแพงปิดกั้นปากทางเข้าถ้ำเพื่อป้องกันอันตรายแก่นักท่องเที่ยวที่อาจเข้าไปในถ้ำ และยังมีฝูงลิงแสม (*Macaca fascicularis*) อยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้สภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ขาดความสมดุล และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์ป่าหลายชนิด รวมทั้งค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นได้

2.7 บริเวณเขาสิงห์โต อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว ในการสำรวจไม่พบว่ามีปัจจัยคุกคามที่อาจมีผลต่อการดำรงชีวิตประจำวันของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม

วิจารณ์ผล

1. ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม

ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม (ภาพที่ 5) จับได้ครั้งแรก โดย John Edwards Hill ภัณฑารักษ์ด้านสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ของ British Museum (Natural History) ประเทศอังกฤษ จาก ถ้ำเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี เป็นค้างคาวตัวผู้ จำนวน 1 ตัว เมื่อวันที่ 26 กันยายน 2510 ในขณะนั้นได้ใส่ชื่อไว้ว่า *Hipposideros ater* และในวันถัดมา (27 กันยายน 2510) จับได้ค้างคาวเพศเมีย 1 ตัว จากถ้ำเขามิน อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ในตอนนั้นได้มีการใส่ชื่อไว้ว่า *Hipposideros cineraceus* ตัวอย่างค้างคาวทั้งสองตัวนี้ปัจจุบันเก็บรักษาไว้ที่ British Museum (Natural History) ประเทศอังกฤษ (Hill and Yenbutra, 1984)



ภาพที่ 5. ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มที่สำรวจพบบริเวณเขาสมอคอน จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบและมีจำนวนประชากรมากที่สุด ประมาณ 500 - 700 ตัว และเขาสิงโต จังหวัดสระแก้ว ประชากรประมาณ 200 - 300 ตัว

อีก 6 ปีต่อมา นายกิตติ ทองลงยา และคณะสำรวจจากศูนย์วัสดุอุตสาหกรรม (ชื่อเดิมของศูนย์รวบรวมตัวอย่างทางชีววิทยา) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ซึ่งได้สำรวจค้างคาวและประวัติของค้างคาวทั่วประเทศ จับค้างคาวชนิดนี้ได้อีกครั้ง เมื่อวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2516 ที่ เขาสมอคอน อำเภอท่าม่วง จังหวัดลพบุรี ซึ่งจับได้ทั้งหมด 23 ตัวอย่าง (ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน, 2549) และได้ส่งตัวอย่างค้างคาว จำนวน 3 ตัวอย่าง ไปตรวจสอบที่ British Museum (Natural History) ประเทศอังกฤษ พบว่าเป็นค้างคาวชนิดใหม่ของไทยและได้รับการตั้งชื่ออย่างเป็นทางการเมื่อ พ.ศ. 2527 (Hill and Yenbutra, 1984) ดังนั้นเขาสมอคอนจึงถือเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของ ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม หลังจากนั้นเป็นต้นมาไม่เคยมีรายงานการสำรวจพบบริเวณนี้อีกเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 33 ปี นับตั้งแต่มีการค้นพบครั้งแรก

สถานภาพปัจจุบันใน 2006 IUCN Red List of Threatened Species ได้กำหนดสถานภาพของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มว่ามีสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (LR/nt; Chiroptera Specialist Group, 1996) สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2540) ได้กำหนดสถานภาพการอนุรักษ์ไว้ว่าเป็นสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์ (endangered) และกฎกระทรวงกำหนดให้สัตว์ป่าบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546 ออกตามความในพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 ได้ประกาศให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง

ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มที่สำรวจพบบริเวณเขาสมอคอน ถือได้ว่าเป็นกลุ่มประชากรที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ในเบื้องต้นได้ประเมินจำนวนประชากรไว้ประมาณ 500 – 700 ตัว ขณะที่ประชากรที่จับได้จากเขาสิงโต อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว พบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มประมาณ 200 - 300 ตัว ทั้งสองประชากรอยู่ห่างกันประมาณ 200 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีรายงานยืนยันว่ามีประชากรค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มบริเวณถ้ำชันก ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี (Ecological Research Department, 1991) ซึ่งมีจำนวนประชากรประมาณ 400 ตัว (สารระ, การติดต่อส่วนตัว) โดยประชากรบริเวณเขาสมอคอนอยู่ห่างจากประชากรบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 150 กิโลเมตร แม้จะยังไม่มีข้อพิสูจน์ว่าประชากรของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มมีการอพยพไปมาระหว่างประชากรทั้ง 3 แห่ง แต่ด้วยปัจจัยของระยะทางที่ไกลมาก และด้วยขนาดที่เล็กของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มซึ่งมีพลังงานในการบินย้ายถิ่นจำกัด จึงประเมินได้ว่าการอพยพไปมาระหว่างกลุ่มประชากรทั้ง 3 แห่ง มีความเป็นไปได้น้อยมาก เนื่องจากค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มเป็นค้างคาวขนาดเล็ก มักอาศัยอยู่ในถ้ำที่ร้อนอบอ้าวเพื่อ

ลดการสูญเสียพลังงาน (สุรชิต และคณะ, 2549) ดังนั้นการบินอพยพระยะทางไกลๆ จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเกินไป นอกจากนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น การล้อมรอบด้วยทุ่งนาและที่ราบอันกว้างใหญ่ในที่ราบภาคกลาง อาจมีผลยับยั้งการอพยพออกนอกพื้นที่อาศัยในปัจจุบันได้ เนื่องจากค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มมักอาศัยอยู่ในถ้ำที่มีลักษณะพิเศษ คือเป็นถ้ำที่อยู่ลึกลงไปใต้ดิน มีทางเข้าออกแคบๆ เพียงทางเดียว (สุรชิต และคณะ, 2549) ซึ่งมีอยู่น้อยในธรรมชาติ ประกอบกับค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มมีกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็ก อาจก่อให้เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรม เนื่องจากการผสมพันธุ์เลือดชิดและความไม่แน่นอนของพันธุกรรม (Woodruff, 2001) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักอีกปัจจัยหนึ่งทำให้ประชากรของสัตว์ป่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ (Saccheri et al., 1998) ประชากรอ่อนแอและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Nunney and Campbell, 1993; Freeman and Herron, 1998) ซึ่งมีรายงานการศึกษาทั่วโลกว่าสิ่งมีชีวิตประจำถิ่นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ (Schnabel and Krutovskii, 2004; Mesquita et al., 2001; Jiménez et al., 2002; Zwartjes, 2003) อาจก่อให้เกิดการลดประสิทธิภาพในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมและโรคภัยต่างๆ (Ziehe et al., 2000) อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายทางพันธุกรรมของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มนั้นยังไม่เคยมีผู้ใดได้ทำการศึกษามาก่อน ในเบื้องต้นจึงยังไม่สามารถประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มได้

นอกจากปัจจัยทางด้านประชากร ปัจจัยทางด้านแหล่งอาศัย และปัจจัยทางพันธุศาสตร์ที่อาจส่งผลต่อการสูญพันธุ์ของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มแล้ว ยังมีปัจจัยคุกคามอีกหลายปัจจัยที่อาจส่งผลให้ค้างคาวชนิดนี้สูญหายไปจากพื้นที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน เช่น ปัญหาการใช้วัตถุมีพิษในพื้นที่ใกล้เคียง พื้นที่โดยรอบเขาสมอคอนเป็นที่ราบลุ่มมีน้ำท่วมขังและเป็นพื้นที่นาข้าว มีการปลูกข้าวตลอดทั้งปี ซึ่งมีการใช้สารกำจัดศัตรูข้าวอย่างแพร่หลาย ได้แก่ สารกำจัดแมลงและสารกำจัดหอยเชอร์รี่ รวมทั้งมีการใช้ปุ๋ยเคมีและฮอร์โมนเร่งการเจริญของต้นข้าว มีผลงานวิจัยยืนยันว่าสารพิษจากสิ่งแวดล้อมได้มีการตกค้างในค้างคาว เช่น ในอดีตประเทศไทยมีการใช้สารดีดีทีอย่างแพร่หลายในการกำจัดศัตรูพืชทำให้เกิดการตกค้างในค้างคาวกินแมลงหลายชนิด (Kruthanut, 1986) การพบสารดีดีทีตกค้างในค้างคาว Southern bent-wing bat (*Miniopterus schreibersii bassanii*) ที่ประเทศออสเตรเลีย (Mispagel et al., 2003) เป็นต้นดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะมีสารเหล่านี้ตกค้างอยู่ในแมลง เข้าสู่วงจรของระบบนิเวศและสะสมในตัวค้างคาว เนื่องจากค้างคาวเป็นผู้บริโภคในอันดับท้ายสุดและใหญ่ที่สุดในระบบนิเวศของเขาสมอคอน (แม้ว่าจะมีเหยื่อนกเขาชิครา (*Accipiter badius*) ซึ่งเป็นผู้บริโภคนสูงสุดอาศัยอยู่บริเวณนั้นแต่การสังเกตยังไม่พบการล่าค้างคาว) สารตกค้างอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มแข็งของประชากรค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มได้ นอกจากนี้ปัจจัยการรบกวนจากการเลี้ยงปศุสัตว์ในพื้นที่อาศัยอาจมีผลกระทบต่อค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มเช่นกัน การเลี้ยงแพะอย่างแพร่หลายบนเขาสมอคอนอาจเป็นการรบกวนแหล่งอาหารของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม เนื่องจากแพะเป็นสัตว์ที่กินพืชได้เกือบทุกชนิด ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของสภาพป่าบนเขาสมอคอน และอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณของแมลงซึ่งเป็นอาหารของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มได้ รวมทั้งการรบกวนปัจจัยทางนิเวศวิทยาอื่นๆ แม้ว่าปัจจุบันนี้จะไม่เป็นที่รู้แน่ชัดว่าปัจจัยทางนิเวศวิทยาใดบ้างที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเป็นสัตว์เฉพาะถิ่นของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่ม โดยข้อเท็จจริงแล้วอาจมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ค้างคาวชนิดนี้ชื่นชอบเป็นการเฉพาะในถิ่นการกระจายนั้นๆ ดังนั้นการเลี้ยงแพะบนภูเขาอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อปัจจัยจำกัดดังกล่าวมาและอาจเป็นปัจจัยเสริมให้ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ได้เร็วยิ่งขึ้น

ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มที่พบบริเวณเขาสิงโต อำเภอมือง จังหวัดสระแก้ว พื้นที่แห่งนี้เคยได้รับสัมปทานการระเบิดและย่อยหิน ปัจจุบันได้หยุดดำเนินการแล้ว เป็นที่น่ายินดีอย่างยิ่งที่พบว่ายังคงมีประชากรค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มอาศัยอยู่ประมาณ 200-300 ตัว อาศัยอยู่ในถ้ำใต้ดิน สภาพพื้นที่บริเวณปากถ้ำมีไม้พุ่มขนาดเล็กขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น แสดงให้เห็นว่าบริเวณแห่งนี้ไม่มีการรบกวนจากราษฎรที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น นอกจากนี้ถ้ำใต้ดินยังมีทางเข้าที่แคบมาก ต้องหมอบคลานไปกับพื้น ราษฎรที่นำทางเข้าสู่ถ้ำต้องมีกรจูดรูปเช่นไหเจ้าที่เพื่อขออนุญาตเข้าไปในถ้ำ ความเชื่อดังกล่าวอาจส่งผลเชิงอนุรักษ์และปราศจากการรบกวนค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มในถ้ำสิงโต อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะไม่มีปัญหารบกวนจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ แต่การที่เขาสิงโตเป็นแนวเขาหินปูนขนาดเล็กมีพื้นที่

ประมาณ 0.22 ตารางกิโลเมตร จึงพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มเพียงประชากรเดียวเท่านั้น จึงอาจทำให้เกิดการผสมพันธุ์ภายในกลุ่มประชากร ทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำและทำให้การปรับตัวของประชากรลดลง ปัจจัยทางด้านประชากรนี้อาจทำให้ประชากรค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปุ่มมีแนวโน้มที่จะสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ได้เร็วยิ่งขึ้น

2. หนูขนสั้นเขาคินปูน

หนูขนสั้นเขาคินปูน (ภาพที่ 6) ถูกค้นพบครั้งแรกโดย William A. Neill เมื่อ พ.ศ. 2516 โดยจับจากเขาคินปูน บริเวณพุน้ำตก อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (Lekagul and McNeely, 1988) และครั้งสุดท้ายค้นพบโดยนายสังศักดิ์ เย็นบุตร อดีตพนักงานประจำฝ่ายวิจัยนิเวศวิทยา วว. ที่ถ้ำเขาคินปูน บริเวณวัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เป็นหนูตัวเมีย เมื่อวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2518 (Ecological Research Department, 1991; ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และพลังงาน, 2549) หลังจากนั้นเป็นต้นมาไม่เคยมีรายงานการสำรวจพบอีกเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 31 ปี นับตั้งแต่มีการค้นพบครั้งแรก

สถานภาพปัจจุบันใน 2006 IUCN Red List of Threatened Species ได้กำหนดสถานภาพของหนูขนสั้นเขาคินปูนว่ามีสถานภาพใกล้ถูกคุกคาม (Baillie, 1996) สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2540) ได้กำหนดสภาพการอนุรักษ์ไว้ว่าเป็นสัตว์ที่มีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (endangered) และกระทรวงกำหนดให้สัตว์ป่าบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546 ออกตามความในพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 ได้ประกาศให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง



ภาพที่ 6. หนูขนสั้นเขาคินปูน สืบค้นพบที่เขาคอนดิง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี และที่วัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี แต่สำรวจไม่พบบริเวณที่เป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบ ที่พุน้ำตก (วัดถ้ำพระโพธิสัตว์) อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ในการศึกษาครั้งนี้ได้สำรวจพบหนูขนสั้นเขาคินปูน ในพื้นที่ 2 แห่ง คือ บริเวณเขาคอนดิง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นรายงานครั้งแรกที่พบหนูขนสั้นเขาคินปูนนอกเขตแพร่กระจายเดิม และบริเวณวัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี แต่เป็นที่น่าเสียดายที่การศึกษาครั้งนี้ไม่พบหนูขนสั้นเขาคินปูนจากแหล่งตัวอย่างต้นแบบที่บริเวณวัดถ้ำพระโพธิสัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี การสำรวจพบหนูขนสั้นเขาคินปูนบริเวณเขาคอนดิง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ครั้งนี้เนื่องจากในการศึกษาสำรวจนั้นได้ทำการสำรวจทั้งค้างคาวและหนูไปพร้อมๆ กันในทุกพื้นที่ที่สำรวจแม้ว่าจะไม่มีรายงานการพบมาก่อนก็ตาม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ตาข่ายดักค้างคาวภายในถ้ำ มีกะโหลกหนูขนสั้นเขาคินปูนติดเชิงตาข่ายบริเวณส่วนที่ติดอยู่กับพื้นถ้ำมาด้วย จึงมีความเป็นไปได้ที่หนูชนิดนี้จะเข้าไปหากินหรือพักอาศัยอยู่ในถ้ำ แสดงให้เห็นว่าการสำรวจความหลากหลายชนิดของสัตว์ป่าขนาดเล็กในประเทศยังกระทำไม่ทั่วถึง และยังไม่ครอบคลุม จึงน่าจะมีการสำรวจเพิ่มเติมอย่างละเอียดโดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่บริเวณเขตที่ราบภาคกลางที่อยู่นอกแนวเขตพื้นที่อนุรักษ์ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการรบกวนและมีแนวโน้มที่จะถูกทำลายสูง

ขอบเขตการแพร่กระจายของหนูขนสั้นเขาคินปูนบริเวณเขาคอนดิงมีจำกัดมาก พบเฉพาะในเขตวัดกุดขาม (ดอนดิง) เท่านั้น แต่พื้นที่โดยรอบไม่สามารถดักจับได้ เช่นเดียวกับการกระจายของหนูขนสั้นเขาคินปูนที่วัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ที่จับได้จากภายในถ้ำเท่านั้น แต่พื้นที่ใกล้เคียงกลับไม่พบหนูชนิดนี้ Lekagul and McNeely (1988) รายงานว่าบริเวณพุน้ำตก (ปัจจุบันอยู่ในเขตวัดถ้ำพระโพธิสัตว์) หนูขนสั้นเขาคินปูนมีการกระจายจำกัดอยู่เฉพาะทางด้านทิศตะวันออกของหุบเขา และใช้พื้นที่อยู่อาศัยร่วมกันกับหนูถ้ำสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเฉพาะถิ่นของไทย และนกจู๋เต็นเขาคินปูน (*Napothera crispifrons calcicola*) ซึ่งเป็นชนิดย่อยที่พบเฉพาะในพื้นที่แห่งนี้แห่งเดียวในโลกเท่านั้น เป็นที่น่าสังเกตว่าหนูขนสั้นเขาคินปูนนี้อาศัยอยู่ร่วมกันกับสัตว์เฉพาะถิ่นดังกล่าวมาแล้ว

ปัจจุบันยังไม่มีคำอธิบายแน่ชัดถึงปรากฏการณ์ที่หนูขนสั้นอาศัยอยู่ในบริเวณที่จำกัดเฉพาะที่ อาจมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นการแก่งแย่งและแข่งขันกับหนูและสัตว์ชนิดอื่นๆ การหลบหนีจากสัตว์ผู้ล่า การชื่นชอบต่อปัจจัยเฉพาะในระบบนิเวศ เป็นต้น และน่าจะเป็นปัจจัยที่จำกัดการแพร่กระจาย จำนวน และการเพิ่มของจำนวนประชากรของหนูขนสั้นเขาหินปูน การศึกษาค้นคว้าถึงปัจจัยจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการเป็นสัตว์เฉพาะถิ่นจึงเป็นสิ่งที่ท้าทายเพื่อจะหามาตรการในการอนุรักษ์สัตว์เฉพาะถิ่นของไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

จำนวนประชากรหนูขนสั้นเขาหินปูนพบน้อยมาก ดักจับได้ 5 ตัวจากบริเวณเขาดอนดิ่ง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ขณะที่ดักจับได้เพียงตัวเดียวจากวัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ในการศึกษาครั้งนี้จึงถือว่าบริเวณเขาดอนดิ่งเป็นแหล่งประชากรที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ เพราะมีการดักจับได้มากที่สุด และยังถือได้ว่าจังหวัดลพบุรีเป็นจังหวัดที่มีหนูขนสั้นเขาหินปูนเพียงแห่งเดียวในประเทศไทยและในโลก และยังเป็นจังหวัดที่มีต้นจำปีสิรินธร (*Magnolia sirindhorniae* Noot. & Chalearmglin) พืชเฉพาะถิ่นของไทยอีกด้วย (ปิยะ, 2545) แม้ว่าบริเวณเขาดอนดิ่งจะมีประชากรหนูขนสั้นเขาหินปูนที่ใหญ่ที่สุดก็ตาม แต่โดยภาพรวมแล้วจำนวนประชากรของหนูขนสั้นเขาหินปูนที่สำรวจพบกำลังตกอยู่ในภาวะวิกฤติและใกล้สูญพันธุ์เป็นอย่างยิ่ง เพราะตลอดระยะเวลาที่ทำการสำรวจ 1 ปี ตามโครงการนี้ ดักจับได้ทั้งหมดเพียง 6 ตัวเท่านั้น ดังนั้นการศึกษาทางด้านโครงสร้างประชากร จำนวนประชากร ทางด้านนิเวศวิทยา และพันธุศาสตร์ประชากร จึงจำเป็นอย่างยิ่งและต้องรีบดำเนินการโดยเร่งด่วน เพื่อหามาตรการในการอนุรักษ์หนูขนสั้นเขาหินปูนต่อไป เพื่อป้องกันหนูขนสั้นเขาหินปูนสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทยและสูญพันธุ์ไปจากโลก

ในการสำรวจบริเวณวัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งแหล่งตัวอย่างต้นแบบ หนูขนสั้นเขาหินปูนนั้น ไม่พบหนูขนสั้นเขาหินปูนแต่อย่างใด จากการสังเกตพบว่าบริเวณวัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์ มีการเลี้ยงปล่อยุสซ์และแมวเป็นจำนวนมากในบริเวณวัด มีสุนัขประมาณ 80 ตัว และแมวอีกประมาณ 30 ตัว ซึ่งแมวบางตัวได้ปรับตัวเองจนกลายเป็นแมวป่า และไม่อาศัยอาหารจากคนอื่นต่อไป ทั้งสุนัขและแมวเหล่านี้อาจล่าหนูและสัตว์อื่นๆ ในบริเวณวัดจนมีผลทำให้ประชากรของหนูขนสั้นเขาหินปูนลดลงเป็นอย่างมาก จึงทำให้ไม่พบในการสำรวจ อย่างไรก็ตามจากการดักจับหนูบริเวณวัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ซึ่งดักจับได้เพียงตัวเดียวเท่านั้นในการดักจับจำนวนทั้งสิ้น 4 คืน โดยใช้กรงดักจับรวมกัน จำนวน 160 กรง แสดงให้เห็นว่าแม้ว่าจำนวนประชากรของหนูขนสั้นเขาหินปูนบริเวณจะมีน้อยมาก แต่ก็ยังสามารถดักจับได้ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่หนูขนสั้นเขาหินปูนได้สูญพันธุ์ไปจากแหล่งตัวอย่างต้นแบบแล้ว นอกจากนี้ยังมีการระเบิดย่อยหิน และอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ที่อยู่ใกล้เคียงที่อาจมีส่วนรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัย หรือเปลี่ยนแปลงปัจจัยเฉพาะทางนิเวศ ที่หนูขนสั้นเขาหินปูนใช้ในการอยู่อาศัย และเป็นสาเหตุที่อาจทำให้หนูขนสั้นเขาหินปูนสูญพันธุ์

3. หนูถ้ำ

หนูถ้ำ (ภาพที่ 7) ถูกจับได้ครั้งแรกโดย William A. Neill เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2516 ที่บริเวณพุน้ำตก (วัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์) อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี (Lekagul and McNeely, 1988; Corbet and Hill, 1992) เป็นหนูตัวผู้ ต่อมาได้กลายเป็นตัวอย่างต้นแบบ (type specimen) ของหนูชนิดนี้ หมายเลขทะเบียน 54-4330 ปัจจุบันได้เก็บรักษาไว้ที่ฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน วว. ดังนั้นพื้นที่แห่งนี้จึงเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของหนูถ้ำ นอกจากบริเวณพุน้ำตกแล้ว ยังมีรายงานการพบหนูถ้ำในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ มีการดักจับหนูถ้ำตัวผู้ได้ เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2519 ได้จากป่าเบญจพรรณ โดย G.J. Wiles บริเวณจุดตรวจ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี หมายเลขทะเบียน 54-7216 และยังจับได้หนูตัวเมียในบริเวณเดียวกัน เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2520 เลขทะเบียน 54-7215 ปัจจุบันตัวอย่างสตัฟฟ์ของหนูทั้งสองตัวอย่างได้เก็บรักษาไว้ที่ฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน วว. แต่ทั้งสองตัวอย่างไม่ม่มีตัวอย่างของกะโหลก (ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน, 2549)

สถานภาพปัจจุบันใน 2006 IUCN Red List of Threatened Species ได้กำหนดสถานภาพของหนูถ้ำว่ามีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (Baillie, 1996) สำนักรนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2540) ไม่ได้กำหนดสถานภาพด้านการอนุรักษ์ไว้ แต่ได้ระบุว่าเป็นสัตว์ที่มีสถานภาพชนิดพันธุ์เฉพาะถิ่น (endemic) และกฎกระทรวงกำหนดให้สัตว์ป่าบาง

ชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546 ออกตามความในพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 ได้ประกาศให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง

ในการสำรวจตามโครงการนี้ได้พบหนูดำเพียงแห่งเดียว คือ บริเวณวัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของหนูดำ สามารถดักจับได้จำนวน 5 ตัว ประกอบด้วย ตัวผู้ 3 ตัว และตัวเมีย 2 ตัว การแพร่กระจายของหนูดำยังคงมีบันทึกการค้นพบและดักจับหนูดำได้จากจังหวัดกาญจนบุรี มีตัวอย่างสตัฟฟ์จำนวน 2 ตัวอย่าง เก็บไว้ในพิพิธภัณฑ์ของศูนย์รวบรวมตัวอย่างทางชีววิทยา และมีบันทึกรายละเอียดในฐานข้อมูลตัวอย่างทางชีววิทยา วว. ระบุว่าตัวอย่างหนูทั้ง 2 ตัวอย่างจับได้โดย G.J. Wiles จากบริเวณจุดตรวจ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี (ฝ่ายสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยาและพลังงาน, 2549) แม้ว่า Lekagul และ McNeely (1988) ได้อ้างว่าข้อมูลของหนูการจำแนกชนิดของหนูทั้งสองตัวอย่างได้มาจากการติดต่อส่วนตัวกับ K.C. Emerson ที่ระบุว่าเป็นหนูดำก็ตาม แต่ผลจากการตรวจสอบตัวอย่างทั้งสองตัวอย่างของคณะผู้ศึกษาพบว่า ตัวอย่างหมายเลขทะเบียน 54-7215 มีลักษณะใกล้เคียงและคล้ายกันกับตัวอย่างต้นแบบของหนูดำ กล่าวคือมีลักษณะลำตัวด้านบนสีเทาท้องสีขาว และมีสัดส่วนของลักษณะภายนอกใกล้เคียงกับตัวอย่างหนูดำต้นแบบ ส่วนตัวอย่างหมายเลข 54-7216 นั้นมีลักษณะลำตัวด้านบนสีน้ำตาลแดง มีท้องสีครีม ซึ่งเป็นลักษณะของหนูหาย (Leopoldamys sabanus) อย่างไรก็ตามการจำแนกชนิดหนูให้ถูกต้องและแม่นยำจำเป็นต้องอาศัยลักษณะของกะโหลกเป็นปัจจัยหลักเปรียบเทียบกับลักษณะของตัวอย่างต้นแบบ แต่เนื่องจากไม่มีกะโหลกของหนูทั้งสองตัวอย่างจึงยากที่จะระบุให้แน่ชัดได้ว่าหนูทั้งสองชนิดเป็นหนูดำ ในเบื้องต้นคณะผู้ศึกษาจึงยังไม่สรุปว่าหนูดำมีเขตการแพร่กระจายบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี จนกว่าจะมีหลักฐานและการพิสูจน์ให้เป็นที่แน่ชัด ดังนั้นคณะผู้ศึกษาจึงได้สรุปเป็นการเบื้องต้นว่าเขตการแพร่กระจายของหนูดำพบเฉพาะบริเวณพุน้ำตก หรือบริเวณวัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เพียงแห่งเดียวเท่านั้นในประเทศไทยและแห่งเดียวในโลก



ภาพที่ 7. หนูดำ สรรพพบที่พุน้ำตก (วัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์) อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี มีจำนวนประชากรน้อยมาก และอาจสูญพันธุ์ได้ในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากการเลี้ยงสุนัขมากกว่า 70 ตัว และแมวมากกว่า 30 ตัวภายในวัด ซึ่งถือเป็นผู้ล่าที่มีศักยภาพสูง

ปัจจัยคุกคามต่อหนูดำในบริเวณแหล่งตัวอย่างต้นแบบ บริเวณวัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี นั้น มีปัจจัยคุกคามเช่นเดียวกับที่ได้รายงานไว้ในปัจจัยคุกคามของหนูชนเลี่ยนเขาหินปูน เนื่องจากเป็นพื้นที่อยู่อาศัยแหล่งเดียวกัน กล่าวคือ บริเวณวัดถ้ำพระโพธิ์สัตว์ มีการเลี้ยงสุนัขและแมวเป็นจำนวนมากในบริเวณวัด แมวบางตัวได้ปรับตัวเองจนกลายเป็นแมวป่า ไม่พึ่งพาอาศัยอาหารจากพระและแม่ชีในวัดอีกต่อไป ทั้งสุนัขและแมวเหล่านี้ถือเป็นสัตว์ผู้ล่าที่อาจส่งผลกระทบต่อการลดลงหรือจำกัดจำนวนประชากรของหนูดำ อีกทั้งในพื้นที่ใกล้เคียงยังมีการระเบิดย่อยหิน และอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น ระดับเสียงของเสียง ฝุ่นละออง และความสั่นสะเทือน อาจมีส่วนรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัย หรือเปลี่ยนแปลงปัจจัยเฉพาะทางนิเวศ ที่หนูดำใช้ในการอยู่อาศัย ด้วยเหตุผลดังกล่าวการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยทางนิเวศวิทยา ประชากรศาสตร์ และพันธุศาสตร์ประชากรของหนูดำ จึงควรได้รับความสนใจเป็นอันดับต้นๆ ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดมาตรการในการอนุรักษ์อย่างถูกต้องและยั่งยืนต่อไป

บทสรุป

จากการศึกษาพบสัตว์เฉพาะถิ่นจำนวน 3 ชนิด ในพื้นที่ศึกษา คือ ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปม หนูชนเลี่ยนเขา หินปูน และหนูถ้ำ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยพบค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปมใน 2 พื้นที่ คือ เขาสมอคอน อำเภอดำรง จังหวัดสระบุรี และเขาสิงโต อำเภอมือง จังหวัดสระแก้ว สำหรับพื้นที่ที่เคยมีรายงานในอดีต 3 แห่ง ไม่พบ ค้างคาวหน้ายักษ์จมูกปมในการสำรวจครั้งนี้คือ ถ้ำวิโมกข์ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ถ้ำเขาบิน อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี และถ้ำเขาย้อย อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี

หนูชนเลี่ยนเขาหินปูนมีรายงานการค้นพบในอดีต 2 แห่ง คือ บริเวณวัดถ้ำพระโพธิสัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบของหนูชนเลี่ยนเขาหินปูน และบริเวณวัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ในการสำรวจครั้งนี้ พบหนูชนเลี่ยนเขาหินปูน 2 แห่งคือ บริเวณเขาตองตึง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นรายงานครั้งแรกที่พบหนูชนเลี่ยนเขาหินปูนนอกเขตการแพร่กระจายเดิม และบริเวณวัดถ้ำพระธาตุ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี อย่างไรก็ตามไม่พบหนูชนเลี่ยนเขาหินปูนบริเวณแหล่งตัวอย่างต้นแบบ

หนูถ้ำเคยมีรายงานการค้นพบเพียงสองแห่งเท่านั้นในประเทศไทยคือที่วัดถ้ำพระโพธิสัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นแหล่งตัวอย่างต้นแบบและที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ในการสำรวจครั้งนี้พบหนูในแหล่งตัวอย่างต้นแบบ อย่างไรก็ตามได้มีการตรวจสอบตัวอย่างหนูถ้ำ 2 ตัวอย่างที่รวบรวมจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ พบว่ามีเพียงหนึ่งตัวอย่างเท่านั้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับหนูถ้ำที่เป็นตัวอย่างต้นแบบ อย่างไรก็ตามไม่มีตัวอย่างกะโหลกของตัวอย่างหนูทั้งสอง จึงยังไม่สามารถระบุชนิดได้แน่ชัด จึงสรุปในเบื้องต้นว่า เขตการแพร่กระจายของหนูถ้ำมีเฉพาะที่วัดถ้ำพระโพธิสัตว์ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เท่านั้น

สัตว์เลื้อยลูกด้วยนมเฉพาะถิ่นทั้ง 3 ชนิดของไทยที่กล่าวมาข้างต้นมีจำนวนประชากรน้อย และมีเขตการแพร่กระจายที่จำกัด ประกอบกับมีปัจจัยคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์ จึงต้องเร่งศึกษาให้ครอบคลุมทุกด้านเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการอนุรักษ์อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_348004 และบสนับสนุนบางส่วนจากโครงการรวบรวมและเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์ ประจำปี 2548 และ 2549 ของ วว. ขอขอบคุณคุณจ่านอง กลิ่นกลิ่น สมาชิกสภาตำบลเขาสมอคอน อำเภอดำรง จังหวัดลพบุรี คุณสมศักดิ์ ไล่เลิศ คุณสนอง กลิ่นกลิ่น และคุณศรีเมือง งามอาจ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก นำทางและช่วยเก็บข้อมูลภาคสนามที่จังหวัดลพบุรี คุณมานพ หมื่นซ่อม ที่นำทางและช่วยเก็บข้อมูลภาคสนามที่จังหวัดสระบุรี คุณบุญญมี คำภีระ ที่นำทางและช่วยเก็บข้อมูลภาคสนามที่จังหวัดสระแก้ว คุณพลอย คุ่มสวัสดิ์ และคุณฉัตรชัย อินเม ที่นำทางและช่วยเก็บข้อมูลภาคสนามที่จังหวัดเพชรบุรี และคุณทองสุข แซ่ลือ ที่นำทางและช่วยเก็บข้อมูลภาคสนามที่จังหวัดราชบุรี

เอกสารอ้างอิง

- ปิยะ เฉลิมกลิ่น. 2545. แมกโนเลียเมืองไทย. สำนักพิมพ์บ้านและสวน กรุงเทพฯ.
- ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และพลังงาน. 2549. ฐานข้อมูลตัวอย่างสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมในศูนย์รวบรวมตัวอย่างอ้างอิงทางชีววิทยา. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.
- ราชกิจจานุเบกษา. ฉบับฎีกา เล่ม 120 ตอนที่ 74ก วันที่ 1 สิงหาคม 2546.
- วันชัย วัฒนกุล. 2538. รายงานวิจัยเรื่องชนิดของค้างคาวในประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยการณ ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- สาระ บำรุงศรี. 2547. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (การติดต่อส่วนบุคคล).

- สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2540. รายงานการประชุมเพื่อจัดทำสถานภาพทรัพยากรชีวภาพของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ.
- สุรชิต แวงโสธรณ์, จารุจินต์ นกิตะภักดิ์, เขียวศิริ มูลจันทร์ และกุลธิดา เมืองคำ. 2549. แหล่งแพร่กระจายและโครงสร้างประชากรของค้างคาวหน้ายักษ์จมูกป้อม (*Hipposideros halophyllus*) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเฉพาะถิ่นของไทย. วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย (กำลังตีพิมพ์).
- Baillie, J. 1996. *Leopoldamys neilli*. in: IUCN 2006. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 20 July 2006.
- Baillie, J. 1996. *Niviventer hinpoon*. In: IUCN 2006. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 20 July 2006.
- Bates, P.J.J., T. New, K.M. Swe and S.S.H. Bu. 2001. Further new records of bats from Myanmar (Burma), including *Craseonycteris thonglongyai* Hill 1974 (Chiroptera : Craseonycteridae). *Acta Chiropterologica* 3(1): 33-41.
- Chiroptera Specialist Group. 1996. in: IUCN 2006. *Hipposideros halophyllus*. in 2006 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 20 July 2006.
- Cincotta, R.P., J. Wisnewski and R. Engelman. 2000. Human population in the biodiversity hotspots. *Nature* 404: 990-992.
- Corbet, G.B. and J.E. Hill. 1992. The Mammals of the Indomalayan Region: A systematic review. Oxford University Press, New York.
- Ecological Research Department. 1991. Endangered Species and Habitats of Thailand. Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Kurusapha Ladprao Press, Bangkok.
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: Island populations. *Conservation Biology* 12: 665.
- Freeman, S. and J.C. Herron. 1998. Evolutionary Analysis. Prentice Hall, New Jersey. USA.
- Hill, J.E. and S. Yenbutra. 1984. A new species of the *Hipposideros bicolor* group from Thailand. *Bulletin of the British Museum Natural History (Zoology)* 47: 77-82.
- Jiménez, J.F., P. Sánchez-Gómez, J. Güemes, O. Werner and J.A. Rosselló. 2002. Genetic variability in a narrow endemic snapdragon (*Antirrhinum subbaeticum*, Scrophulariaceae) using RAPD markers. *Heredity* 89: 387-393.
- Kerr, J.T. and T.V. Burkey. 2002. Endemism, diversity, and the threat of tropical moist forest extinctions. *Biodiversity and Conservation* 11: 695-704.
- Kruthanut, S. 1986. Pesticide residues in bats in Thailand. *Couriers des Forschung-Institut Senckenberg* 87: 8-45.
- Lekagul, B. and J.A. McNeely. 1988. Mammals of Thailand. 2nd ed. Saha Karn Bahaet Co., Bangkok.
- Margules, C.R. and R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Meffe, G.K. and C.R. Carroll. 1997. Principles of Conservation Biology. 2nd ed. Sinauer Association, Inc. Sunderland.
- Mesquita, N., G. Carvalho, P. Shaw, E. Crespo and M.M. Coelho. 2001. River basin - related genetic structuring in an endangered fish species, *Chondrostoma lusitanicum*, based on mtDNA sequencing and RFLP analysis. *Heredity* 86: 253-264.
- Misapagel, C., M. Allinson, G. Allinson, N. Isekib, C. Grant and M. Morita. 2003. DDT and metabolites residues in the southern bent-wing bat (*Miniopterus schreibersii bassanii*) of south-eastern Australia. *Chemosphere* 55: 997-1003.
- Nunney, L. and K.A. Campbell. 1993. Assessing minimum viable population size: Demography meets population genetics. *Trends in Ecology & Evolution* 8: 234-239.
- Saccheri, I., M. Kuussaari, M. Kankare, P. Vikman, W. Fortelius and I. Hanski. 1998. Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation. *Nature* 392: 491-494.
- Schnabel, A. and K.V. Krutovskii. 2004. Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: Inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan. *Conservation Genetics* 5: 195-204.
- Woodruff, D. 2001. Declines of biomes and biotas and the future of evolution. *National Academy of Sciences Colloquium* 98: 5471-5476.
- World Conservation Monitoring Centre 1996. *Cervus schomburgki*. In: IUCN 2006. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 04 September 2006.
- Yenbutra, S. and H. Felten. 1986. Bat species and their distribution in Thailand according to the collections in TISTR and SMF. *Couriers des Forschung-Institut Senckenberg*. 87: 8-45.
- Ziehe, M., H.H. Hattermer, R. Müller-Starck and G. Müller-Starck. 2000. Genetic structure as indicators for adaptation and adaptational potentials. *Forest Genetics and Sustainability* 63: 75-89.
- Zwartjes, P.W. 2003. Genetic variability in migratory and endemic island songbirds (genus *Vireo*): A comparative assessment using molecular and morphological traits. *Conservation Genetics* 4: 749-758.

นโยบายของประเทศไทยเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

สุรวี วรรณไกรโรจน์¹, ชัยนต์ ตันติวาสดากarn², ปัทมาวดี โพชนุกูล ชูชุก², เจษฎา โทณะวณิก³ และ บัณฑูร เศรษฐศิโรตม์⁴
¹คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, ²คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ 10200, ³สำนักงานกฎหมายเจษฎา โทณะวณิก บริษัท บริหารสำนักงานกฎหมาย จำกัด เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, ⁴โครงการยุทธศาสตร์นโยบายฐานทรัพยากร คณะกรรมการสิทธิมนุษยชนแห่งชาติ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Abstract: National Policy for Thailand on Genetically Modified Organisms
Surawit Wannakrairoj¹, Chayun Tontiwadakarn², Patamawadee Pochnukul Suzuki², Jade Donovanik³ and Buntoon Srethasiroe⁴

¹Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, ²Faculty of Economic, Thammasart University, Bangkok 10200, ³Jade Donovanik Law Office, Law Office Management Co. Ltd., Chatuchak, Bangkok 10900, ⁴The Project Policy Strategy on Tropical Resources Base, The National Human Rights Commission of Thailand, Pathumwan, Bangkok 10330

Genetically Modified Organisms have a tremendous potential in the national economic development. However, the global market acceptance is presently yet quite limited. Intellectual property, ecological risk, organization, rule and regulation as well as economic analyses indicated that there is no scientific evidence confirmed that GMOs do not pose higher risk to human and ecosystem than their ordinary counterpart. Moreover, patents owned by foreign entities may protect each transgenic plant variety. Thus, the use of GMOs would affect the national ecosystem as well as the national food security. Thailand should then impose the so-call "Safe Use of Forefront Technology" policy on GMOs issue. Prior to the acceptance of the technology for the enhancement of the country competitiveness in an open system, the enacting process to have a complete legal system on biosafety must be urgently executed. To effectively implement the law, a regulating organization on biosafety must be established evaluate and monitor the impact of GMOs. This will give an assurance to Thai society. In addition, capacity building on biosafety management and on the GMOs technology that not cause genetic pollution must be immediately implemented. Labeling must be performed on all goods (except pure chemical) produced from GMOs. The responsibility for strict liability and redress are the burden of the applicant for the GMOs public release.

Key words: GMOs, transgenic plant

บทนำ

สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือ จีเอ็มโอ (GMOs – Genetically Modified Organisms) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ถูกปรับแต่งสภาพทางพันธุกรรมโดยใช้เทคนิคตัดต่อยีน หรือพันธุวิศวกรรม พืชดัดแปลงพันธุกรรมหรือพืชแปลงพันธุ์ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ผลิตเชิงเกษตรกรรมในประเทศต่างๆ ทั่วโลกนั้นเป็นสิ่งที่ไม่เคยเกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยทำให้เกิดการแลกเปลี่ยน ต่อเติมสารพันธุกรรมในลักษณะที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในกระบวนการวิวัฒนาการและกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืชมาตรฐานที่มนุษย์เคยปฏิบัติมา การที่พืชแปลงพันธุ์ยังไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยทั่วไป กอปรกับข้อห่วงกังวลถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ทำให้ประเทศไทยยังไม่อนุญาตให้มีการทดลองเพาะปลูกพืชหรือเพาะเลี้ยงสัตว์ที่เป็นผลจากการดัดแปลงพันธุกรรมในระบบเปิดในระดับไร่นา แต่มีการอนุญาตให้นำเข้าผลิตผลจากพืชแปลงพันธุ์มาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอาหารมนุษย์ รวมทั้งอนุญาตให้นำเข้าอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมมาบริโภคภายในประเทศด้วย การพิจารณากำหนดนโยบายเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม โดยพิจารณาจากแง่มุมของการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขัน ทั้งด้านการผลิต และด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การดำรงอยู่ของวิถีสังคมและวัฒนธรรม ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และสวัสดิภาพของประชาชนและระบบนิเวศเป็นสิ่ง

จำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับการเจรจาในด้านการจัดตั้งเขตการค้าเสรี และความตกลงระหว่างประเทศด้านสิ่งแวดล้อม

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลในประเทศต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมจำพวกพืช วิเคราะห์ข้อมูลด้านทรัพย์สินทางปัญญา ผลกระทบต่อระบบนิเวศซึ่งครอบคลุมทั้งสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ องค์การและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และด้านเศรษฐศาสตร์และการค้าระหว่างประเทศ และสังเคราะห์ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายด้านสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมของประเทศไทย

ผลการวิจัย

การถ่ายยีนแปลงปลอมเพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมนั้นเป็นสิ่งที่ไม่เคยเกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยทำให้เกิดลักษณะที่อาจไม่เคยปรากฏมาก่อนด้วยกระบวนการวิวัฒนาการและกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืชมาตรฐานที่มนุษย์เคยปฏิบัติมา ได้แก่ ทำให้พืชแปลงพันธุ์สังเคราะห์สารเคมีชนิดใหม่ เกิดเป็นลักษณะที่ต้องการขึ้น ทำให้ยีนเดิมของพืชไม่ทำงานตามปกติ ทำให้ยีนพืชมีโครงสร้างผิดไปส่งผลให้พืชแปลงพันธุ์สร้างสารเคมีชนิดใหม่ทดแทนสารเคมีชนิดเดิมซึ่งพืชเคยสร้างขึ้น ซึ่งสารเคมีชนิดใหม่นี้อาจทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นซึ่งมีอยู่เดิมภายในต้นพืช ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น การที่พืชแปลงพันธุ์มีคุณสมบัติดีเด่นในหลายประการทำให้ ในปี พ.ศ. 2546 มีทั้งหมด 18 ประเทศที่ปลูกพืชตัดแต่งพันธุกรรมซึ่งประเทศบราซิลมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกรวดเร็วมาก (ตารางที่ 1)

1. ด้านทรัพย์สินทางปัญญา

สารพันธุกรรมนั้นมีลักษณะเป็นกรดที่เรียกว่ากรดนิวคลีอิก (nucleic acid) จึงถือเป็นสารเคมีซึ่งเป็นวัตถุแห่งสิทธิที่ได้รับการคุ้มครองภายใต้กฎหมายสิทธิบัตร นอกจากนี้พันธุ์พืชที่เป็นสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมก็มีกฎหมายคุ้มครองพันธุ์พืชที่ให้การคุ้มครอง นอกจากนี้ยังอาจจะมีการใช้กฎหมายทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอื่นในการที่จะคุ้มครองผลิตภัณฑ์ที่เป็นหรือมีส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมเช่น การใช้เครื่องหมายการค้าและกฎหมายความลับทางการค้าซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคุ้มครองได้ทั้งจุลชีพพืช หรือสัตว์ตัดแต่งพันธุกรรม ผลิตภัณฑ์ที่เป็นหรือมีส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมรวมไปถึงวิธีการหรือกรรมวิธีที่ใช้ในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือทำให้ดีขึ้นซึ่งสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม ดังนั้น การศึกษากรณีข่าวสือทองพบว่าสิทธิบัตรเกี่ยวข้องกับกว่า 70 ฉบับ โดยมีบริษัทที่ถือสิทธิในสิทธิบัตรต่างๆ รวบรวม 30 กว่าบริษัท การจดคุ้มครองไว้แต่ในต่างประเทศซึ่งเป็นประเทศคู่ค้าหรือประเทศที่ไทยมีการส่งผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรไปขายก็อาจจะก่อให้เกิดปัญหาขึ้นได้ เนื่องจากจะเป็นการละเมิดสิทธิบัตร ดังนั้นประเด็นด้านสิทธิบัตรจึงกลายเป็นสิ่งที่กีดกันการประกอบวิชาชีพโดยสุจริตของเกษตรกร รัฐบาลไทยจึงควรเข้มงวดในเรื่องการให้ความคุ้มครองแก่วิธีการ กระบวนการ หรือกรรมวิธีในการผลิต หรือการทำให้คุณภาพดีขึ้น หรือการปรับปรุงสภาพให้ดีขึ้นซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เป็น หรือมีส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมหรือการใช้กรรมวิธีต่างๆ ที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมที่จะทำให้กรรมวิธีเหล่านี้ได้รับความคุ้มครองน้อยลงด้วย

ตารางที่ 1. พื้นที่ปลูกพืชแปลงพันธุ์ในเชิงพาณิชย์ในปี พ.ศ. 2546

ประเทศ	พื้นที่ปลูก (ล้านไร่)	ชนิดพืช
สหรัฐอเมริกา	264.4	ถั่วเหลือง ฝ้าย คาโนลา ข้าวโพด
อาร์เจนตินา	86.9	ถั่วเหลือง ข้าวโพด (ทนทานสารเคมีกำจัดวัชพืช)
แคนาดา	27.5	ถั่วเหลือง คาโนลา ข้าวโพด
บราซิล	18.8	
จีน	17.5	ฝ้ายบีบี
แอฟริกาใต้	2.5	ข้าวโพดบีบี ฝ้าย (ทนทานสารเคมีกำจัดวัชพืช) ถั่วเหลือง
ออสเตรเลีย	0.6	ฝ้าย (บีบี ทนทานสารเคมีกำจัดวัชพืช)
อินเดีย	0.6	ฝ้ายบีบี
อุรุกวัย	0.4	ถั่วเหลือง คาโนลา ข้าวโพด
โรมาเนีย	0.4	ถั่วเหลือง
สเปน	0.2	ข้าวโพดบีบี
อื่นๆ	0.4	
รวม	423.1	

2. ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม

พืชแปลงพันธุ์มีศักยภาพในการสร้างประโยชน์แก่มนุษยชาติ แต่ก็มีศักยภาพในการสร้างผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศได้ในกรณีต่างๆ ดังนี้

1. การเกิดอาการภูมิแพ้
2. ความผิดปกติในกระบวนการทางสรีรวิทยา
3. การดื้อสารปฏิชีวนะ
4. การลดคุณค่าทางโภชนาการ
5. การทำลายสิ่งมีชีวิตอื่นซึ่งไม่ใช่สิ่งมีชีวิตเป้าหมาย
6. การเกิดวัชพืชชนิดใหม่
7. การเกิดจุลินทรีย์พันธุ์ใหม่
8. การเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของดิน
9. การเพิ่มผลตกค้างของเคมีเกษตร
10. การลดทอนความหลากหลายทางชีวภาพ

ผลกระทบของพืชแปลงพันธุ์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศนั้นเพียงแต่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม แม้จะมีโอกาสเกิดขึ้นเพียงไม่ถึงร้อยละ 1 ซึ่งเป็นระดับที่นักวิทยาศาสตร์ทั่วไปจะไม่ให้ความสำคัญ แต่ในด้านความปลอดภัยทางชีวภาพนั้นต้องถือว่ามีความสำคัญ เพราะการที่พืชแปลงพันธุ์มีโอกาสที่จะเป็นอันตรายเพียง 1 ใน 1,000,000,000 ก็ยังสามารถสร้างหายนะแก่ระบบนิเวศได้อย่างรุนแรง เนื่องจากมีขีดความสามารถในการขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณตนเองได้อย่างไม่จำกัด การที่พืชแปลงพันธุ์มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาไม่แตกต่างจากพืชทั่วไปทำให้การกำจัดทำลายพืชแปลงพันธุ์ที่ไม่พึงประสงค์หลังจากนำออกเผยแพร่ให้เพาะปลูกแล้วเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ การตรวจสอบความปลอดภัยทางชีวภาพจึงต้องอยู่บนแนวคิดที่ว่าพืชแปลงพันธุ์อาจทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ หรือมีพิษในระยะยาวต่อมนุษย์ จึงต้องพยายามตรวจหาความแตกต่างทางชีวเคมี และสัณฐานวิทยา ระหว่างพืชแปลงพันธุ์กับพันธุ์พืชดั้งเดิม และพิสูจน์ว่าความแตกต่างนั้นมีผลอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในระบบนิเวศ

3. ด้านองค์กรของไทย ความตกลงระหว่างประเทศ และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

องค์กรของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมมีกระจายอยู่ในหน่วยงานต่างๆ และมีปัญหาความซ้ำซ้อน สร้างความสับสนให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงจะต้องมีการพัฒนาโครงสร้างองค์กรที่รับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของประเทศไทยขึ้นมา เพื่อการจัดการดูแลประเด็นปัญหาต่างๆ ด้านความปลอดภัยทางชีวภาพที่อาจเกิดขึ้น

ความตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมในขณะนี้ มี 4 ฉบับที่สำคัญ คือ 1) ความตกลงว่าด้วยการบังคับใช้มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช 2) ความตกลงว่าด้วยอุปสรรคทางเทคนิคต่อการค้า 3) ความตกลงว่าด้วยสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาที่เกี่ยวกับการค้า และ 4) พิธีสารว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพ แต่ความตกลงภายใต้องค์การการค้าโลกนั้น ไม่มีกฎเกณฑ์หรือความตกลงที่เกี่ยวข้องกับสินค้าที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเป็นการเฉพาะ

ประเทศไทยมีกฎหมายหลายฉบับ (เช่น พ.ร.บ. กักพืช พ.ศ. 2542 พ.ร.บ. การส่งออกปศุสัตว์และการนำเข้าปศุสัตว์ พ.ศ. 2522 พ.ร.บ. กักพืช พ.ศ. 2507 พ.ร.บ. พันธุ์พืช พ.ศ. 2518 และ พ.ร.บ. อาหาร พ.ศ. 2522) ที่เกี่ยวข้องกับการกำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมในแง่ความปลอดภัยทางชีวภาพแต่ไม่ครบถ้วนเพียงพอ ทำให้มีช่องโหว่และข้อจำกัดในการบังคับใช้กฎหมายที่มีอยู่ ประเทศคู่ค้าสำคัญของไทย เช่น สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น มีแนวโน้มที่จะเพิ่มความเข้มงวดในมาตรการด้านการค้าสินค้าที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมมากขึ้น เนื่องจากความตื่นตัว ข้อเรียกร้องของผู้บริโภค การเพิ่มความเข้มงวดของมาตรการด้านการค้าสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมใน

ลักษณะดังกล่าวจะทำให้สินค้าของไทยมีต้นทุนในด้านการบริหารจัดการสูงขึ้น เช่น การติดตามสินค้า การตรวจสอบย้อนกลับ (traceability) หรือแม้แต่สินค้าปกติก็ตาม เนื่องจากต้องมีการคัดแยกสินค้าไม่ให้ปะปนกันระหว่างสินค้าปกติกับสินค้าที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ฯลฯ

4. ด้านเศรษฐศาสตร์

การศึกษากรณีของถั่วเหลืองและฝ้ายพบว่า ผลกระทบของพืชแปลงพันธุ์แตกต่างกันระหว่างถั่วเหลืองและฝ้าย ดังนั้นผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกและนำเข้าพืชแปลงพันธุ์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดพืช/สัตว์ พื้นที่ปลูก นโยบายการแทรกแซงของรัฐ ระบบสิทธิบัตร ระบบความปลอดภัยทางชีวภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค เช่น กรณีศึกษาของถั่วเหลือง และฝ้าย จะเห็นได้ว่า ในการพิจารณานโยบายต่อพืชแปลงพันธุ์จำเป็นต้องพิจารณารายละเอียดเป็นรายสินค้า โจทย์ต่อผลกระทบของพืชแปลงพันธุ์แตกต่างกันระหว่างถั่วเหลืองและฝ้าย ในขณะที่ฝ้ายไม่มีประเด็นเรื่องความปลอดภัยของอาหาร (เพราะไม่ได้บริโภคฝ้ายเป็นอาหาร) และไม่มีประเด็นเรื่องการติดตาม (เพราะไม่มีกฎหมายบังคับดังเช่นถั่วเหลือง) แม้ว่าทั้งถั่วเหลืองและฝ้ายจะเป็นพืชที่มีการนำเข้าเป็นส่วนใหญ่ แต่ประเด็นเรื่องการปลูกพืชแปลงพันธุ์ในกรณีของฝ้าย อาจมีความเป็นไปได้มากกว่าถั่วเหลือง (หากมีมาตรการเรื่องความปลอดภัยทางชีวภาพที่ดีพอ ผลกระทบของเทคโนโลยีตกอยู่กับกลุ่มบุคคลที่สามหรือส่วนอื่นๆ ที่ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตหรือการใช้เทคโนโลยีนั้น เช่น ผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัย โดยหลักการแล้ว เราต้องนำผลกระทบเหล่านั้นมาพิจารณาด้วยในการประเมินประโยชน์หรือต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยีใหม่ยังอาจมีผลต่อโครงสร้างตลาดและอำนาจตลาด หากมีระบบที่ให้อำนาจผูกขาดแก่เจ้าของเทคโนโลยี และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของการใช้ปัจจัยการผลิต การประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจในระดับประเทศจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อทุกฝ่ายและนำขนาดผลกระทบของกลุ่มต่างๆ มาบวกกันหรือหักลบกันเพื่อให้ได้ขนาดของผลสุทธิต่อสังคมโดยรวม

กรณีของการปลูกพืชแปลงพันธุ์ มีลักษณะสำคัญที่อาจแตกต่างจากเทคโนโลยีอื่นๆ อยู่ถึง 5 ประเด็น ประเด็นแรกคือ เรื่องผลของระบบสิทธิบัตรที่ทำให้เจ้าของเมล็ดพันธุ์มีอำนาจผูกขาด ทำให้ราคาปัจจัยสูงขึ้น ประเด็นที่สองคือ การยอมรับของผู้บริโภค เพราะผู้บริโภคบางคนอาจไม่แน่ใจและไม่ยอมรับพืชแปลงพันธุ์ อาจทำให้อุปสงค์ลดลง ประเด็นที่สาม คือ เมื่อมีปัญหาเรื่องการยอมรับของผู้บริโภคและการไม่รู้ว่าสินค้านั้นมาจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมหรือไม่ รัฐจึงจำเป็นต้องแทรกแซงโดยการกำหนดระบบแสดงฉลากทำให้ต้นทุนสูงขึ้น ประเด็นที่สี่ คือ การปลูกพืชแปลงพันธุ์อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งด้านบวก (เช่น การลดการใช้สารเคมีลงโดยสุทธิ) และด้านลบ (เช่น ความเสี่ยงจากการแพร่กระจายของพืชแปลงพันธุ์สู่ธรรมชาติ และอาจเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ) ทำให้ต้องมีการคำนึงถึงต้นทุนหรือประโยชน์จากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการจัดการด้านความปลอดภัยทางชีวภาพเพื่อป้องกันผลกระทบและต้นทุนการจัดการเพื่อให้เกิดความรับผิดชอบเมื่อเกิดผลกระทบภายนอกด้านลบ (เช่น การลงทุนป้องกันผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม และปลอดภัยสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ทั้งในระหว่างปลูก และเมื่อมีการขนส่งหลังจากปลูกเสร็จแล้ว รวมทั้งความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ)

การลงทุนวิจัยเพื่อสร้างความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม อันเป็นการเสริมสร้างศักยภาพและเตรียมความพร้อมในโลกเทคโนโลยีชีวภาพก็คงมีความจำเป็น โดยรัฐจะต้องจัดวางนโยบายเกี่ยวกับการวิจัยและการจัดลำดับความสำคัญของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่ควรทำการวิจัยเรื่องการดัดแปลงพันธุกรรมอย่างไรเมื่อเทียบกับการวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีอื่น (ลำดับความสำคัญระหว่างเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์ และระหว่างพืช/สัตว์แต่ละชนิด) ภายใต้ความจำกัดของงบประมาณและทรัพยากรทางวิทยาศาสตร์ของไทย

การที่ผู้สร้างต้นทุนภายนอกไม่ต้องรับผิดชอบต้นทุนภายนอกที่ก่อขึ้นเป็นเพราะ โดยทั่วไปแล้วกฎหมายมักจะไม่ได้มีการกำหนดให้ สิทธิในทรัพย์สิน (property rights) ของสภาพแวดล้อมเป็นของฝ่ายหนึ่งฝ่ายใด (not well defined) เมื่อสิ่งแวดล้อมมีกรรมสิทธิ์แบบเปิดให้เข้าถึงได้ (open access) ที่ไม่มีใครเป็นเจ้าของจึงขาดกฎกติกาการดูแลหรือมีกฎกติกาแต่ขาดการบังคับใช้ ใครๆ จึงเข้ามาใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมโดยไม่ต้องรับผิดชอบ จึงต้องตรากฎหมายให้มีการมอบสิทธิในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวกับผู้บริโภคและผู้ผลิตที่ถูกผลกระทบภายนอก ฝ่ายที่ปลูกพืชแปลง

พันธุ์และสร้างผลกระทบภายนอกขึ้นก็จะต้องรับผิดชอบด้วยการจ่ายชดเชยความเสียหายตามหลักการผู้ก่อผลกระทบเป็นผู้จ่าย (polluters pay principle) เป็นหลักการที่ให้สิทธิกับบุคคลที่สามในการที่จะมีสิ่งแวดล้อมที่สะอาด ผู้ก่อผลกระทบภายนอกจะต้องรับภาระต้นทุนภายนอก (ความเสียหาย) ที่เกิดขึ้นโดยต้องครอบคลุมทั้งเรื่องของการป้องกันและการชดเชยความเสียหายที่เกิดขึ้น ในกรณีที่มีความเสี่ยงสูงในการที่จะเกิดความเสียหายในระดับรุนแรง หรือเยียวยาไม่ได้เช่นกรณีสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม การป้องกันไว้ก่อนจะช่วยลดต้นทุนรวม (ต้นทุนการป้องกัน + ต้นทุนความเสียหาย) ได้ดีกว่าการปล่อยให้เกิดความเสียหายแล้วค่อยจ่ายชดเชย

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่อการกำหนดนโยบายของประเทศไทย ด้านการบริหารจัดการในเรื่ององค์กร และเรื่องกฎหมาย มีดังนี้

1. ด้านนโยบาย

1.1 การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบายเรื่องสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม ทั้งในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้านทรัพย์สินทางปัญญา ด้านกฎหมายภายในประเทศ กฎระเบียบการค้าระหว่างประเทศ และด้านเศรษฐศาสตร์ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า ประเทศไทยต้องยึดถือนโยบาย “การเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างปลอดภัยและเท่าทัน” โดยไม่อนุญาตให้มีการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ดัดแปลงพันธุกรรมในเชิงพาณิชย์ต่อไปอย่างน้อย 3 ปี เพื่อเร่งรัดการเตรียมความพร้อมด้านความปลอดภัยก่อนนำเทคโนโลยีนี้มาใช้เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน เนื่องจากประเทศไทยยังขาดกลไกเชิงสถาบันที่มีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือจากสังคมในการกำกับดูแลความเสี่ยงและผลกระทบอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะกลไกทางด้านกฎหมาย รัฐบาลจึงต้องเร่งทำให้มีกฎหมายและองค์กรที่จำเป็นในการกำกับดูแลความเสี่ยงและผลกระทบจากสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม ซึ่งไม่ควรใช้เวลาเกิน 3 ปี โดยต้องดำเนินการร่าง พรบ. ความปลอดภัยทางชีวภาพให้แล้วเสร็จภายใน 10 เดือน แล้วนำไปรับฟังความคิดเห็นสาธารณะในทุกภูมิภาค ภายใน 6 เดือน จากนั้นจึงปรับแก้ไขตามข้อคิดเห็นภายใน 2 เดือน ก่อนเสนอเข้าสภานิติบัญญัติต่อไป ทั้งนี้ต้องเผยแพร่ความรู้ด้านการใช้ประโยชน์ ความเสี่ยง และความรับผิดชอบของผู้สร้างสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม ผู้ผลิต และผู้บริโภค ในทุกภาคส่วนของสังคมไปพร้อมๆ กัน เพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่สังคมอย่างถูกต้องและครบถ้วน เมื่อมีการปรับปรุงกลไกการกำกับดูแลให้มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับจากสังคมแล้ว คณะกรรมการนโยบายฯ จึงจะพิจารณาเลือกปลูกเลี้ยงสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมในเชิงพาณิชย์เฉพาะที่ปลอดภัยและเป็นประโยชน์แก่สังคมไทยอย่างแท้จริงต่อไป อย่างไรก็ตามนโยบายนี้จะไม่ครอบคลุมถึงการเลี้ยงจุลินทรีย์ดัดแปลงพันธุกรรมในเชิงพาณิชย์ ซึ่งปัจจุบันมีการดำเนินการอยู่เพื่อผลิตสารเคมีเชิงการแพทย์และเภสัชกรรม เพราะการเลี้ยงจุลินทรีย์ในลักษณะดังกล่าวนี้กระทำในระบบปิด ทำให้ไม่มีโอกาสที่จุลินทรีย์เหล่านี้หลุดรอดออกสู่สภาพแวดล้อม แต่ยังไม่อนุญาตให้มีการปลดปล่อยจุลินทรีย์ดัดแปลงพันธุกรรมสู่สภาพแวดล้อม

สำหรับนโยบายการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมในระยะต่อไป หลังจากที่มีการจัดทำกฎหมายความปลอดภัยทางชีวภาพ และปรับปรุงเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพของกลไกการบริหารจัดการความปลอดภัยทางชีวภาพแล้ว จะเป็นการใช้นโยบายเลือกใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเป็นรายกรณี (case by case) เนื่องจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์นั้น มีความจำเป็นต่อการผลิต มีคุณสมบัติ มีความเสี่ยงต่อการสร้างผลกระทบแตกต่างกันออกไป เช่นระหว่างชนิดที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดกับชนิดที่ขยายพันธุ์ด้วยส่วนไม่ใช้เพศ ระหว่างชนิดที่ใช้เป็นอาหารกับที่ไม่ใช่อาหาร และระหว่างพันธุ์ต้านทานศัตรูธรรมชาติ กับพันธุ์ที่เติบโตเร็ว ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีประเด็นสำคัญอื่นๆ ที่สำคัญต่อการเลือกใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ได้แก่

ก) ด้านเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาถึงผลต่อผลิตภาพในการผลิต ผลต่อคุณภาพสินค้า ผลจากการผูกขาดเทคโนโลยี ผลต่อต้นทุนการผลิต ผลต่อต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม ความพอใจและความยินดีจ่ายของผู้บริโภค การเปลี่ยนสวัสดิการของผู้บริโภค การกระจายผลประโยชน์ เป็นต้น

ข) ด้านสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาถึงผลกระทบทั้งโดยตรงและทางอ้อม ผลกระทบในระยะสั้นและระยะยาว ความยุ่งยากในการเยียวยาแก้ไขปัญหาผลกระทบที่เกิดขึ้น เป็นต้น

ค) ด้านสังคม โดยพิจารณาผลกระทบต่อวิถีชีวิตของเกษตรกรและชุมชน เรื่องการเก็บและการอนุรักษ์พันธุ์พืชของเกษตรกร เรื่องความขัดแย้งภายในชุมชน เป็นต้น

ง) ด้านทรัพย์สินทางปัญญา โดยพิจารณาถึง ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา ต่อสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสังคม กฎระเบียบด้านทรัพย์สินทางปัญญาของไทยที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เป็นต้น

จ) ด้านกฎระเบียบการค้า โดยพิจารณาถึงสถานการณ์และแนวโน้มของกฎระเบียบการค้าที่เกี่ยวข้องกับการค้าขายสินค้าจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมของประเทศต่าง ๆ ที่เป็นตลาดคู่ค้าที่สำคัญของประเทศไทย และความตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

ฉ) ด้านการกำกับดูแล ทั้งในด้านองค์การบริหารจัดการกำกับดูแล ด้านกฎหมายภายในประเทศ และความตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาถึงสถานการณ์ ความพร้อมและแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น

จากกรณีศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับพืชแปลงพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ ทำให้เห็นปัจจัยสำคัญบางประการในการพิจารณากำหนดนโยบายเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมดังนี้

(ก) ถ้าผู้บริโภคทั่วไปยอมรับว่าสินค้าจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ไม่แตกต่างจากสินค้าปกติในแง่ความเสี่ยงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และอาจมีข้อดีในแง่ต่าง ๆ ประเทศไทยก็ควรสนับสนุนส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมที่ผ่านการตรวจประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพอย่างเข้มงวดแล้ว อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยเห็นว่าสถานการณ์การยอมรับของผู้บริโภคในอนาคต 5 ปีข้างหน้า จะยังเป็นเหมือนปัจจุบัน คือจะยังเห็นว่าสินค้าจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมแตกต่างจากสินค้าปกติ

(ข) ถ้าตลาดมีการเปิดรับสินค้าจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมอย่างเช่นทุกวันนี้ กล่าวคือ สินค้าจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมมีความแตกต่างจากสินค้าปกติในระดับที่พอยอมรับได้ การเลือกใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม จะต้องคำนึงถึงความจำเป็นในกระบวนการผลิต ทั้งในด้านการเลือกอื่นในการแก้ไขปัญหา และด้านการรักษาความเป็นผู้นำในตลาดแข่งขัน ระดับความยอมรับความต้องการของผู้บริโภคในตลาดเป้าหมาย หลังจากมีการตรวจสอบความปลอดภัยทางชีวภาพ จนมั่นใจว่าสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมนั้นปลอดภัยต่อผู้บริโภค การจะนำสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมมาปลูกเลี้ยงในระบบเปิดเชิงพาณิชย์หรือไม่นั้น จะต้องมั่นใจถึงความเสี่ยงด้านความปลอดภัยทางชีวภาพต่อระบบนิเวศว่ามีน้อยที่สุดและต้องสามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยต้องคำนึงอยู่เสมอว่า การแก้ไขเยียวยาความเสียหายทางชีวภาพจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมนั้นมีต้นทุนสูงมาก และอาจดำเนินการได้ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้ต้องพิจารณาเปรียบเทียบว่าการปลูกเลี้ยงสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเชิงพาณิชย์ในประเทศไทยกับการนำเข้าวัตถุดิบหรือผลิตผล/ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม นั้นมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตต่าง ๆ นั้นแบบใดจะมีความเสี่ยงและต้นทุนในด้านต่าง ๆ ต่ำกว่ากัน เช่น จากกรณีศึกษาเรื่องถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ พบว่า การนำเข้าเมล็ด (grain) ถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ มีต้นทุนต่ำกว่าเมื่อเทียบกับต้นทุนการปลูกถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ ในประเทศไทย หากไม่คิดรวมต้นทุนการดูแลจัดการความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม และการคุ้มครองผู้บริโภคจากการปลูกถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ในประเทศด้วย ทั้งนี้ต้นทุนทั้งสองส่วนนี้สูงมาก ในกรณีนี้จึงไม่มีความจำเป็นใดๆ ที่จะอนุญาตให้ปลูกถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ในประเทศ การกำหนดนโยบายให้นำเข้าถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ มาเพื่อใช้ในการแปรรูปตามนโยบายปัจจุบันจึงเหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการดูแลจัดการต้นทุนจากผลกระทบภายนอก (external cost) ที่อาจเกิดขึ้นในระบบอย่างเพียงพอด้วย เช่น ต้นทุนการจัดหาถั่วเหลืองพันธุ์ปกติของผู้ประกอบการที่ไม่ต้องการถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ภาระของผู้บริโภคบางกลุ่มที่ไม่ต้องการบริโภคถั่วเหลืองแปลงพันธุ์ เป็นต้น

ในกรณีที่พบว่า การปลูกเลี้ยงสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมในประเทศไทยมีต้นทุนการปลูกต่ำกว่าการนำเข้าผลิตผล/ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม มาเป็นวัตถุดิบ การพิจารณากำหนดนโยบายว่าจะให้มีการนำพืช

แปลงพันธุ์มาปลูกในเชิงพาณิชย์หรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาด้วยว่าจะมีระบบการกำกับดูแลอย่างไร กลไกที่มีอยู่มีความพร้อมเพียงพอหรือไม่ ผู้จำหน่ายเมล็ดหรือเกษตรกรผู้ปลูกพืชแปลงพันธุ์จะเป็นผู้รับประกันการดูแลจัดการการป้องกันความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม และการคุ้มครองผู้บริโภคที่จะเพิ่มขึ้น

1.2 การวิจัยและพัฒนาด้านสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม

สำหรับการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมของไทย ในช่วงที่ประเทศยังมีความพร้อมไม่เพียงพอ นั้น จะต้องดำเนินการในระดับห้องปฏิบัติการ และโรงเรือนหรือแปลงทดลองที่เป็น “ระบบปิด” ซึ่งเป็นระบบการปลูกเลี้ยงที่ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของส่วนหนึ่งส่วนใดของสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมสู่ระบบนิเวศ โดยอาจเป็นการปลูกเลี้ยงในโรงเรือนกระจก ถังหมัก หรือโรงเรือนตาข่าย โดยพื้นโรงเรือนต้องเป็นคอนกรีต และมีระบบกำจัดทำลายของเสีย/ของเหลือใช้จากโรงเรือนหรือถังหมักเท่านั้น การพิจารณาอนุญาตให้มีการศึกษาทดลองใน “ระบบเปิด” ซึ่งเป็นระบบการปลูกเลี้ยงที่ยอมให้ส่วนหนึ่งส่วนใดของสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม รวมทั้งของเสีย/ของเหลือจากระบบ ออกไปปนเปื้อนในระบบนิเวศได้ จะต้องดำเนินการภายหลังการได้มีการปรับปรุงพัฒนาองค์กร และกฎหมายด้านความปลอดภัยทางชีวภาพแล้ว เนื่องจากการศึกษาทดลองในระบบเปิด มีความเสี่ยงสูงต่อการสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ซึ่งจากกรณีปัญหาที่เกิดขึ้นในประเทศไทย (ฝ้ายและมะละกอ) ได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่า ในขณะนี้ประเทศไทยยังขาดความพร้อมในด้านต่างๆ อีกมากต่อการควบคุมการดำเนินงานศึกษาทดลองสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมในระบบเปิด

นอกจากนี้ ควรมีการปรับปรุงกระบวนการกำหนดเป้าหมายและหัวข้อเรื่องการวิจัยและพัฒนาสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมของไทยให้สอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกรและสังคม (demand pull) มากยิ่งขึ้น แทนที่จะมุ่งเน้นความต้องการของนักวิจัย (supply push) เหมือนที่ผ่านมาในอดีต โดยการกำหนดเป้าหมายและโครงการวิจัยสำหรับเรื่องสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมจะต้องใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของภาคสังคม เนื่องจากการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้ต้องใช้งบประมาณลงทุนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในสาขาอื่นๆ จึงต้องมีกระบวนการที่ทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าสังคมจะได้รับประโยชน์จากการวิจัยอย่างเต็มที่ ประกอบกับการวิจัยในเรื่องนี้มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมค่อนข้างมากอีกด้วย ซึ่งคณะผู้วิจัยเห็นว่า ในช่วง 5 ปีข้างหน้า การศึกษาวิจัยด้านสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมจะต้องเน้นในการสร้างสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมที่เป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องแปรรูปโดยสมบูรณ์ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ โดยต้องไม่เป็นสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เช่น ยางพารา และยูคาลิปตัส นอกจากนี้ยังต้องเน้นการพัฒนาวิธีการมาตรฐานในการถ้ายีนเข้าสู่พืชและสัตว์เศรษฐกิจของไทยและการแยกสกัดยีนที่จะเป็นประโยชน์ในการตัดแต่งพันธุกรรมพืชและสัตว์เศรษฐกิจของไทย ให้มีคุณค่าหรือผลผลิตสูงขึ้น เพื่อขอรับสิทธิบัตรอันจะเกิดการถ่วงดุลในอำนาจผูกขาดทางเทคโนโลยีกับต่างประเทศ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความต้องการของสังคมด้วย เพราะต้นทุนในการทำวิจัยนั้นสูงทั้งในรูปตัวเงินและสังคม

คณะผู้วิจัยยังมีความเห็นว่า หัวข้อการวิจัยเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญเร่งด่วนและจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินการให้แล้วเสร็จในช่วงการเตรียมความพร้อมนั้น คือ การศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงพัฒนา “ระบบการกำกับดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพ” ของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่าในขณะนี้ยังมียุทธศาสตร์อื่นที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาการผลิตได้ระดับหนึ่งโดยไม่ต้องพึ่งพาสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม การกำหนดนโยบายในลักษณะดังกล่าว เป็นทางเลือกเชิงนโยบายอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งแตกต่างไปจากทางเลือกเชิงนโยบายที่ทางคณะกรรมการนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติได้เห็นชอบ คือ “นโยบายให้สังคมมีทางเลือก” สิ่งทีคณะผู้วิจัยได้เสนอเป็นทางเลือกเชิงนโยบายนี้เรียกได้ว่าเป็น “นโยบายเลือกใช้อย่างปลอดภัยและเท่าทัน” คณะผู้วิจัยเห็นว่าปัญหาสำคัญของการกำหนดนโยบายเรื่องสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรมแบบ “ให้สังคมมีทางเลือก” นั้น มักมีปัญหาก่อขึ้นในทางปฏิบัติ เนื่องจากเกษตรกรหรือผู้บริโภค มักเป็นเหยื่อของการโฆษณาและกลไกการตลาดเนื่องจากได้รับข้อมูลไม่ครบถ้วนในการตัดสินใจเลือก นอกจากนี้องค์กรภาครัฐมักจะผลักดันให้เกษตรกรหรือผู้บริโภคได้เลือกตัดสินใจตามแนวนโยบายของรัฐบาล ทำให้ขาดความเป็นอิสระในการตัดสินใจเลือกอย่างแท้จริง “ทางเลือก” จึงถูกเลือกไว้แล้วโดยผู้อื่น ไม่ใช่เกษตรกรหรือผู้บริโภค การแก้ปัญหานี้จึงจำเป็นต้องมีองค์กร

อิสระที่มีประสิทธิภาพในการกลั่นกรองทางเลือก และคุ้มครองสิทธิของเกษตรกรและผู้บริโภค เพื่อพิจารณา
คัดเลือกให้พันธุ์สิ่งมีชีวิตแปลงพันธุ์ที่จะเป็นประโยชน์แก่สาธารณสุขเท่านั้น ที่จะนำมาเผยแพร่เชิงการค้า

ทั้งนี้ ประเด็นสำคัญที่รัฐหรือผู้กำหนดนโยบายพึงตระหนักอย่างยิ่งในการกำหนดนโยบาย คือ การกำหนด
ตัดสินใจเลือกนโยบายในทางใด จะต้องไม่ทำให้การเลือกใช้เทคโนโลยีของรัฐหรือของคนกลุ่มใดก่อให้เกิดผลกระทบใน
ทางลบต่อสังคม โดยเฉพาะต่อกลุ่มคนที่ไม่ได้รับประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีนั้น โดยจะต้องหาแนวทางป้องกันหรือ
ลดปัญหาความสูญเสียไปพร้อมกับการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีด้วย

2. ด้านองค์กร

การที่ประเทศไทยยังขาดความพร้อมและประสิทธิภาพในการดำเนินงานขององค์กรที่เกี่ยวข้องกับการกำกับ
ดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพ ประกอบกับการที่สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมแต่ละชนิดแต่ละพันธุ์ มีความเหมาะสมต่อ
การผลิต การแปรรูป และการตลาดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีการจัดตั้ง “องค์กรระดับนโยบาย” (Policy
Committee) เพื่อทำหน้าที่ในการพิจารณา กำหนดนโยบายด้านสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมขึ้นเป็นการเฉพาะ แยกจาก
คณะกรรมการนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ โดยมีลักษณะเป็นคณะกรรมการพหุภาคี ทำหน้าที่หลักสำคัญ ได้แก่

1) การพิจารณากำหนดนโยบายการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมในแต่ละกรณี

2) การพิจารณานำเข้าสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม มาใช้ผลิตวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสินค้า หรือการปลูก
เชิงพาณิชย์ในแต่ละกรณี

3) การพิจารณากำหนดนโยบายในการศึกษาวิจัยสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

คณะกรรมการดังกล่าวจะต้องประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ผู้แทนผู้ส่งออกซึ่งไม่มี
ธุรกิจเกี่ยวข้องกับการผลิตหรือจำหน่ายส่วนขยายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม นักวิชาการในสาขาที่เกี่ยวข้อง
จากสถาบันการศึกษา ได้แก่ ด้านพิษวิทยา ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐศาสตร์ และผู้แทนองค์กรพัฒนาเอกชนจาก
องค์กรที่ทำงานด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการเกษตร และด้านการคุ้มครองผู้บริโภค

ภายใต้คณะกรรมการระดับนโยบาย อาจมีคณะกรรมการด้านเทคนิค (Technical Committee) แยกตาม
ประเภทสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (พืช สัตว์ และจุลินทรีย์) เพื่อทำหน้าที่ในการพิจารณาประเด็นด้านวิชาการ ด้าน
เทคนิคในเรื่องต่างๆ ก่อนนำเสนอคณะกรรมการระดับนโยบาย

การที่คณะผู้วิจัยเสนอให้จัดตั้งคณะกรรมการชุดใหม่ แยกจากคณะกรรมการนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพ
แห่งชาติ เนื่องจากคณะกรรมการนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพฯ มีบทบาทในการพิจารณากำหนดนโยบายด้านเทคโนโลยี
ทุกประเภทในภาพรวม แต่คณะกรรมการที่คณะผู้วิจัยได้เสนอนั้น จะมีขอบเขตในการพิจารณากำหนดนโยบายเฉพาะ
เรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมเท่านั้น ซึ่งเป็นเรื่องที่ยังมีข้อมูล ความเห็นที่แตกต่างกันอยู่มาก จึงจำเป็นต้องมีคณะ
กรรมการขึ้นมาเป็นการเฉพาะ

ในขณะเดียวกัน ควรมีการปรับปรุงองค์ประกอบของคณะกรรมการนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติที่มี
อยู่ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ให้มีตัวแทนของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องมากยิ่งขึ้น เช่น ภาคเกษตรกร ภาคเอกชน องค์กร
พัฒนาเอกชน เป็นต้น

นอกจากนี้ยังควรจัดตั้ง “องค์กรด้านการกำกับดูแลความปลอดภัยทางชีวภาพ” (Regulatory
Committee) เป็นคณะกรรมการพหุภาคีอีกชุดหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่กำกับดูแลด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ตรวจสอบ
การทดสอบความปลอดภัยทางชีวภาพ และผลกระทบระยะยาวจากการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม รวม
ทั้งออกกฎระเบียบวิธีปฏิบัติที่จำเป็นเพื่อลดความเสี่ยงและป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์จากสิ่งมี
ชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม โดยคณะกรรมการชุดนี้จะต้องประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานภาครัฐที่กำกับดูแลงานด้าน
ความปลอดภัยทางชีวภาพ นักวิชาการจากสถาบันการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ด้านพิษวิทยา ด้านสิ่งแวดล้อม
ด้านชีวเคมี ผู้แทนองค์กรพัฒนาเอกชนด้านการคุ้มครองผู้บริโภค ด้านการเกษตร และด้านสิ่งแวดล้อม โดยให้ผู้บริหาร
ขององค์กรฝ่ายปฏิบัติการซึ่งทำหน้าที่กำกับดูแลด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ซึ่งคณะผู้ทำการวิจัยเห็นว่าควรเป็น
หน่วยงานในกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่เป็นฝ่ายเลขานุการ

คณะกรรมการที่ได้เสนอให้จัดตั้งทั้งสองชุดดังกล่าวต้อง เป็นคณะกรรมการที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพ มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายในระดับพระราชบัญญัติ (โปรดดูรายละเอียดในหัวข้อถัดไป)

3. ด้านกฎหมาย

การจะให้ประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมอย่างกว้างขวางขึ้น เป็นแรงกดดันที่เกิดขึ้นทั้งจากในประเทศและจากประเทศอุตสาหกรรม แต่การที่กฎหมายของประเทศไทยที่มีอยู่ไม่สามารถนำมาใช้กำกับดูแลสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมได้อย่างพอเพียง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเร่งการจัดทำกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพขึ้นโดยเร็วที่สุด

การจัดทำกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพนั้นมีเจตนารมณ์เพื่อการกำกับดูแล ให้มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมอย่างปลอดภัย ป้องกันปัญหาผลกระทบจากการใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ คุ่มครองสิทธิของผู้บริโภค สิทธิของเกษตรกร และมีมาตรการหรือกลไกการเยียวยาปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

สาระสำคัญของกฎหมายว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพ คือ ยึดหลักการระมัดระวัง (precautionary principle) ครอบคลุมสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมทุกชนิด ทั้งจุลินทรีย์ พืช สัตว์ และผลิตภัณฑ์สืบเนื่อง (product thereof) ด้วย โดยมีสภาพบังคับตั้งแต่เรื่องการนำเข้า การปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมโดยเจตนา การนำออกสู่ตลาด การใช้ประโยชน์ การส่งออก มาตรการในการเฝ้าระวัง มีข้อบังคับในการประเมินความเสี่ยงไว้ในกฎหมาย มีข้อกำหนดเกี่ยวกับความรับผิดชอบเด็ดขาด (strict liability) สำหรับความเสียหายใดๆ ที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมและผลิตภัณฑ์สืบเนื่อง และให้ผู้สร้างและผู้ปลูกเลี้ยงต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และการเยียวยาและชดเชยความเสียหายตามหลักผู้ก่อให้เกิดมลพิษเป็นผู้จ่าย (polluter-pay principle)

นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในพิธีสารว่าด้วยความปลอดภัยทางชีวภาพ ซึ่งต้องยึดถือเป็นกรอบมาตรฐานขั้นต่ำ เพื่อให้กฎหมายที่จะจัดทำขึ้นเป็นที่ยอมรับในประชาคมระหว่างประเทศด้วย อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับสภาพทางสังคม วัฒนธรรม และระบบนิเวศของประเทศไทย ซึ่งการควบคุมดูแลที่เคร่งครัดตามสาระสำคัญของกฎหมายฉบับนี้ นอกจากจะสร้างความมั่นใจด้านความปลอดภัยแล้วยังจะส่งผลดีต่อการส่งออกสินค้าของไทยไปยังประเทศต่างๆ ด้วย

การจัดทำร่างกฎหมายฉบับนี้ ต้องเป็นกระบวนการมีส่วนร่วมของภาคประชาสังคม โดยมีคณะกรรมาธิการกฎหมายซึ่งประกอบด้วยตัวแทนจากทุกภาคส่วนในสังคมที่มีผลได้-ผลเสียจากความปลอดภัยทางชีวภาพ โดยควรใช้เวลาไม่เกิน 10 เดือน จากนั้นจึงจัดให้มีการจัดรับฟังความเห็นจากประชาชนอย่างกว้างขวางถึงร่างกฎหมาย ซึ่งควรใช้เวลาไม่เกิน 6 เดือน และต้องปรับแก้ร่างกฎหมายตามความเห็นจากประชาชน โดยต้องมีคณะปรับปรุงร่างกฎหมายที่ประกอบด้วยตัวแทนจากทุกภาคส่วนของสังคมซึ่งต้องใช้เวลาไม่เกิน 2 เดือน การดำเนินการขั้นตอนนี้อาจใช้วิธีการจัดจ้าง ซึ่งน่าจะได้ผลสัมฤทธิ์เร็วกว่าการมอบหมายให้เป็นภาระหน้าที่หน่วยราชการใดหน่วยราชการหนึ่ง (ตารางที่ 2)

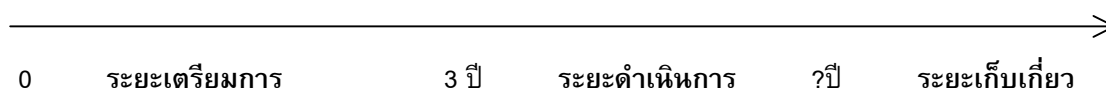
เมื่อมีการตรากฎหมายเรียบร้อยแล้วทั้งระดับพระราชบัญญัติ กฎกระทรวง ประกาศกรม และกฎหมายลูกอื่นๆ ซึ่งควรเร่งดำเนินการให้แล้วเสร็จใน 3 ปีแล้วการบังคับใช้กฎหมายจะต้องมีพนักงานเจ้าหน้าที่ ซึ่งมีขีดความสามารถและประสิทธิภาพอย่างพอเพียงและมีกลไกสนับสนุนการบังคับใช้กฎหมายให้มีประสิทธิภาพด้วย ก่อนที่จะมีการพิจารณาอนุญาตว่าจะให้มีการนำสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมประเภทใดมาใช้ประโยชน์ในระบบเปิดได้หรือไม่ ดังนั้นการเตรียมความพร้อมด้านพนักงานเจ้าหน้าที่ และการพัฒนาขีดความสามารถในการกำกับดูแล จะต้องเร่งดำเนินการควบคู่ไปกับการร่างกฎหมาย ทั้งนี้หน่วยงานที่จะทำหน้าที่บังคับใช้กฎหมายนี้ควรเป็นหน่วยงานในสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพราะไม่มีบทบาททับซ้อนในการส่งเสริมการวิจัยและใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

หนึ่งในช่วงการจัดทำร่างกฎหมายความปลอดภัยทางชีวภาพ สิ่งที่ต้องเร่งผลักดันดำเนินการไปพร้อมกัน คือ การแก้ไขปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องการติดฉลากสินค้าที่มีส่วนผสมหรือเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม

ตารางที่ 2. ผังการดำเนินงานตามข้อเสนอแนะนโยบาย “เลือกใช้อย่างปลอดภัยและเท่าทัน” ก่อนอนุญาต

หมายเหตุ : การอนุญาตให้มีการปลูกเลี้ยงสิ่งมีชีวิตตัดแต่งพันธุกรรม จะพิจารณาเป็นรายกรณี หลังจากมีองค์กระตบนโยบายขึ้นตาม พ.ร.บ. ความปลอดภัยทางชีวภาพแล้ว

วิจัยความปลอดภัยทางชีวภาพ ตั้งองค์กรกำกับดูแล ตั้งองค์กรนโยบาย เตรียมความพร้อมองค์กรกำกับดูแล ออกกฎหมายลูก ออกเป็นกฎหมาย แก้ว ร.บ. พังความเห็นสาธารณะ ยกร่าง พ.ร.บ. ประชาสัมพันธ์	ติดตามผลกระทบระยะยาว อนุญาตให้ปลูกเลี้ยงใน ระบบเปิด องค์กรกำกับดูแลติดตามผล เสนอโครงการให้องค์กร- นโยบายกลั่นกรอง พิจารณา	ผลิตเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 1. แผนที่นำทาง (Road map) สำหรับนโยบาย “เลือกใช้อย่างปลอดภัยและเท่าทัน”

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_747001 และ BRT R_748001 และแผนงานวิจัยและพัฒนา นโยบายสาธารณะเพื่อสุขภาพและระบบการประเมินผลกระทบทางสุขภาพ ที่สนับสนุนทุนวิจัยจนโครงการวิจัยนี้สามารถดำเนินการได้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- <http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/how.html>
 Conner, A.J., T.R. Glare and J.P. Nap. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. *The Plant Journal* 33: 19-46.
 Molatesta, M., C. Caporaloni, S. Gavaudan, M.B.L. Rocchi, S. Serafini, C. Tiberi and G. Gazzanelli. 2002. Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Struct and Function* 27: 173-180
 Vezquez-Padran, R.I., J. Gonzales-Cabrera, C. Garcia-Tovar, L. Neri-Bazan, R. Lapez-Revilla, M. Hernandez, L. Moreno-Fierro and G.A. de la Riva. 2000. Cry I Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* sp. HD 73 binds to surface proteins in the mouse small intestine. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 27: 54 -58.
 Bertolla, F., A. Frostegard, B. Brito, X. Nesme and P. Simonet. 1999. During infection of its host, the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* naturally develops a state of competence and exchanges genetic material. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 12: 457-472.