434/47
RECEIVED
BY 28/6/47 DATE

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษานิเวศวิทยาของเชื้อราทำลายแมลงในเขตอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว

โดย ดร. ไนเจล ไฮเวล โจนส์ และคณะ

พฤษภาคม 2547

142

142

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษานิเวศวิทยาของเชื้อราทำลายแมลงในเขตอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว

โดย ดร. ไนเจล ไฮเวล โจนส์ และคณะ

พฤษภาคม 2547

รหัสโครงการ BRT R_346003

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษานิเวศวิทยาของเชื้อราทำลายแมลงในเขตอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. ดร. ไนเจล ไฮเวล โจนส์ [1/]
2. ดร. สมศักดิ์ ศิวิชัย [1/]
3. นางสาวอภิญญา วงษ์แก้ว [1/]
4. นางสาววิวรรธณี ทองสีดำ [1/]
5. นางศิริณี พูนไชยศรี [2/]
6. นายบุญเพ็ง เจริญใจ [3/]

[1/] ห้องปฏิบัติการราวิทยา หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางไบโอเทค
ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ 113 ถนนพหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

[2/] กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จัตุจักร
กรุงเทพฯ 10900

[3/] อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ตำบลน้ำหนาว อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ 67260

สนับสนุนโดย
โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
(โครงการ BRT)

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT R_ 346003 เป็นงานวิจัยระยะเวลา 1 ปี

ขอขอบคุณ Dr. Seiki Yamane ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอนุกรมวิธานแมลงในอันดับ Hymenoptera ที่ได้ช่วยเหลือในการจัดจำแนกชนิดของแมลง คุณวิโรจน์ หนักแน่น หัวหน้าอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว คุณเกษม สุขสวัสดิ์ ผู้ช่วยฯ สำหรับความเอื้อเฟื้อและช่วยเหลือในเรื่องสถานที่ทำการวิจัยและสถานที่พักอาศัยตลอดมา คุณอัมพร เจริญใจ และเจ้าหน้าที่ทุกคน ท้ายที่สุดขอขอบคุณพี่ๆ และน้องๆ ทุกคนของห้องปฏิบัติการราวิทยา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

ไนเจล ไฮเวล โจนส์ และคณะ

พฤษภาคม 2547

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	รูปแบบพัฒนาการที่เหมือนกันของเชื้อราทำลายตัวต่อ (*Ropalidia* spp.) ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	7
ตารางภาคผนวกที่ 1	ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Codyceps humberti* และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายตัวต่อ *Ropalidia* spp. ณ. อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 — ธันวาคม 2546)	16-22
ตารางภาคผนวกที่ 2	จำนวนและชนิด (species) ของเชื้อราทำลายแมลงที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 — กันยายน 2546	23-24
ตารางภาคผนวกที่ 3	จำนวนและสกุล (genus) ของเชื้อราทำลายแมลงที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 — กันยายน 2546	25
ตารางภาคผนวกที่ 4	จำนวนชนิดและสกุลของเชื้อราทำลายแมงมุมที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 — กันยายน 2546	26
ตารางภาคผนวกที่ 5	จำนวนและชนิดรูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อทั้ง 2 ระยะ (*Hirsutella saussuei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*), และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายตัวต่อ Icaria sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ใน 3 ฤดู	27-30

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพภาคผนวกที่ 1	แผนที่ระบบนิเวศการกระจายของราทำลายแมลง *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ *Ropalidia* spp. ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม 2545	12
ภาพภาคผนวกที่ 2	แผนที่ระบบนิเวศการกระจายของราทำลายแมลง *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ *Ropalidia* spp. ในระหว่างเดือนมกราคม – กันยายน 2546	13
ภาพภาคผนวกที่ 3	การกระจายของเชื้อ *Hirsutella saussurei* เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti* และเชื้อ *Cordyceps humberti* ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (21 สิงหาคม 2542 – 25 กุมภาพันธ์ 2544)	14
ภาพภาคผนวกที่ 4	จำนวนตัวอย่างของเชื้อ *Hirsutella saussurei* เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti* ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ระหว่างฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน (21 สิงหาคม 2542 – 25 กุมภาพันธ์ 2544)	15

บทคัดย่อ

การศึกษานิเวศวิทยาของเชื้อราทำลายแมลง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เชื้อรา *Cordyceps humberti* (teleomorph) และ *Hirsutella saussurei* (anamorph) ที่ทำลายตัวต่อสกุล *Ropalidia* spp. (=*Icaria*) ในเขตอุทยานแห่งชาตินำหนาวเป็นตัวแทนของเชื้อราทำลายแมลง โดยเริ่มต้นศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2545-กันยายน 2546 นั้นพบว่า การกระจายของเชื้อราในสภาพธรรมชาติจะพบตัวต่อสกุล *Ropalidia* ถูกทำลายด้วยเชื้อรา 2 ชนิดนี้ ซึ่งตัวต่อนั้นจะอยู่ห่างจากรังทั้ง 3 รังที่อยู่ในสภาพธรรมชาติเป็นรัศมี 2-3 และ 10-12 เมตร จากจำนวนตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย 5 ตัวอย่าง (พฤศจิกายน 2545- กรกฎาคม 2546) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตายของตัวต่อ/รัง พบว่ารังที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราการตายเท่ากับ 0.007%, 0.023% และ 0.034% ตามลำดับ แต่เมื่อได้สำรวจในเดือนสิงหาคม 2546 พบตัวอย่างเพิ่มขึ้นอีก 2 ตัวอย่าง จากจำนวนของเชื้อราที่ทำลายตัวต่อที่สำรวจมานั้น พบว่ามีจำนวนตัวอย่างปริมาณน้อย ดังนั้นจึงได้สำรวจในด้านความหลากหลายเพิ่มเติม ซึ่งพบจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 202 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่พบนั้นสามารถแยกเชื้อราได้ 55 ตัวอย่าง 27 isolate จากเชื้อรา 7 สกุล 7 ชนิด ได้แก่ *Akanthomyces* sp., *Gibellula pulchra*, *Gibellula* sp., *Hirsutella nivea*, *H. saussurei*, *Hymenostilbe dipterigena*, *Hypocrella* sp., *Hypocrella scutata*, *Paecilomyces* cf. *javanicus*, *Paecilomyces* sp. และ *Torrubiella hemipterigena* แต่เชื้อ *C. humberti* ยังไม่สามารถทำการแยกเชื้อได้และที่สำคัญพบว่าเชื้อ *Hypocrella scutata* นั้นสามารถพบได้เป็นจำนวนมากที่ป่าพรุโต๊ะแดง ซึ่งยากมากที่จะพบบริเวณอื่นๆ ในประเทศไทย

Abstract

To object of this work was to study the ecology of *Cordyceps humberti* (teleomorph) and *Hirsutella saussurei* (anamorph) which infect wasps of the genus *Ropalidia* spp. (=*Icaria*) in Nam Nao National Park. The current work began in November 2002 - September 2003 to study the distribution in nature. Infected wasps (*Ropalidia* spp.) were found about 2-3 and 10-12 meters from three small, developing nests. The wasps included five specimens infected by *C. humberti* and *H. saussurei* (November 2002 — July 2003). The percentage mortality of wasps inside nests one, two and three were 0.007%, 0.023% and 0.034% , respectively. When surveyed in August 2003, there were two more specimens. As the numbers of fungi from the wasps decreased the opportunity was taken to extend the work to a more general survey of the insect fungi of Nam Nao National Park. A total of 202 other samples were collected. There were 7 genera with 7 species being collected and identified from 55 samples and these yielded 27 isolates. Successful isolates included;

Akanthomyces sp., *Gibellula pulchra*, *Gibellula* sp., *Hirsutella nivea*, *H. saussurei*, *Hymenostilbe dipterigena*, *Hypocrella* sp., *Hypocrella scutata*, *Paecilomyces* cf. *javanicus*, *Paecilomyces* sp. and *Torrubiella hemipterigena*. *C. humberti* was not successfully isolated. A significant find was *H. scutata* which is known in large numbers from Phu To Daeng but is only rarely recorded from elsewhere in Thailand.

บทนำ

อุทยานแห่งชาติน้ำหนาวอยู่ในเขตอำเภอเมือง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอคอนสาน จังหวัดชัยภูมิ เป็นอุทยานแห่งชาติที่มีแนวกั้นระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือมีเนื้อที่ประมาณ 966 ตารางกิโลเมตร หรือ 603,750 ไร่ สภาพพื้นที่ทั่วไปเป็นเทือกเขาสูงและเทือกเขาโดยรอบประกอบขึ้นเป็นป่าต้นน้ำ ลำธาร เช่น แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำพอง แม่น้ำเลย ห้วยขอนแก่น ห้วยน้ำเชิญ ซึ่งไหลลงสู่เขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนจุฬาภรณ์ ลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปจะมีอากาศหนาวเย็น อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะลดต่ำถึง 0 องศาเซลเซียส ป่าน้ำหนาวเป็นป่าไม้ผืนใหญ่ติดต่อกัน ประกอบด้วยป่าหลายชนิด เช่น ป่าเต็งรัง หรือ ป่าแดง ป่าเบญจพรรณ ป่าดงดิบ และทุ่งหญ้า (ธนโรจน์, 2544) ป่าไม้ถือว่าเป็นแหล่งรวมพันธุ-กรรมของสิ่งมีชีวิตที่ใหญ่และสำคัญที่สุด มีสิ่งมีชีวิตอีกเป็นจำนวนมากที่อยู่ในป่าที่มนุษย์ยังไม่รู้จัก สิ่งมีชีวิตดังกล่าวอาจมีค่ามหาศาลต่อชีวิตมนุษย์ เช่น เป็นแหล่งวัตถุดิบของยารักษาโรคและสารเคมีตามธรรมชาติที่สำคัญเป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ เป็นต้น (นิรนาม, 2546)

องุ่นและคณะ (2545) กล่าวว่า ในระบบนิเวศทั้งในน้ำและบนบก แมลงนับได้ว่ามีความหลากหลายทางชีวภาพมากและมีจำนวนชนิดมากที่สุดในโลกประมาณ 75% ของสัตว์ที่พบแล้วในโลกนี้เป็นแมลงซึ่งมีความหลากหลายทั้งในเรื่องรูปร่างและชีวิตความเป็นอยู่ โดยสามารถปรับตัวเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ดังนั้นแมลงจึงอาศัยอยู่ได้แทบทุกแห่งในโลก และจำนวนชนิดแมลงในโลกนี้ก็ยังไม่มีผู้ใดทราบแน่นอนถึงจำนวนชนิดของแมลงทั้งหมดในโลกนี้หรือแม้กระทั่งจำนวนชนิดแมลงที่ศึกษาทราบชื่อแล้วว่ามีเท่าใด เฉพาะในส่วนของแมลงที่ทราบชื่อแล้วมีประมาณ 750,000 ชนิด

แมลงพบกำเนิดขึ้นเมื่อ 400 ล้านปีก่อนในยุค Devonian จากหลักฐานทางซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งในยุค Mesozoic เป็นยุคที่มีการสูญพันธุ์ของแมลงไปเช่น แมลงอันดับ Meganisoptera (คล้ายแมลงปอขนาดใหญ่) และ Paraplecoptera (คล้าย Stonefiles) ซึ่งสูญพันธุ์ไปในช่วง Triassic (225 ล้านปี) แมลงในแต่ละอันดับมีการวิวัฒนาการเพื่อความอยู่รอด แมลงที่พบในยุคนี้ได้แก่ แมลงอันดับ Neuroptera (แมลงช้าง), Mecoptera (แมลงแมงป่อง), Diptera (แมลงวัน), แมลงอันดับ Archaeognatha (แมลงสามง่ามป่า), Dermaptera (แมลงหางหนีบ), Orthoptera (ตั๊กแตน), Phasmatodea (ตั๊กแตนใบไม้ กิ่งไม้) และ Hymenoptera (ผึ้ง ต่อ แตน) ถือกำเนิดขึ้นมา

ศิริณี (2530) รายงานว่า แมลงในอันดับ Hymenoptera ได้แก่ มด ผึ้ง ต่อ แตน มีทั้งพวกที่มีปีกและไม่มีปีก ถ้ามีปีกจะมีปีก 2 คู่ เป็นแผ่นบางใส ปากแบบกัดกินเป็นส่วนใหญ่ สำหรับตัวต่อเป็นแมลงที่มีบทบาทอย่างมากในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เพราะเป็นแมลงตัวห้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ตัวต่อจะจับตัวอ่อนของแมลงศัตรูชนิดต่างๆ เช่น หนอนผีเสื้อ เพลี้ยหอย และอื่นๆ กินเป็นอาหารรวมทั้งนำกลับไปเลี้ยงตัวอ่อนภายในรังอีกด้วย นอกจากนี้ต่อยังต้องการพลังงานเช่นเดียวกับมนุษย์ ซึ่งแหล่งพลังงานของต่อได้จากการดูดกินน้ำหวานเกสรดอกไม้และผลพลอยได้ต่อมาคือช่วยในการผสมเกสร จากพฤติกรรมดังกล่าวจะเห็นว่าต่อ

เป็นแมลงที่ช่วยรักษาสมดุลย์ธรรมชาติและยังช่วยผสมเกสรด้วย LaSalle และ Gauld (1993) กล่าวว่า แมลงในอันดับ (Order) Hymenoptera นั้น ข้อมูลทางด้านอนุกรมวิธานและชีววิทยาสามารถสรุปได้ว่า การจัดจำแนกของแมลงในกลุ่มนี้มีได้หลากหลายแบบ พบว่าสามารถจำแนกเป็น 2 อันดับย่อย (Suborder) ได้แก่ Suborder Symphyta และ Apocrita และสามารถแบ่งได้ 80 วงศ์ (Family) โดย Wilson (1971) พบว่าส่วนใหญ่ Family Vespidae นั้นจะถูกจัดได้ว่าเป็นแมลงสังคม ซึ่งข้อมูลทางด้านชีววิทยาของ ตัวต่อวงศ์นี้จะถูกใช้ในการจำแนก โดย Bequaert (1918 และ 1928, อ้างโดย Wilson, 1971) สามารถจำแนกได้ 11 วงศ์ย่อย (Subfamily) ได้แก่ Euparagiinae, Gayellinae, Masarinae, Raphiglossinae, Zethinae, Eumeninae, Stenogastrinae, Polybiinae, Ropalidiinae, Vespinae และ Polistinae ในขณะที่ Richard (1962, อ้างโดย Wilson, 1971) รายงานว่าจากหลักฐานด้านสันฐานวิทยาพบว่าจำนวน Subfamily ได้ลดลงเหลือ 9 Subfamily และแบ่งออกได้เป็น 3 Family ซึ่ง Hurd (1955, อ้างโดย Wilson, 1971) กล่าวว่าตัวต่อประมาณ 15,000 ชนิดที่มีชีวิตอยู่จะมีเหล็กไน สำหรับ Subfamily Polistinae ส่วนใหญ่มีความหลากหลายใน Subfamily นี้ได้แก่ สกุล *Apoica, Belonogaster, Brachygastra, Charterginus, Chartergus, Clypearia, Epipona, Leipomeles, Metapolybia, Mischocyttarus, Parachartergus, Parapolybia, Polistes, Polybia, Polybioides, Protonectarina, Protopolybia, Pseudochartergus, Pseudopolybia, Ropalidia, Stelopolybia, Synoeca* และ *Synoecoides* ซึ่ง Vecht (1941) รายงานว่าตัวต่อสกุล *Ropalidia* (= *Icaria*) พบกระจายในเขตที่อยู่ด้านบนตั้งแต่เอธิโอเปีย ทวีปเอเชีย แอฟริกา และออสเตรเลีย

จากข้อมูลการศึกษาเชื้อราทำลายแมลงเขตอุทยานแห่งชาติน้ำหนาวที่ผ่านมา โดย อภิญญา และคณะ (2545) พบว่าป่าน้ำหนาวเป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยพบราทำลายแมลงมากมาย ตลอดจนชนิดที่หายากและชนิดใหม่เป็นจำนวนมากกอปรกับในพื้นที่แห่งนี้ได้มีการค้นพบราทำลายแมลงบนตัวต่อเป็นจำนวนมาก ราชนิดนั้นคือ *Cordyceps humberti* (teleomorph) และ *Hirsutella saussure*i (anamorph) Dr. Nigel Hywel –Jones กล่าวว่า รา *C. humberti* นั้นได้ถูกอธิบายรูปร่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมื่อประมาณมากกว่า 150 ปีที่ผ่านมาในอเมริกาใต้ และนับเป็นเชื้อราที่ทำลายแมลงชนิดที่หายากและก็เป็นรายงานการพบครั้งแรกในประเทศไทยที่อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งราทั้ง 2 ชนิดนี้จะพบอยู่ใกล้บริเวณรังตัวต่อ หลังจากนั้นจึงได้มีการศึกษานิเวศวิทยาของรา *C. humberti* และ *H. saussurei* บนตัวต่อ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบรูปแบบและความสัมพันธ์ของราต่อแมลงมากมาย อย่างไรก็ดีการศึกษาที่ผ่านมานั้นสามารถให้ข้อมูลโดยเฉพาะในการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยาของราทำลายแมลงในเพียงระดับหนึ่งเท่านั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการศึกษาราทำลายแมลงในด้านต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น ทั้งในด้านความหลากหลาย การแพร่กระจาย และนิเวศวิทยาของราทำลายแมลง โดยมีจุดประสงค์ในการศึกษาเก็บข้อมูลและเฝ้าติดตามราทำลายแมลงในระยะยาว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต ในการศึกษาข้อมูลนี้จะเน้นโดยเฉพาะการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยา โดยใช้ราที่พบบนตัวต่อเป็นต้นแบบของราทำลายแมลงชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจราทำลายแมลงในด้านต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษานิเวศวิทยาของราทำลายแมลง *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* บนตัวต่อ (*Icaria* sp.) ทั้งในด้านปริมาณและการแพร่กระจายของราตลอดจนความสัมพันธ์ในด้านต่างๆ ระหว่างรากับแมลง เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับราทำลายแมลงชนิดอื่นๆ ด้วย

2. แยกเชื้อให้บริสุทธิ์จากตัวอย่าง โดยเฉพาะราที่มีการค้นพบค่อนข้างน้อย ตลอดจนราชนิดใหม่ที่มีการค้นพบ เพื่อที่จะนำส่งต่อไปยังห้องปฏิบัติการเก็บรักษาสายพันธุ์จุลินทรีย์ เพื่อการศึกษาวิจัยในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ต่อไปสำหรับประเทศไทย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1.การศึกษานิเวศวิทยาของราทำลายแมลงในโครงงานนี้ใช้ *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ *Ropalidia* spp. เป็นแบบอย่างในการศึกษาโดยมุ่งเน้นในการศึกษาในระยะยาวดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาการกระจายของเชื้อในสภาพธรรมชาติ จากการศึกษาที่ผ่านมาเมื่อปี 2542-2544 นั้น ได้ทำการศึกษาในด้านรูปแบบพัฒนาการ อายุขัย (longevity) ปริมาณ และการกระจายของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้ ในแต่ละฤดูกาล พร้อมกับพบว่ามีรังต่อบริเวณที่ศึกษา และพบตัวต่อที่ถูกเชื้อรานี้ทำลาย ซึ่งตัวต่อจะออกมาตายนอกรัง และพบตัวต่อเกาะอยู่ด้านข้างขอบใบไม้ ซึ่งตัวแทนของตัวต่อที่ทำการศึกษาในครั้งนั้นมี 27 ตัวอย่าง ต่อจากนั้นรังต่อก็ร้าง ตัวต่อจึงได้อพยพย้ายไปอยู่ที่อื่น โดยในเดือนสิงหาคม 2545 ที่ผ่านมา ก็พบว่ามีรังต่อ 1 รัง ซึ่งตัวต่อได้ไปสร้างไว้อีกบริเวณหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นโอกาสดีที่จะทำการศึกษาต่อไป โดยเริ่มต้นศึกษาจากบริเวณรังของตัวต่อ ซึ่งจะทำการสำรวจหาเชื้อราที่ทำลายตัวต่อในรัศมีของรังต่อ เมื่อพบเชื้อราในรัศมีของรังต่อแล้วจะทำการกำหนดจุดทำเครื่องหมายลงในแผนจำลองที่สร้างขึ้น และทำการวัดรัศมีของเชื้อที่พบว่าอยู่ห่างจากรังต่อเท่าไหร่ โดยใช้ตลับเมตรวัดขนาดพร้อมกับทำเครื่องหมายไว้และจดบันทึก โดยจะทำการสำรวจทุกๆ 7 วัน ในข้อมูลส่วนนี้จะทำให้เราทราบถึงทิศทางการกระจายและระยะการแพร่กระจายของตัวต่อจากรัง ในขณะเดียวกันก็สังเกตและจดบันทึกขนาดของรังต่อว่ามีการขยายขนาดเท่าไหร่ เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับปริมาณของจำนวนตัวต่อที่คาดว่าจะมีอยู่ภายในรังและจำนวนตัวต่อที่ถูกราทำลาย โดยคิดเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของ ตัวต่อที่ถูกราทำลายทั้งหมด โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$= \frac{\text{จำนวนตัวต่อที่ตายจากรา}}{\text{จำนวนของตัวต่อทั้งหมด (คำนวณจากขนาดของรังในแต่ละช่วงเวลา)}} \times 100$$

1.2 ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวต่อที่ถูกราทำลายแมลงในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการสำรวจและเปรียบเทียบจากปริมาณของแมลงที่ถูกราทำลายในแต่ละช่วงเดือนและฤดูกาล ตลอดจนข้อมูลรายปี เพื่อเปรียบเทียบอัตราการตายของตัวต่อว่ามีความสัมพันธ์และรูปแบบอย่างไร พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ข้อมูลว่าอะไรเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีผลต่อจำนวนการตายของตัวต่อ นอกเหนือจากราที่เป็นสาเหตุของโรค นอกจากนี้ยังคำนวณอัตราการตายของตัวต่อเช่นเดียวกับการศึกษาการกระจายของเชื้อในสภาพธรรมชาติ อีกทั้งการ

พัฒนาของขนาดรังต่อกับปริมาณของตัวต่อและอัตราการถูกทำลายของตัวต่อด้วยเชื้อรา โดยใช้ข้อมูลทางด้านกีฏวิทยาของตัวต่อประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.3 ศึกษาช่วงอายุขัย (longevity) ของเชื้อราในสภาพธรรมชาติ โดยเริ่มศึกษาจากรูปแบบของตัวอย่างที่พบเชื้อครั้งแรก จากนั้นทำการติดหมายเลขประจำให้กับตัวอย่างที่สำรวจพบ ตามหลักการจะศึกษาติดตามพัฒนาการทุกๆ 5 วัน ในฤดูฝน และทุกๆ สัปดาห์ในฤดูหนาวและฤดูร้อน ทั้งนี้จากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่าการพัฒนาของราชนิดนี้ในฤดูฝนจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยบันทึกข้อมูล และวาดภาพ รูปแบบพัฒนาการของเชื้อจากระยะ anamorph ไปเป็นระยะ teleomorph พร้อมทั้งพิจารณาช่วงอายุขัยที่สั้น (short time) คือ นับจากวันที่เริ่มต้นพบรูปแบบของเชื้อจนกระทั่งถึงวันที่สำรวจครั้งก่อนที่เชื้อจะย่อยสลายจนไม่พบร่องรอยและช่วงอายุขัยที่ยาว (long time) คือ โดยดูจากวันที่เริ่มต้นของแต่ละรูปแบบพัฒนาการจนกระทั่งวันที่รูปแบบนั้นของเชื้อสิ้นสุด ซึ่งจะทำให้เราทราบถึงช่วงระยะเวลาของราในแต่ละช่วงว่ามีระยะเวลายาวนานเท่าไหร่ในการพัฒนา อีกทั้งการคงอยู่ในสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เพื่อการเพร่พันธุ์ต่อไป

2. การแยกเชื้อราที่ทำลายแมลงให้บริสุทธิ์ โดยศึกษาทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราที่ทำลายแมลงต่อด้วยการจัดจำแนกชนิดของเชื้อราที่ทำลายแมลง หลังจากนั้นก็ทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (potato dextrose agar) สำหรับนำไปศึกษาวิจัยในด้านต่างๆ ต่อไป

3. สถานที่สำหรับการสำรวจและเก็บตัวอย่าง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

ผลการดำเนินงาน

1. นิเวศวิทยาของรา *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ

1.1 การกระจายของเชื้อ *C. humberti* และ *H. saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ (*Ropalidia* spp.) ในสภาพธรรมชาติ ดังภาพภาคผนวกที่ 1 และ 2 โดยเริ่มต้นศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2545 - กันยายน 2546 พบการกระจายของเชื้อราที่ทำลายตัวต่อทั้งหมดจำนวน 9 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 1 และ 2 พบบริเวณรังต่อรังที่ 1 เมื่อเดือนสิงหาคม 2545 กล่าวคือ เมื่อเดินทางจากที่ทำการศูนย์บริการนักท่องเที่ยวไปทางทิศตะวันออก ซึ่งจะเดินผ่านบริเวณที่กางเต็นท์ภายในบริเวณทั้งสองข้างทางนั้นก็จะพบต้นสน 3 ใบ และต้นไม้ชนิดอื่นๆ ทางด้านขวามือจะพบรังต่อ จำนวน 1 รัง ลักษณะของรังมีสีเหลือง- ครีม รังมีขนาด 21 x 25 เซนติเมตร ภายในรังมีจำนวน 28,081 ตัว ส่วนด้านล่างของรังจะมีรูเปิด รังต่ออยู่บนต้นสน 3 ใบอยู่บริเวณกิ่งของต้นสนประมาณกลางต้นสนอยู่สูงจากพื้นดิน 11 เมตร และต้นสนที่พบรังต่อนั้นจะอยู่ติดทางเดิน แต่ตัวอย่างนั้นได้ถูกนำมาจากสภาพธรรมชาติ เพื่อที่จะนำตัวต่อไปจัดจำแนกชนิด ซึ่งสามารถจำแนกได้ คือ *Ropalidia aristocratica* (Seiki Yamane *, ติดต่อส่วนตัว)

หลังจากนั้นเดินต่อไปทางทิศตะวันออกจะเป็นทางเดินไปยังบริเวณบ้านพักรับรองที่ 2 ก็จะพบต้นสน 3 ใบ ซึ่งจะมีต้นหนึ่งที่อยู่ด้านหลังของบ้านพักจะพบรังต่อ 1 รัง จัดให้เป็นรังต่อรังที่ 2 ลักษณะของรังมีสีเหลือง-ครีม รังมีขนาด 20x28 เซนติเมตร ภายในรังมีจำนวน 8,661 ตัว ส่วนด้านล่างของรังจะมีรูเปิด ซึ่งรังต่อ

---

* Department of Earth & Environmental Sciences, Factulty of Science Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

จะอยู่ประมาณกลางต้นสน รังต่อสูงจากพื้นดินประมาณ 15 เมตร ภายในบริเวณนี้พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย 2 ตัวอย่าง ได้แก่ตัวอย่างที่ 2.1 และ 2.2 ซึ่งตัวอย่างพบเมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2545 ตัวอย่างทั้ง 2 นั้นอยู่ห่างจากรังเป็นรัศมี 2-3 เมตร

เมื่อเดินย้อนกลับมาบริเวณที่กางเต็นท์โดยเดินข้ามสะพานทางด้านขวามือบริเวณนั้นจะพบต้นไผ่และด้านข้างมีลำธารไหลผ่าน ต้นไผ่ต้นที่อยู่ใกล้ทางเดินพบรังต่อ 1 รัง จัดให้เป็นรังต่อรังที่ 3 ลักษณะของรังมีสีเหลือง — ครีม รังมีขนาด 20x28 เซนติเมตร ภายในรังมีจำนวน 8,661 ตัว ส่วนด้านล่างของรังจะมีรูเปิด ซึ่งรังต่อจะอยู่ประมาณกิ่งของต้นไผ่ที่อยู่เกือบปลายบนสุดของต้นไผ่ รังต่ออยู่สูงจากพื้นดิน 8 เมตร บริเวณที่พบรังต่อรังที่ 3 นี้จะพบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายจำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ตัวอย่างที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 โดยเริ่มพบตัวอย่างเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2545 โดยที่ตัวอย่างทั้ง 3 อยู่ห่างจากรังเป็นรัศมี 10 - 12 เมตร

จากการที่ได้นำรังต่อมาวัดขนาดและนับจำนวนประชากร โดยได้รับคำปรึกษาจากผู้ที่มีประสบการณ์การทำงานด้านตัวต่อหัวเสือ (ศิริณี พูนไชยศรี*, ติดต่อส่วนตัว) จึงได้ทำตามที่ได้รับคำแนะนำ โดยได้นำรังต่อที่ร้างรัง ซึ่งรังต่อนั้นอยู่บนกิ่งต้นไม้มาทำการวัดขนาดของรัง โดยวัดความกว้างและความยาวของรังต่อ รังที่เก็บลงมาวัดขนาดคือรังที่ 3 ซึ่งเป็นรังที่สร้างอยู่บนกิ่งไผ่ สามารถวัดขนาดของรังได้ 20x28 เซนติเมตร พร้อมทั้งกับนับจำนวนช่องเซลภายในรังต่อจะมีช่องเซลเป็นรูปหกเหลี่ยม ซึ่งในแต่ละ 1 ช่องเซลนั้นก็จะมี 1 ตัว (Anonymous, 2003) ซึ่งนับได้ 8,661 ช่องเซล

ในเดือนพฤษภาคม 2546 พบรังต่อจำนวน 1 รัง พบบริเวณทุ่งนาน้อย มีทุ่งหญ้าสลับกับป่าสน จัดเป็นรังที่ 4 รังต่ออยู่สูงจากพื้นดิน 20-25 เมตร แต่ปรากฏว่าไม่พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย ต่อมาพบรังต่อเพิ่มอีก 1 รัง ในเดือนเดียวกัน จัดเป็นรังที่ 5 รังต่ออยู่สูงจากพื้นดิน 25-30 เมตร (เกือบจะอยู่ปลายๆ ยอดต้นสนสามใบ) รังต่อรังนี้พบบริเวณป่าสนสามใบ ป่าเหียง ป่าก่อ ลักษณะของป่าจะเป็นเนินเขาเล็กๆ แต่ก็ไม่พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายเช่นกัน ลักษณะของรังต่อรังที่ 4 และ 5 ก็คล้ายๆ กับรังต่อทั้ง 3 รังที่กล่าวมาข้างต้น แต่ไม่สามารถวัดขนาดของรังต่อรังที่ 4 และ 5ได้ เนื่องจากว่ารังต่อนั้นอยู่สูงมาก รังต่อรังที่ 4 และ 5 อยู่ห่างกันประมาณ 1.5 กิโลเมตร และจากการสังเกตจำนวนประชากรของตัวต่อภายในรัง โดยใช้กล้องส่องทางไกล พบว่ารังต่อรังที่ 4 และ 5 จะพบจำนวนประชากรมากในเดือนมิถุนายน และรังเริ่มร้างในเดือนกันยายน ต่อมาในเดือนพฤศจิกายนตัวต่อออพยพไปอยู่ที่อื่น

ลักษณะของรังต่อทั้ง 5 รัง มีลักษณะดังนี้คือ รังมีผนังหุ้มเป็นเปลือกบาง ไม่มีส่วนผสมของดิน มีสีน้ำตาลแกมครีม ซึ่งน่าจะเกิดจากน้ำลายของตัวต่อที่ผสมกับเนื้อเยื่อไม้และในแต่ละชั้นของช่องเซลที่อยู่ภายในรังจะมีเยื่อชั้นบางๆ เชื่อมต่อระหว่างชั้นของช่องเซล ลักษณะของชั้นที่หุ้มรังมีลักษณะโอบล้อมกิ่งไม้เป็นชั้นๆ ตามแนวตั้งประมาณ 10 ชั้น

ต่อมาในวันที่ 21 สิงหาคม 2546 พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย 2 ตัวอย่าง กล่าวคือ 1 ตัวอย่างพบบริเวณกางเต็นท์ สามารถจัดจำแนกได้คือ *Ropalidia* spp. ภายในบริเวณที่พบตัวอย่างนั้นจะไม่พบรังต่อ และอีก 1 ตัวอย่างที่พบในป่าดิบเขาที่อยู่ลึก บริเวณเส้นทางสายโขดหินและเช่นเดียวกันคือบริเวณที่พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายจะไม่พบรังต่อแต่จะพบรังบริเวณจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเดินเข้าไปในเส้นทางสายโขดหิน รังจะอยู่บริเวณ

---

* กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จัตุจักร กรุงเทพฯ

เพลิงดินใกล้กับลำธารห้วยหญ้าเครือ รังมีขนาด 3.5 x 7.5 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อนับจำนวนช่องเซลภายในรังพบว่ามีจำนวน 146 ช่องเซล พร้อมกันนั้นได้นำตัวต่อที่ไม่ได้ถูกเชื้อราทำลายมาจัดจำแนก ซึ่งก็สามารถจำแนกได้ถึงระดับชนิด โดยความช่วยเหลือจาก Dr. Seiki Yamane คือ *Ropalidia rufocollaris*

1.2 ความสัมพันธ์ของตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายแมลงในแต่ละช่วงเวลา โดยเริ่มศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2545 — ธันวาคม 2546 พบว่า จากที่ได้สำรวจพบตัวต่อ (*Ropalidia* spp.) ที่ถูกเชื้อรา *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ทำลายเป็นจำนวนทั้งสิ้น 7 ตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งนับว่าเป็นตัวแทนที่ใช้ศึกษาน้อยมากและในขณะนี้ยังไม่สามารถวิเคราะห์ เปรียบเทียบปริมาณในแต่ละช่วงเดือนและฤดูกาลได้ ดังนั้นการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จึงยังต้องใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น สำหรับการพัฒนาขนาดของรังต่อนั้นไม่สามารถที่จะวัดได้ เนื่องจากว่าในตอนแรกที่ตัวต่อเริ่มสร้างรังนั้น ขนาดของรังมีขนาดเล็กมากประกอบกับรังต่อนั้นอยู่สูง แต่ก็ยังสามารถนับจำนวนประชากรของตัวต่อได้ โดยการนำรังต่อที่ร้างรังแล้วลงนับจำนวนช่องเซลภายในรัง ในส่วนของอัตราการถูกทำลายโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การตาย/รัง พบว่า รังที่ 1 และ 2 มีอัตราการตายเท่ากับ 0.007% และ 0.023% สำหรับรังที่ 3 เท่ากับ 0.034%

จากการศึกษาโดยอภิญญาและคณะ (2545) สามารถอธิบายปริมาณตัวต่อที่ถูกราทำลายในแต่ละเดือนดังปรากฏในภาพภาคผนวกที่ 3 และฤดูกาล (ภาพภาคผนวกที่ 4) เมื่อพิจารณารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างวงจรชีวิตของตัวต่อและเชื้อราที่เข้าทำลาย ซึ่งวงจรชีวิตของตัวต่อที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบนั้นจะใช้ตัวต่อในสกุล *Polistes* เพราะจากการรายงานของ Samson และคณะ (1988) พบว่า เชื้อรา *H. saussurei* เข้าทำลายต่อแตน ในสกุลดังกล่าว ประกอบกับต่อสกุลนี้อยู่ใน Subfamily เดียวกันกับตัวต่อสกุล *Ropalidia* คือ Subfamily Polistinae ซึ่ง Wilson (1971) กล่าวว่า วงจรชีวิตของตัวต่อ *Polistes fuscatus* นั้น นับจากระยะไข่จนกระทั่งถึงตัวเต็มวัยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 48 วัน และรังต่อนั้นจะเริ่มสร้างรังในฤดูร้อน ดังนั้นจึงสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราและตัวต่อได้ว่า ตัวต่อสกุล *Ropalidia* น่าจะมีการสร้างรังในช่วงเดือนเมษายน ต่อจากนั้นเมื่อเข้าสู่เดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม เป็นช่วงที่พบตัวต่อระยะตัวเต็มวัยในปริมาณมาก ต่อมาในเดือนสิงหาคม 2542 (ภาพภาคผนวกที่ 3) จึงเริ่มพบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย หลังจากนั้นในเดือนกันยายน - ตุลาคม เป็นช่วงที่พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายมาก ต่อมาเมื่อเข้าสู่เดือนพฤศจิกายน — มีนาคม ในปีถัดไปก็จะพบตัวอย่างน้อยหรือแทบจะไม่พบตัวอย่างเลย เนื่องจากว่าในช่วงตอนปลายการศึกษา (25 พฤษภาคม 2543) เจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติน้ำหนาวได้กำจัดวัชพืชและตัดต้นไม้ขนาดเล็กบริเวณหลังศูนย์บริการนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับรังต่อ *Icaria* sp. อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ต่อแตกรังไป ส่งผลให้การสำรวจพบตัวอย่างที่ถูกเชื้อราทำลายน้อยลงในช่วงปลายการศึกษาครั้งนี้

1.3 ช่วงอายุขัย (longevity) ของเชื้อราในสภาพธรรมชาติ จากผลการสำรวจพบอยู่ในขณะนี้มีเพียง 7 ตัวอย่าง (พฤศจิกายน 2545 — ธันวาคม 2546 ; 1 ปี 1 เดือน) ดังตารางภาคผนวกที่ 1 โดยนำรูปแบบพัฒนาการที่เหมือนกับการศึกษาที่ผ่านมา (กันยายน 2542 — กุมภาพันธ์ 2544; 1 ปี 5 เดือน) เปรียบเทียบระยะเวลาการเปลี่ยนรูปแบบ (ตารางที่ 1)

สำหรับรูปแบบพัฒนาการในแต่ละช่วงฤดูกาลนั้น พบว่าเฉพาะเชื้อ *Hirsutella sausurei* มีจำนวนรูปแบบพัฒนาการในฤดูฝนเท่ากับในฤดูหนาวแต่มากกว่าฤดูร้อน ส่วนเชื้อ *H. saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti* มีจำนวนรูปแบบพัฒนาการในฤดูฝนมากกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อน แต่เชื้อ *C. humberti* ไม่พบรูปแบบพัฒนาการ เนื่องจากว่าตัวต่อไปย่อยสลายก่อนที่เชื้อจะพัฒนาไปจนถึงระยะสุดท้าย

ตารางที่ 1 รูปแบบพัฒนาการที่เหมือนกันของเชื้อราทำลายตัวต่อ (*Ropalidia* spp.) ในช่วงระยะเวลาต่างกัน

ส่วนที่เหมือนกัน (รูปแบบพัฒนาการ)	ระยะเวลาในการเปลี่ยนรูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา	
	จากข้อมูลที่ศึกษาผ่านมา (1 ปี 5 เดือน)	ปัจจุบัน (1 ปี 1 เดือน)
1. รูปแบบจากไม่พบเชื้อราเจริญบนตัวแมลงจนพัฒนาไปเป็นรูปแบบที่มีการสร้าง anamorph	1. 3-78 วัน	1. 13-24 วัน
2. รูปแบบพัฒนาการจากระยะ anamorph พัฒนาไปเป็น teleomorph	2. 4-177 วัน	2. 6-201 วัน
3. รูปแบบพัฒนาการจากระยะ anamorph ไปจนกระทั่งตัวอย่างนั้นย่อยสลาย	3. 4-342 วัน	3. 33-303 วัน

จากตารางจะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปแบบนั้นจะใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก ถึงแม้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาจะแตกต่างกันก็ตาม และพบว่าช่วงอายุขัยของเชื้อ *Cordyceps humberti* จะใช้เวลายาวนานเป็นปี นั่นก็แสดงให้เห็นว่าเชื้อรานั้นสามารถเข้าทำลายตัวต่อได้ในช่วงบางเวลาของปี

2. การแยกเชื้อราที่ทำลายแมลงให้บริสุทธิ์ โดยออกสำรวจเชื้อราทำลายแมลงและแมงมุมภายในบริเวณต่างๆ ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ดังตารางภาคผนวกที่ 2-4 ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 – กันยายน 2546 พบตัวอย่างทั้งหมด 202 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่พบนั้นสามารถแยกเชื้อราได้จาก 55 ตัวอย่าง 27 isolates จากเชื้อรา 7 สกุล 7 ชนิด ได้แก่ *Akanthomyces* sp., *Gibellula*

pulchra, *Gibellula* sp., *Hirsutella nivea*, *H. saussurei*, *Hymenostilbe dipterigena*, *Hypocrella* sp., *Hypocrella scutata*, *Paecilomyces* cf. *javanicus*, *Paecilomyces* sp. และ *Torrubiella hemipterigena* แต่เชื้อ *Cordyceps humberti* ยังไม่สามารถทำการแยกเชื้อได้

สรุปและวิจารณ์ผล

1. นิเวศวิทยาของรา *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ

1.1 การกระจายของเชื้อรา *C. humberti* และ *H. saussurei* ที่ทำลายตัวต่อในสภาพธรรมชาติ

รังต่อรังที่ 1 พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายจำนวน 2 ตัวอย่าง เมื่อเดือนสิงหาคม 2545 ซึ่งพบบริเวณที่กางเต็นท์ด้านทิศตะวันออกของที่ทำการศูนย์บริการนักท่องเที่ยว พบรังต่ออยู่บนต้นสน 3 ใบ รังจะแขวนอยู่บริเวณกิ่งของต้นสนประมาณกลางต้นสนสูงจากพื้นดิน 11 เมตร และต้นสนที่พบรังต่อนั้นจะอยู่ติดทางเดิน ตัวอย่างตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายนั้นเมื่อนำมาจำแนกระดับชนิดของตัวต่อ คือ *Ropalidia aristocratica*

รังต่อรังที่ 2 พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย 2 ตัวอย่าง เมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2545 พบบริเวณด้านหลังของบ้านพักรับรองที่ 2 รังต่อพบบนต้นสน 3 ใบ ซึ่งรังต่อจะอยู่ประมาณกลางต้นสนสูงจากพื้นดิน 15 เมตร ซึ่งตัวอย่างทั้ง 2 นั้นอยู่ห่างจากรังเป็นรัศมี 2-3 เมตร

รังต่อรังที่ 3 พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย 3 ตัวอย่าง เมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน 2545 พบบริเวณต้นไผ่ใกล้ๆกับลำธารน้ำ รังต่อพบบนกิ่งของต้นไผ่ที่อยู่เกือบปลายบนสุดของต้น ซึ่งสูงจากพื้นดิน 8 เมตร และตัวอย่างทั้ง 3 อยู่ห่างจากรังเป็นรัศมี 10 - 12 เมตร

รังต่อรังที่ 4 ไม่พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย พบเฉพาะรังต่อซึ่งแขวนอยู่บนต้นสนสามใบ ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 20-25 เมตร บริเวณที่พบรังต่อ คือ บริเวณทุ่งนาน้อย

รังต่อรังที่ 5 ไม่พบตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย พบเฉพาะรังต่ออยู่บนต้นสนสามใบ ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 25-30 เมตร พบบริเวณป่าสนสามใบ ป่าเหียง ป่าก่อ

รังต่อที่พบทั้ง 5 รังนั้น พบได้ในบริเวณที่เป็นรอยต่อระหว่างป่าสนเขากับป่าดงดิบเขาหรือบริเวณป่าสองป่าที่มาบรรจบกัน ซึ่งบริเวณนี้มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 800 เมตร ต้นไม้ที่พบภายในบริเวณนั้นได้แก่ ไม้สนเขา ไม้ก่อ ไม้เหียง และมีต้นไผ่อยู่บริเวณริมน้ำ มีทุ่งหญ้าลักษณะเป็นป่าโปร่ง และป่าดงดิบเขาพบต้นไม้หลายชนิด ได้แก่ ไม้ก่อ มะไฟป่า ต้นไทร ไม้เลื้อย และเถาวัลย์ต่างๆ เป็นต้น โดยนิรนาม (2546a) กล่าวว่าต้นสนสามใบ (*Pinus kesiya*) หรือชื่อท้องถิ่นที่เรียกว่า เกี๊ยะ แปก สนเขา โดยมีลักษณะของลำต้นที่มีอายุมากๆ จะมีความสูงโดยเฉลี่ย 25-30 เมตร และนิรนาม (2546b) ยังกล่าวอีกว่าป่าสนนั้นมักพบกระจายทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงใต้ ที่สูงจากระดับน้ำทะเล 200 — 1,600 เมตร พรรณไม้ที่ขึ้นมีไม่มากชนิดมีสนสองใบกับสนสามใบเป็นหลัก นอกจากนั้นก็มี ไม้เหียง ไม้พลวง ก่อ กำยาน ไม้เหมือด พืชชั้นล่างมักเป็นพวกหญ้าต่างๆ และพืชกินแมลงบางชนิด

นอกจากนั้นยังพบราทำลายตัวต่อเพิ่มอีก 2 ตัวอย่าง กล่าวคือ 1 ตัวอย่าง พบบริเวณที่กางเต็นท์ และอีก 1 ตัวอย่างพบในป่าดิบเขา ซึ่งจะพบรังต่อด้วย เมื่อนำมาจำแนกชนิดของตัวต่อ คือ *Ropalidia rufocollaris*

1.2 ความสัมพันธ์ของตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลายแมลงในแต่ละช่วงเวลา

พบจำนวนตัวต่อที่ถูกเชื้อราทำลาย 7 ตัวอย่าง ซึ่งนับว่าเป็นตัวแทนที่ใช้ศึกษาน้อยมากและในขณะนี้ยังไม่สามารถวิเคราะห์ เปรียบเทียบปริมาณในแต่ละช่วงเดือนและฤดูกาลได้ ดังนั้นการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จึงยังต้องใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของอัตราการถูกทำลาย พบว่า รังที่ 1 และ 2 มีอัตราการตายเท่ากับ 0.007% และ 0.023% สำหรับรังที่ 3 เท่ากับ 0.034% ตามลำดับ

1.3 ช่วงอายุขัย (longevity) ของเชื้อราในสภาพธรรมชาติ

แต่ละช่วงฤดูกาลนั้น พบว่าเฉพาะเชื้อ *Hirsutella sausurei* มีจำนวนรูปแบบพัฒนาการในฤดูฝนเท่ากับในฤดูหนาวแต่มากกว่าฤดูร้อน ส่วนเชื้อ *H. saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti* มีจำนวนรูปแบบพัฒนาการในฤดูฝนมากกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อน แต่เชื้อ *C. humberti* ไม่พบรูปแบบพัฒนาการ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา โดยอภิญญาและคณะ (2545) รายงานว่า เชื้อ *H. saussurei* มีจำนวนรูปแบบพัฒนาการในฤดูฝนมากกว่าในฤดูหนาวและฤดูร้อน และเชื้อ *C. humberti* มีจำนวนรูปแบบพัฒนาการในฤดูหนาวเท่ากับฤดูร้อน แต่ไม่พบในฤดูฝน (ตารางภาคผนวกที่ 5)

สำหรับการศึกษาครั้งนี้นับว่าเป็นรูปแบบเบื้องต้นด้านนิเวศวิทยาของเชื้อรา *C. humberti* และ *H. saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ (*Ropalidia* spp.) ในสภาพธรรมชาติ ถึงแม้ว่าตัวอย่างที่พบนั้นจะพบในปริมาณที่น้อยกว่าที่ผ่านมา แต่นั่นก็ไม่ใช่ว่าเป็นการล้มเหลวของการศึกษา เพราะการศึกษาในสภาพธรรมชาตินั้นจะต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวประกอบในการเกิดโรคในแมลง ดังเช่น ตัวต่อ ซึ่งจะเป็นแมลงอาศัยที่ดีของรา อุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น รวมทั้งยังเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษา ติดตามวงจรชีวิตของเชื้อราทำลายแมลงชนิดอื่นๆ ในสภาพธรรมชาติได้อีกด้วย

2. การแยกเชื้อราที่ทำลายแมลงให้บริสุทธิ์

จากตัวอย่างทั้งหมด 202 ตัวอย่าง สามารถแยกเชื้อราได้จาก 55 ตัวอย่าง 27 isolates จากเชื้อรา 7 สกุล 7 ชนิด ได้แก่ *Akanthomyces* sp., *Gibellula pulchra*, *Gibellula* sp., *Hirsutella nivea*, *H. saussurei*, *Hymenostilbe dipterigena*, *Hypocrella* sp., *Hypocrella scutata*, *Paecilomyces* cf. *javanicus*, *Paecilomyces* sp. และ *Torrubiella hemipterigena* แต่เชื้อ *Cordyceps humberti* ไม่สามารถแยกเชื้อได้ เนื่องจากว่าตัวอย่างมีในปริมาณน้อย และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ศึกษาช่วงอายุขัยในสภาพธรรมชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ธนโรจน์ โพธิสาร (บรรณาธิการ). 2544. อุทยานแห่งชาติในประเทศไทย. ส่วนอุทยานแห่งชาติ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้: กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2546a. Cited 9 July 2003. URL:http://www.thailandgeographic.com/flora/tree/pinus-kesiya-royal-ex-gordon.html

นิรนาม. 2546b. ป่าไม้เมืองไทย. Cited 28 August 2003. URL: http://www.trekkingthai.com/forest/forest.html

ศิริณี พูนไชยศรี. 2530. "ต่อ" เหมือนกัน แต่ไม่เหมือนกัน. วารสารกีฏและสัตววิทยา 9(4) : 231-234.

องุ่น ลิ่ววานิช และ สุระ พิมพะสาลี. 2545. ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลง, หน้า 95-118. ใน 1/ กำธร ธีรคุปต์ และคณะ (บรรณาธิการ), ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (สบวท.) — Learn Online : กรุงเทพฯ.

อภิญญา วงษ์แก้ว ศิวิลัย สิริมังครารัตน์ ไนเจล ไฮเวล-โจนส์ และวีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์. 2545. ความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราที่ทำลายแมลงในเขตอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว. วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 369.

Anonymous. 2003. Insect identification and advice. (cited 25 July 2003) Available from: URL:http://www.ento.csiro.au/insect_id/wasp/paper_wasp.html

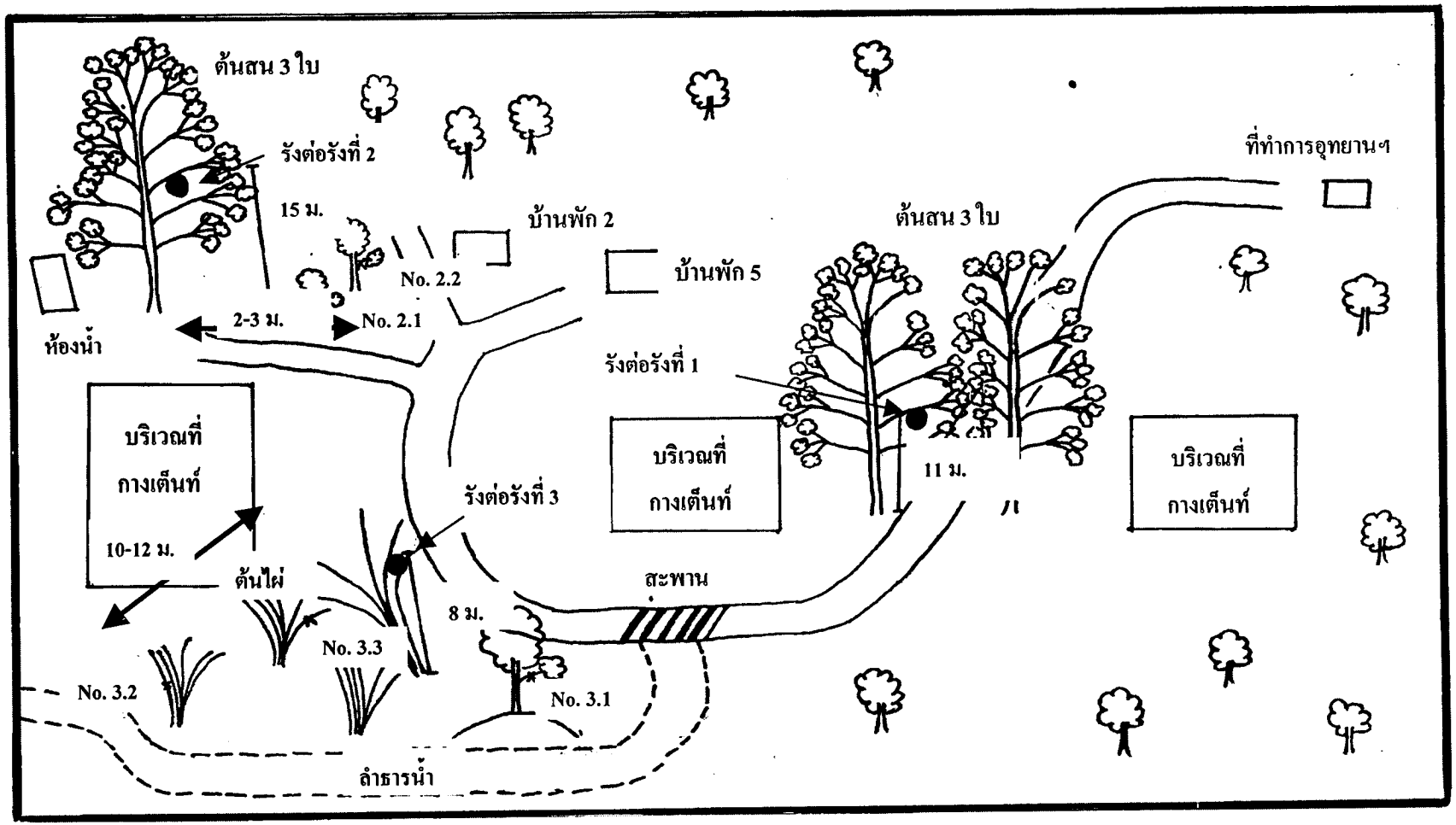
LaSalle, J., and Gauld, I.D. 1993. Hymenoptera: their diversity and their impact on the diversity of other organism, pp. 1-26. In 1/ LaSalle, J., and Gauld, J.D. (eds.), Hymenoptera and biodiversity. CAB International: UK.

Samson, H.C. Evans, and J.-P. Latge. 1988. Atlas of entomopathogenic fungi. Springer-Verlag: Utrecht.

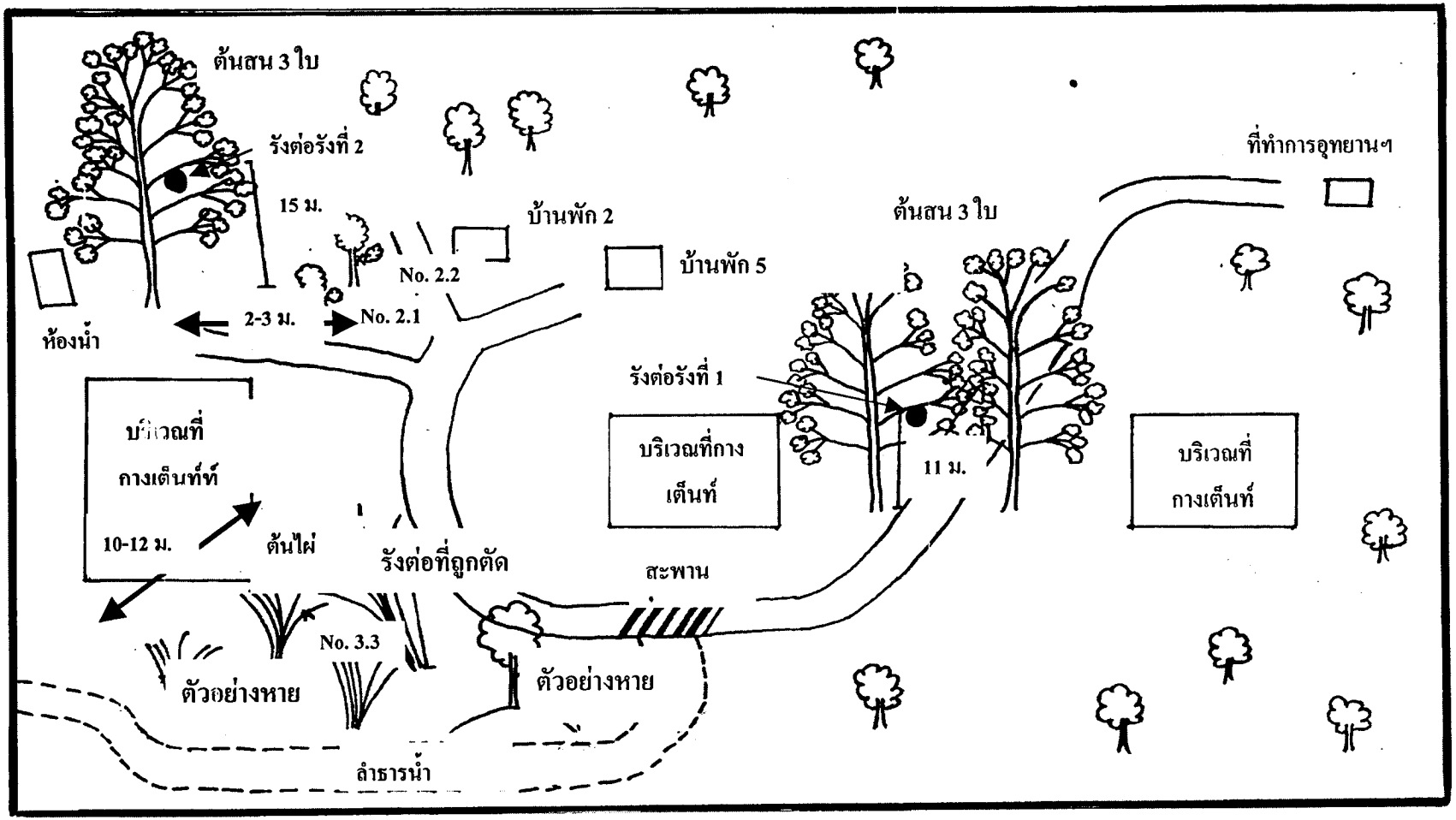
Vecht, J. Van Der. 1941. The Indo-Australian species of the genus Ropalidia (=Icaria) (Hym., Vespidae) (first part). Treubia Deel. 18 : 103-190.

Wilson, E.O. 1971. The insect societies. The Belknap Press of Harvard University Press: United States of America.

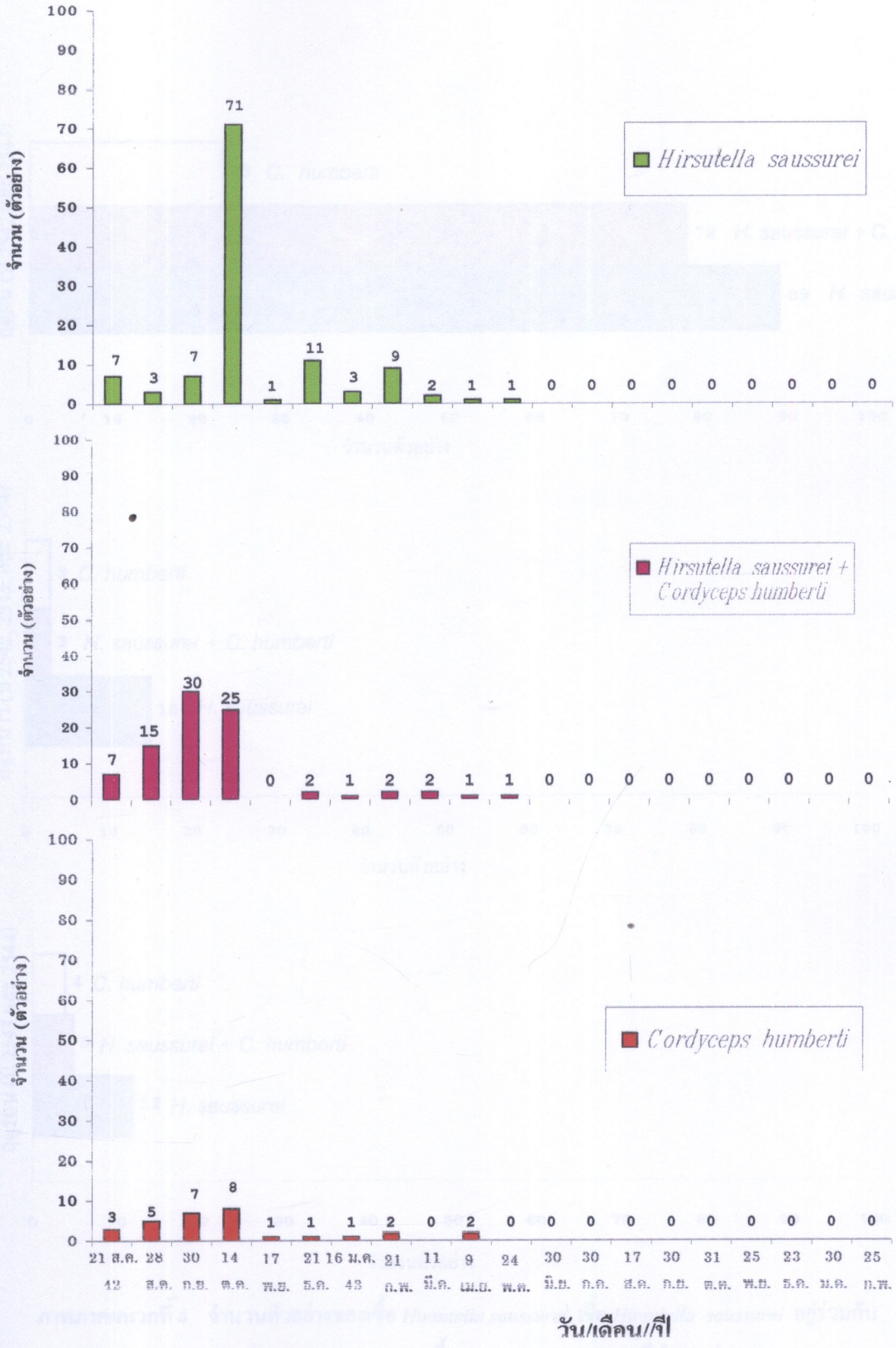
ภาคผนวก



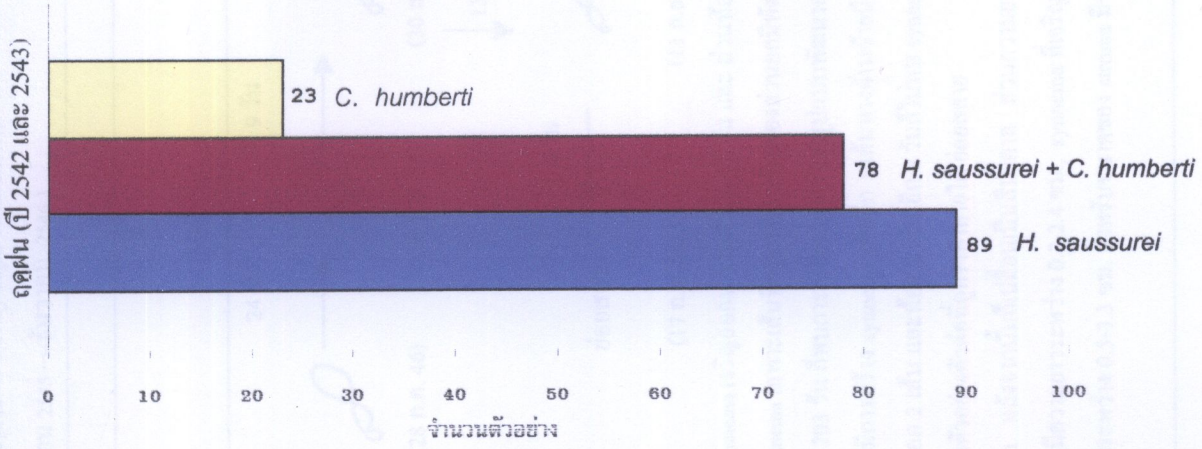
ภาพภาคผนวกที่ 1 แผนที่ระบบนิเวศการกระจายของราทำลายแมลง *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ *Ropalidia* spp. ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม 2545

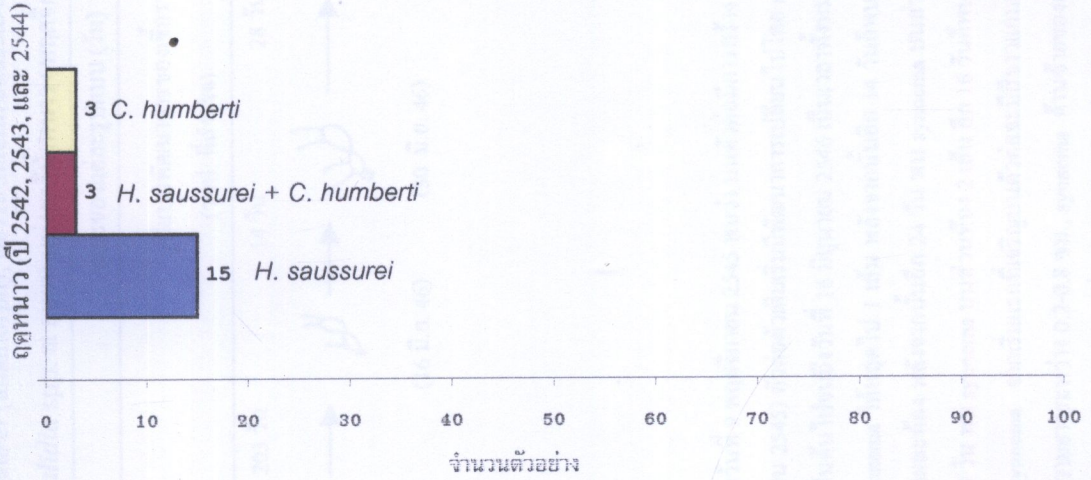


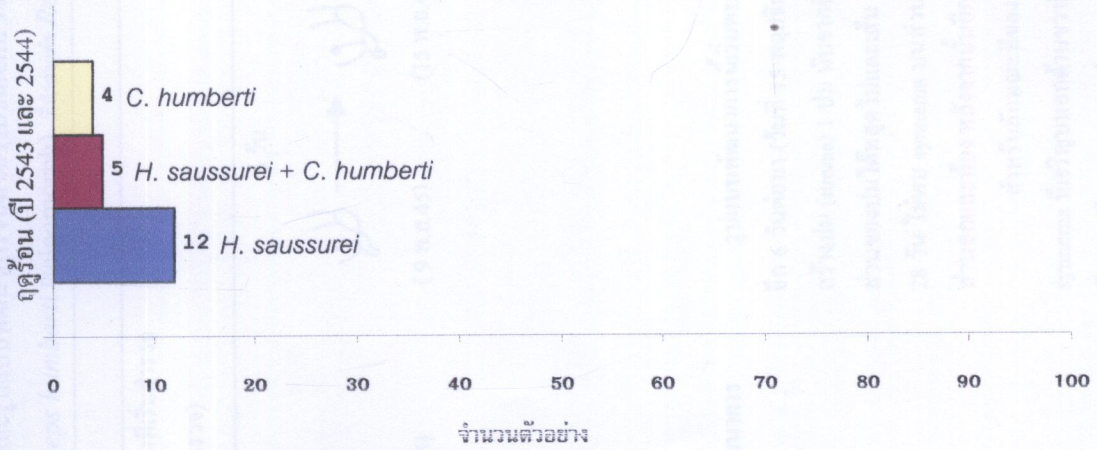
ภาพภาคผนวกที่ 2 แผนที่ระบบนิเวศการกระจายของราทำลายแมลง *Cordyceps humberti* และ *Hirsutella saussurei* ที่ทำลายตัวต่อ *Ropalidia* spp. ในระหว่างช่วงเดือน มกราคม – กันยายน 2546



ภาพภาคผนวกที่ 3 การกระจายของเชื้อ *Hirsutella saussurei*, เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (21 สิงหาคม 2542 - 25 กุมภาพันธ์ 2544)

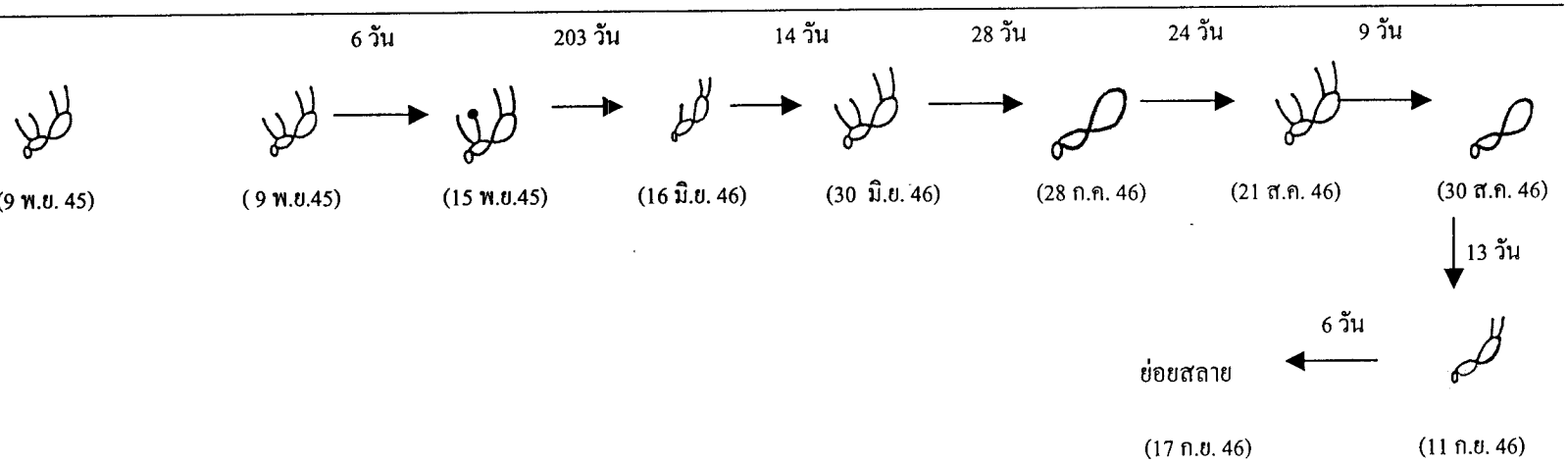






ภาพภาคผนวกที่ 4 จำนวนตัวอย่างของเชื้อ *Hirsutella saussurei*, เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ระหว่างฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน (21 สิงหาคม 2542- 25 กุมภาพันธ์ 2544)

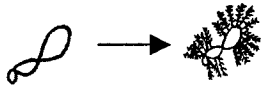
ตารางภาคผนวกที่ 1 ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546)

ตัวอย่างลำดับที่	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน)	
	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วดป. ที่สำรวจ)	รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วดป. ที่สำรวจ)
1		

บรรยายรูปแบบพัฒนาการ รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบในวันที่ 9 พฤศจิกายน 2545 พบว่า บนตัวต่อมีการสร้าง synnema เจริญออกมาจากส่วนอก 2 อัน และ ส่วนท้อง 2 อัน อีก 6 วันต่อมา (วันที่ 15 พฤศจิกายน 2545) ตัวต่อตัวเดิมเริ่มมีพัฒนาการเปลี่ยนไปโดย synnema เฉพาะเส้นที่อยู่ทางด้านซ้ายของส่วนอกมีพัฒนาการสร้างปม (stroma) 1 ปม นับจากนี้เป็นต้นไปจนถึงวันที่ 16 มิถุนายน 2546 เป็นเวลาทั้งหมด 203 วัน ก็พบการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบพัฒนาการ โดยส่วนของปมได้หลุดไปและเส้น synnema ได้หลุดไป 1 เส้น หลังจากนั้นอีก 14 วันก็พบว่ามีการสร้าง synnema เพิ่มอีก 1 เส้นทางด้านซ้ายมือ ต่อมา 28 วัน ไม่พบ synnema บนส่วนอกและท้อง หลังจากนั้นอีก 24 วัน พบ synnema บนส่วนอก 2 เส้น และท้อง 2 เส้น อีก 9 วันก็ไม่พบ synnema ทั้งส่วนอกและท้อง หลังจากนั้นอีก 13 วัน พบ synnema บนส่วนท้อง 2 เส้น อีก 16 วันก็พบว่าตัวอย่างตัวต่อที่ถูกราทำลายได้ ย่อยสลาย

สำหรับลักษณะสีของ synnema จากเริ่มแรกที่เจริญบนตัวต่อจะมีสีขาวแกมเทา หลังจากนั้นก็เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ส่วนความยาวพบว่า synnema ที่เจริญบนอกด้านขวามีความยาวระหว่าง 0.2-0.8 ซม., synnema ด้านซ้ายของอกมีความยาวระหว่าง 0.2-2.4 ซม., synnema ที่เจริญบนท้องด้านขวามีความยาวระหว่าง 0.6-3.4 ซม. และ synnema ที่เจริญบนท้องด้านซ้าย มีความยาวระหว่าง 0.5-3.3 ซม. สำหรับขนาดของ stroma มีขนาดในช่วงระหว่าง 0.2-1.0 x 1.0-3.0 ซม. มีสีน้ำตาลเข้ม

ตารางภาคผนวกที่ 1 ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546) (ต่อ)

ตัวอย่างลำดับที่	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วคป. ที่สำรวจ)	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน) รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วคป. ที่สำรวจ)
2	(9 พ.ย. 45)	19 วัน 262 วัน  ย่อยสลาย (9 พ.ย.45) (28 พ.ย.45) (18 ส.ค. 46)

บรรยายรูปแบบพัฒนาการ รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบในวันที่ 9 พฤศจิกายน 2545 พบว่า บนตัวต่อไม่มีเส้นใยของเชื้อราเจริญ ต่อมาอีก 19 วัน (วันที่ 28พฤศจิกายน 2545) พบว่าตัวต่อมีการสร้าง synnema เป็นเส้นเจริญออกมาจากส่วนหัว อก และท้อง ส่วนของ synnema มีการแตกแขนงเป็นเส้นเล็กๆ สีของ synnema มีสีน้ำตาล แต่ไม่สามารถวัดความยาวของ synnema ได้ เนื่องจากว่า synnema มีลักษณะการแตกแขนงเป็นกระจุก หลังจากนั้นอีก 262 วัน ตัวต่อที่ถูกราทำลายได้ย่อยสลาย

ตารางภาคผนวกที่ 1 ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti,* และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546) (ต่อ)

ตัวอย่างลำดับที่	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วคป. ที่สำรวจ)	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน)		
				รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วคป. ที่สำรวจ)
		74 วัน		
3	(28 พ.ย. 45)	(28 พ.ย.45)	→	ย่อยสลาย (10 ก.พ.46)

บรรยายรูปแบบพัฒนาการ

รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2545 พบว่า บนตัวต่อมีการสร้าง synnema เจริญออกมาจากส่วนอก 2 อัน และท้อง 2 อัน หลังจากนั้นอีก 74 วัน (วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2546) ตัวต่อที่ถูกราทำลายได้ย่อยสลาย

ส่วนในด้านความยาวของ synnema พบว่า synnema ที่เจริญบนส่วนอกด้านขวามีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.9 – 2.2 ซม., synnema ที่เจริญบนส่วนอกด้านซ้ายมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.8 – 2.3 ซม., synnema ที่เจริญบนส่วนท้องด้านขวามีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 2.0 – 3.1 ซม., synnema ที่เจริญบนส่วนท้องด้านซ้ายมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 1.8 – 3.2 ซม. และลักษณะสีของ synnema มี สีน้ำตาล

ตารางภาคผนวกที่ 1 ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti,* และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546) (ต่อ)

ตัวอย่างลำดับที่	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน)				
	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วคป. ที่สำรวจ)	รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วคป. ที่สำรวจ)			
		39 วัน	42 วัน		
4	(28 พ.ย. 45)	(28 พ.ย.45)	→ (6 ม.ค.46)	→ ย่อยสลาย (17 ก.พ.46)	
	บรรยายรูปแบบพัฒนาการ	รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2545 พบว่า บนตัวต่อมีการสร้าง synnema เจริญออกมาจากส่วนอก 2 อัน และท้อง 1 อัน ส่วนในด้านความยาวของ synnema ที่เจริญอยู่บนส่วนอกด้านขวานั้นมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 1.1 – 2.2 ซม., synnema ที่เจริญอยู่บนส่วนอกด้านซ้ายมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 1.2 – 2.2 ซม. และ synnema ที่เจริญอยู่ที่ส่วนท้องมีความยาวในช่วงระหว่าง 3.1 – 5.0 ซม. ต่อจากนั้นเป็นเวลา 39 วัน พบว่ารูปแบบพัฒนาการได้มีการเปลี่ยนแปลงคือ synnema ที่เจริญบนส่วนอกด้านขวา 1 อันได้หลุดออกจากตัวต่อ ดังนั้นจึงพบ synnema ที่เจริญบนส่วนอกด้านซ้าย 1 อัน และท้อง 1 อัน เหมือนเดิม ลักษณะสีของ synnema มีสีน้ำตาล ต่อจากอีก 42 วัน คือวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2546 ตัวต่อที่ถูกราทำลายได้ย่อยสลาย			

ตารางภาคผนวกที่ 1 ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546) (ต่อ)

ตัวอย่างลำดับที่	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน)						
	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วคป. ที่สำรวจ)	รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วคป. ที่สำรวจ)					
		6 วัน	201 วัน	28 วัน	21 วัน		
5		→	→	→	→	ย่อยสลาย	
	(28 พ.ย. 45)	(28 พ.ย.45)	(4 ธ.ค.45)	(23มิ.ย.46)	(21 ก.ค. 46)	(11 ส.ค. 46)	

บรรยายรูปแบบพัฒนาการ รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2545 พบว่า บนตัวต่อมีการสร้าง synnema เจริญออกมาจากส่วนอก 2 อัน อีก 6 วัน (วันที่ 4 ธันวาคม 2545) พบว่า รูปแบบพัฒนาการมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการสร้าง synnema เจริญที่ส่วนท้อง 2 อัน หลังจากนั้นอีก 201 วันพบมีการสร้าง stroma บน synnema ทั้ง 2 เส้นที่อยู่บนส่วนอกทั้งด้านขวาและด้านซ้าย ต่อจากนั้นอีก 28 วัน ไม่พบ stroma บน synnema เส้นที่อยู่ด้านซ้าย จากนั้น 21 วันตัวต่อที่ถูกราทำลายย่อยสลาย

ส่วนในด้านความยาวของ synnema กล่าวคือ synnema ที่เจริญส่วนอกด้านขวามีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2 – 2.2 ซม., synnema ที่เจริญด้านซ้ายมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2 – 1.3 ซม., synnema ที่เจริญส่วนท้องด้านขวามีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.6 – 2.4 ซม. และ synnema ที่เจริญด้านซ้ายมีความยาวอยู่ในช่วงระหว่าง 0.4 – 2.1 ซม. ลักษณะของ synnema มีสีน้ำตาล สำหรับขนาดของ stroma มีขนาด 1 x 2 มม.

ตารางภาคผนวกที่ 1 **ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei*** (anamorph), **เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*,** และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546) (ต่อ)

ตัวอย่างลำดับที่	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน)		
	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วคป. ที่สำรวจ)	รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วคป. ที่สำรวจ)	
6	(21 ส.ค. 46)	131 วัน (21 ส.ค.46)	ย่อยสลาย (30 ธ.ค.46)

บรรยายรูปแบบพัฒนาการ รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบเมื่อในวันที่ 21 สิงหาคม 2546 พบว่ามีการเจริญของ synnema บนส่วนอกด้านขวา 1 เส้น ด้านซ้าย 1 เส้น และส่วนท้อง 1 เส้น ความยาวของ synnema เส้นที่อยู่ส่วนอกด้านขวามีความยาวระหว่าง 0.3-1.9 ซม. ด้านซ้าย 1.0-1.8 ซม. และส่วนท้อง 0.4-3.5 ซม. ลักษณะสีของ synnema มีสีขาว ต่อจากนั้นอีก 131 วัน ตัวต่อที่ถูกราทำลายได้ย่อยสลาย

ตารางภาคผนวกที่ 1 ช่วงอายุขัยในแต่ละรูปแบบพัฒนาการของเชื้อ *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อ *Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Ropalidia* spp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (พฤศจิกายน 2545 – ธันวาคม 2546) (ต่อ)

ตัวอย่างลำดับที่	รูปแบบของตัวอย่างที่เริ่มสำรวจ (วคป. ที่สำรวจ)	ระยะของแต่ละรูปแบบ (วัน) รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา (วคป. ที่สำรวจ)
7	(21 ส.ค. 46)	(21 ส.ค.46) 33 วัน ⟶ ย่อยสลาย (23 ก.ย.46)

บรรยายรูปแบบพัฒนาการ รูปแบบพัฒนาการนี้เริ่มพบในวันที่ 21 สิงหาคม 2546 พบมีการสร้าง synnema เป็นเส้นเจริญออกมาจากส่วนหัว อก และท้อง ส่วนของ synnema มีการแตกแขนงเป็นเส้นเล็กๆ สีของ synnema มีสีน้ำตาล แต่ไม่สามารถวัดความยาวของ synnema ได้ เนื่องจากว่า synnema มีลักษณะการแตกแขนงเป็นกระจุก หลังจากนั้นอีก 33 วัน ตัวต่อที่ถูกราทำลายได้ย่อยสลาย

ตารางภาคผนวกที่ 2 จำนวนและชนิด (species) ของเชื้อราทำลายแมลงที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 - กันยายน 2546

ลำดับที่	ชนิดเชื้อรา	แมลงอาศัย				รวม (ตัวอย่าง)	บริเวณที่สำรวจภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว										
		อันดับ	วงศ์	สกุล	ชนิด		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	*Akanthomyces pistillariiformis*	Lepidoptera	Lymantriidae	*Pantana*	sp.	4	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2	*Cordyceps dipterigena*	Diptera	-	-	-	3	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
3	*Cordyceps humberti*	Hymenoptera	Vespidae	*Ropalidia*	*aristocratica*	2	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	*Cordyceps irangiensis*	Hymenoptera	Formicidae	*Polyrhachis*	spp.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
5	*Cordyceps myrmecophila*	Hymenoptera	Formicidae	*Polyrhachis*	spp.	13	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
6	*Cordyceps nutans*	Hemiptera	-	-	-	5	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
7	*Cordyceps unilateralis*	Hymenoptera	Formicidae	*Camponotus*	spp.	19	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-
8	*Hirsutella formicarum*	Hymenoptera	Formicidae	*Camponotus*	spp.	20	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
9	*Hirsutella nivea*	Homoptera	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	*Hirsutella saussurei*	Hymenoptera	Vespidae	*Ropalidia*	*aristocratica*	4	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	*Hymenostilbe aurantiaca*	Hymenoptera	Formicidae	*Polyrhachis*	spp.	8	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-
12	*Hymenostilbe dipterigena*	Diptera	-	-	-	4	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
13	*Hymenostilbe nutans*	Hemiptera	-	-	-	2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	*Hymenostilbe ventricosa*	Orthoptera	Blattidae	-	-	2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ [1] เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติห้วยหญ้าเครือ

[2] บริเวณกางเต็นท์

[3] เส้นทางโขดหิน

[4] บ้านพักหลัง 2

[5] ตาดใหญ่ พรมซ้ง

[6] ด่านช้างผ่าน

[7] โป่งสัตว์ป่า

[8] โขดหิน-ดงมะไฟ

[9] ทุ่งนาน้อย

[10] ป่าสน

[11] จุดบริการนักท่องเที่ยว

+ = พบ - = ไม่พบ

ตารางภาคผนวกที่ 2 จำนวนและชนิด (species) ของเชื้อราทำลายแมลงที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 - กันยายน 2546

(ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดเชื้อรา	แมลงอาศัย				รวม (ตัวอย่าง)	บริเวณที่สำรวจภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว										
		อันดับ	วงศ์	สกุล	ชนิด		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	*Hypocrella scutata*	Homoptera	Coccidae	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
16	*Paecilomyces tenuipes*	Lepidoptera	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	*Torrubiella* cf. *pruinosa*	Homoptera	-		-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
18	*Torrubiella hemipterigena*	Homoptera	Cicadellidae	-	-	4	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
19	*Verticillium hemipterigena*	Homoptera	Cicadellidae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
รวม	19	6	6	4	1	96											

หมายเหตุ

[1] เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติห้วยหญ้าเครือ

[2] บริเวณกางเต็นท์

[3] เส้นทางโขดหิน

[4] บ้านพักหลัง 2

[5] ตาดใหญ่ พรมช้าง

[6] ด่านช้างผ่าน

[7] โป่งสัตว์ป่า

[8] โขดหิน-ดงมะไฟ

[9] ทุ่งนาน้อย

[10] ป่าสน

[11] จุดบริการนักท่องเที่ยว

+ = พบ - = ไม่พบ

ตารางภาผนวกที่ 3 จำนวนและสกุล (genus) ของเชื้อราทำลายแมลงที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 - กันยายน 2546

ลำดับที่	ชนิดเชื้อรา	แมลงอาศัย				รวม (ตัวอย่าง)	บริเวณที่สำรวจภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว										
		อันดับ	วงศ์	สกุล	ชนิด		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	*Akanthomyces* sp.	Homoptera	-	-	-	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2	*Aschersonia* sp.	Homoptera	Coccidae	-	-	10	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
3	*Cordyceps* sp.	Hymenoptera	Formicidae	*Polyrhachis*	*armata*	39	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-
		Lepidoptera	-	-	-	8	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
4	*Hirsutella* sp. on wasp	Hymenoptera	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
5	*Hymenostilbe* sp.	Hymenoptera	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
		Diptera	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
6	*Hypocrella sp.*	Homoptera	Coccidae	-	-	8	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+
7	*Paecilomyces* sp.	Lepidoptera	-	-	-	6	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
		unidentified	-	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	7	4	2	1	1	77											

หมายเหตุ

[1] เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติห้วยหญ้าเครือ

[2] บริเวณกางเต็นท์

[3] เส้นทางโขดหิน

[4] บ้านพักหลัง 2

[5] ตาดใหญ่ พรมซ้ง

[6] ด่านช้างผ่าน

[7] โป่งสัตว์ป่า

[8] โขดหิน-ดงมะไฟ

[9] ทุ่งนาน้อย

[10] ป่าสน

[11] จุดบริการนักท่องเที่ยว

+ = พบ - = ไม่พบ

ตารางภาคผนวกที่ 4 จำนวนชนิดและสกุลของเชื้อราทำลายแมงมุมที่สำรวจพบในบริเวณต่างๆ ภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2545 - กันยายน 2546

ลำดับที่	ชนิดเชื้อรา	รวม (ตัวอย่าง)	บริเวณที่สำรวจภายในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว[1]										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	*Akanthomyces arachophilus*	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	*Gibellula pulchra*	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	*Paecilomyces* cf. *javanicus*	2	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
4	*Akanthomyces* sp.	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	*Cordyceps* sp.	2	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
6	*Gibellula* sp.	18	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-
7	*Paecilomyces* sp.	4	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
รวม	-	29											

หมายเหตุ

[1] เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติห้วยหญ้าเครือ

[2] บริเวณกางเต็นท์

[3] เส้นทางโขดหิน

[4] บ้านพักหลัง 2

[5] ตาดใหญ่ พรมซ้ง

[6] ด่านช้างผ่าน

[7] โป่งสัตว์ป่า

[8] โขดหิน-ดงมะไฟ

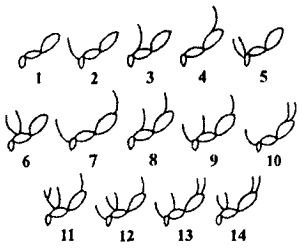
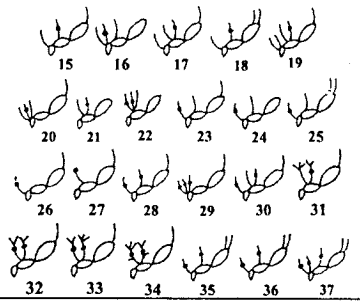
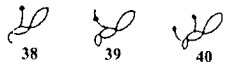
[9] ทุ่งนาน้อย

[10] ป่าสน

[11] จุดบริการนักท่องเที่ยว

+ = พบ - = ไม่พบ

ตารางภาคผนวกที่ 5 จำนวนและชนิดรูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อทั้ง 2 ระยะ (*Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti)*, และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ใน 3 ฤดู

ฤดูกาล	รูปแบบพัฒนาการ [1/] ของเชื้อรา *H. saussurei* (anamorph)	จำนวนรวม (รูปแบบ)	รูปแบบพัฒนาการ [2/] ของเชื้อราทั้ง 2 ระยะ (*H. saussurei* อยู่ร่วมกับ *C. humbert)*	จำนวนรวม (รูปแบบ)	รูปแบบพัฒนาการ [3/] ของเชื้อรา *C. humberti*(teleomorph)	จำนวนรวม (รูปแบบ)	ปมหรือ synnema หลุด [4/]	ตัวต่อและเชื้อรา ย่อยสลาย [5/]
		14		23		3		
ฤดูฝน (ก.ย. - ต.ค.42 และ พ.ค.- ต.ค 43)	1 2 3 6 7 8 9 11 12 13	10	15 16 17 20 22 23 26 28 29 30 31 32 33 34 35 36	16	-	-	41	42
ฤดูหนาว (พ.ย. 42 - ม.ค. 43 และ พ.ย. 43 - ม.ค. 44)	1 4 5 6 7 9 10 13	8	15 18 23 24 26 27 28	7	38 39	2	41	42
ฤดูร้อน (ก.พ.- เม.ย 43 และ ก.พ. 44)	1 2 4 5 9 14	6	19 21 28 34 37	5	38 40	2	41	-

[1/] รูปแบบพัฒนาการเฉพาะ anamorph รูปแบบที่ 1-14 [2/] รูปแบบพัฒนาการเฉพาะ anamorph อยู่ร่วมกับ teleomorph รูปแบบที่ 15-37

[3/] รูปแบบพัฒนาการเฉพาะ teleomorph รูปแบบที่ 38-40 [4/] รูปแบบพัฒนาการเฉพาะในระยะพักตัว ไม่จัดอยู่ในระยะ anamorp หรือ teleomorph รูปแบบที่ 41

[5/] รูปแบบพัฒนาการเฉพาะที่มีการย่อยสลาย ไม่จัดอยู่ในระยะ anamorp หรือ teleomorph รูปแบบที่ 42

ตารางภาคผนวกที่ 5 จำนวนและชนิดรูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อทั้ง 2 ระยะ(*Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*), และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ใน 3 ฤดู (ต่อ)

รูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา *Cordyceps humberti* (teleomorph) และ *Hirsutella saussurei* (anamorph) ที่พบบนตัวต่อ *Icaria* sp.

1 ไม่พบเส้นใยเจริญบนตัวต่อ

2 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน

3 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 1 อัน

4 Synnema เจริญออกมาจากส่วนท้องของต่อ 1 อัน

5 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 2 อัน

6 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน

7 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน และส่วนท้อง 1 อัน

8 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 1 อัน และส่วนท้อง 1 อัน

9 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน, ส่วนอก 1 อัน และส่วนท้อง 1 อัน

10 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน และส่วนท้อง 2 อัน

11 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน หนึ่งอันแตกเป็นง่ามที่ปลายเป็น 2 แฉก และส่วนท้อง 1 อัน

12 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน, ส่วนอก 2 อัน และส่วนท้อง 1 อัน

13 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน, ส่วนอก 1 อัน และส่วนท้อง 2 อัน

14 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน และส่วนท้อง 2 อัน

15 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน, ส่วนท้อง 1 อัน และส่วนอก 1 อัน พัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังอยู่ภายใน

16 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 3 อัน หนึ่งอันอยู่ตรงกลางพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน อีกอย่างละหนึ่งอันด้านขวาและด้านซ้ายไม่สร้างปม

17 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน ส่วนอก 2 อัน หนึ่งอันด้านขวาพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน อีกหนึ่งอันด้านซ้ายไม่สร้างปม และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

18 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน, ส่วนอก 1 อัน พัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 2 อัน ไม่สร้างปม

ตารางภาคผนวกที่ 5 จำนวนและชนิดรูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อทั้ง 2 ระยะ (*Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*), และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ใน 3 ฤดู (ต่อ)

19 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 2 อัน ส่วนอก 2 อัน หนึ่งอันด้านขวาพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน อีกหนึ่งอันด้านซ้ายไม่สร้างปม และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

20 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 3 อัน หนึ่งอันที่อยู่ตรงกลางพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน อีกอย่างละหนึ่งอันด้านขวาและด้านซ้ายไม่สร้างปม และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

21 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน หนึ่งอันด้านขวาพัฒนาเป็นปม และมี perithecium ฝังภายใน อีกหนึ่งอันด้านซ้ายไม่สร้างปม

22 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 3 อัน อันที่อยู่ด้านซ้ายและตรงกลางพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน อีกหนึ่งอันด้านขวาไม่สร้างปม

23 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน ส่วนอก 1 อันไม่สร้างปม และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

24 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนอก 1 อัน ไม่สร้างปม

25 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน, ส่วนอก1 อัน ไม่สร้างปม และส่วนท้อง 2 อันไม่สร้างปม

26 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

27 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

28 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวและอกของต่ออย่างละ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม(stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

29 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 3 อัน ทั้งสามอันพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 1 อันไม่สร้างปม

30 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน ส่วนอก 2 อัน หนึ่ง หนึ่งอันด้านขวาพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน อีกหนึ่งอันด้านซ้ายไม่สร้างปม และส่วนท้อง 1 อันไม่สร้างปม

31 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน หนึ่งอันด้านขวาพัฒนาเป็นปม และมี perithecium ฝังภายใน อีกหนึ่งอันด้านซ้ายไม่สร้างปม พร้อมกับส่วนปลายของ synnema ด้านขวาแตกเป็นง่าม 2 แฉก ด้านซ้ายแตกเป็นง่าม 3 แฉก และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

ตารางภาคผนวกที่ 5 จำนวนและชนิดรูปแบบพัฒนาการของเชื้อรา *Hirsutella saussurei* (anamorph), เชื้อทั้ง 2 ระยะ (*Hirsutella saussurei* อยู่ร่วมกับ *Cordyceps humberti*), และเชื้อ *Cordyceps humberti* (teleomorph) ที่ทำลายต่อ *Icaria* sp. ณ อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ใน 3 ฤดู (ต่อ)

32 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน ทั้งสองอันพัฒนาเป็นปม และมี perithecium ฝังภายใน พร้อมกับส่วนปลายของ synnema ด้านขวาแตกเป็นง่าม 3 แฉก ด้านซ้ายแตก เป็นง่าม 2 แฉก และส่วนท้อง 1 อัน ไม่สร้างปม

33 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน ทั้งสองอันพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน พร้อมกับส่วนปลายของ synnema ด้านขวาแตกเป็นง่าม 2 แฉก ด้านซ้ายแตกเป็นง่าม 3 แฉก ด้านขวาและด้านซ้ายพบว่า ด้านข้างแตกแขนงออกอีกข้างละ 1 อัน

35 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 1 อัน, ส่วนอก 1 อัน ทั้งสองอันพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 2 อัน ไม่สร้างปม

36 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 2 อัน ทั้งสองอันพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน ส่วนท้อง 2 อัน ไม่สร้างปม

37 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวของต่อ 2 อัน, ส่วนอก 1 อัน ทั้งสามอันพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และส่วนท้อง 2 อัน ไม่สร้างปม

38 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน

39 Synnema เจริญออกมาจากส่วนอกของต่อ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน และต่อจาก stroma จะพบเส้นของ synnema โผล่ขึ้นมา

40 Synnema เจริญออกมาจากส่วนหัวและส่วนอกของต่ออย่างละ 1 อัน พร้อมกับพัฒนาเป็นปม (stroma) และมี perithecium ฝังภายใน

41 ส่วนของ synnema และ stroma หลุดออกจากตัวต่อแต่จะแตกต่างจากตัวอย่างแบบที่ 1 โดยสังเกตจากตัวอย่างแมลงจะเก่ากว่ามาก ๆ ซึ่งระยะนี้เป็นระยะพักตัว ตัวอย่างเก่ากว่าแบบที่ 1

42 ส่วนทั้งหมดของเชื้อราและตัวต่อมีการย่อยสลาย