BRT 541078

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่ง ในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ฐิติมลักษณ์ สมพงษ์

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2544

PK 7

7 มี.ค. 2546

BRT

โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
c/o ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

อุดมลักษณ์ สมพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2544

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่ง ในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

อุดมลักษณ์ สมพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล

.... กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ชุนห์ลือชานนท์

.... กรรมการ
รองศาสตราจารย์ วันชัย สนธิไชย

27 มีนาคม พ.ศ. 2544

© ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนะแนวทางในการทำวิจัยและตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ โอกาสนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ชุนห์ลือชานนท์ รองศาสตราจารย์ วันชัย สนธิไชย และผู้ช่วยศาสตราจารย์มรกต สุกโชติรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขปัญหาในการทำวิจัยให้ถูกต้องยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ Assoc. Prof. Dr. Eugen Rott แห่งมหาวิทยาลัยอินส์บรูกส์ ประเทศออสเตรีย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบการวินิจฉัยชนิดของสาหร่ายให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสาคร พรหมขัติแก้ว และสมาชิกห้องปฏิบัติการสาหร่ายทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและในการทำงานทั้งภาคสนามและในห้องปฏิบัติการอีกทั้งให้กำลังใจอยู่เสมอทุกช่วงของการทำงาน

ขอขอบคุณ คุณบุญสม บุษบรรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คุณอาทิตย์ นันทขว้าง และคุณวัชรพล มณีโชติ ที่ช่วยจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่ให้ความห่วงใย และเป็นกำลังใจตลอดเวลาในการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) ที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำพุร้อนและได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี

อุดมลักษณ์ สมพงษ์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนะแนวทางในการทำวิจัยและตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ โอกาสนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ชุนห์ลือชานนท์ รองศาสตราจารย์ วันชัย สนธิไชย และผู้ช่วยศาสตราจารย์มรกต สุกโชติรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขปัญหาในการทำวิจัยให้ถูกต้องยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ Assoc. Prof. Dr. Eugen Rott แห่งมหาวิทยาลัยอินส์บรูกส์ ประเทศออสเตรีย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบการวินิจฉัยชนิดของสาหร่ายให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสาคร พรหมขัติแก้ว และสมาชิกห้องปฏิบัติการสาหร่ายทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและในการทำงานทั้งภาคสนามและในห้องปฏิบัติการอีกทั้งให้กำลังใจอยู่เสมอทุกช่วงของการทำงาน

ขอขอบคุณ คุณบุญสม บุษบรรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คุณอาทิตย์ นันทขว้าง และคุณวัชรพล มณีโชติ ที่ช่วยจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่ให้ความห่วงใย และเป็นกำลังใจตลอดเวลาในการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) ที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำพุร้อนและได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี

อุดมลักษณ์ สมพงษ์

 BRT 541078

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ชื่อผู้เขียน นางสาวอุดมลักษณ์ สมพงษ์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี	พีรพรพิศาล	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร	ชุนห์ลือชานนท์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์วันชัย	สนธิไชย	กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนจาก 9 แหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2542 ถึงสิงหาคม 2543 โดยเก็บตัวอย่างจากน้ำพุร้อนสันกำแพง กิ่งอำเภอแม่ออน น้ำพุร้อนโป่งเดือด อำเภอแม่แตง น้ำพุร้อนเทพนม อำเภอแม่แจ่ม น้ำพุร้อนแม่ฝาง อำเภอฝาง และโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง น้ำพุร้อนท่าปาย อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โป่งน้ำร้อนแม่จัน อำเภอแม่จัน และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ในฤดูฝน และฤดูแล้ง ยกเว้นน้ำพุร้อนแม่ฝาง และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม เก็บตัวอย่างเฉพาะฤดูฝน โดยเก็บตัวอย่างในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำด้วย พบสาหร่ายทั้งหมด 48 genera 78 species สาหร่ายที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใน Division Cyanophyta พบทั้งหมด 21 genera 39 species รองลงมาคือไดอะตอมใน Division Bacillariophyta 19 genera 29 species สาหร่ายสีเขียวใน Division Chlorophyta 7 genera 9 species และสาหร่ายใน Division Euglenophyta 1 species ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบมากที่สุดคือ *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom. และ *Synechococcus lividus* Nägeli ที่อุณหภูมิ 55-57°C และ *Synechococcus* sp. ที่อุณหภูมิ 65-

72°C ชนิดของไดอะตอมที่พบมากที่สุดคือ *Diatomella balfouriana* Grev. และ *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O. Müller ที่อุณหภูมิ 30-59°C

ในช่วงอุณหภูมิ 30-39°C มีจำนวนชนิดสาหร่ายมากที่สุดคือ 47 genera 75 species รองลงมาคือช่วง 40-49 °C พบสาหร่าย 38 genera 65 species ช่วงอุณหภูมิ 50-59°C พบสาหร่าย 18 genera 28 species ช่วงอุณหภูมิ 60-69°C พบสาหร่าย 3 genera 5 species และช่วงอุณหภูมิ 70 -80°C พบสาหร่าย 1 genus 3 species สาหร่ายในน้ำพุร้อนเทพนมมีความหลากหลายมากที่สุด ความหลากหลายของสาหร่ายที่พบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ และปริมาณซัลไฟด์ที่พบในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

Thesis Title Biodiversity of Algae in Some Hot Spring Areas in the Upper Part of Northern Thailand

Author Miss Udomluk Sompong

M.S. Biology

Examining Committee

Asst. Prof. Dr. Yuwadee	Peerapornpisal	**Chairperson**
Assoc. Prof. Dr. Somporn	Chunluechanon	**Member**
Assoc. Wanchai	Sonthichai	**Member**

Abstract

The biodiversity of algae in some hot springs in 9 areas of the upper part of northern Thailand was investigated between February 1999 and August 2000. Samples were taken from San Kampaeng in Mae Orn sub-district, Pong Deuad in Mae Tang district, Theppanom in Mae Chaem district, Mae Fang in Fang district and Pong Nam Ron Doi Saket in Doi Saket district, Chiang Mai province; Jae Son in Muang Pan district, Lampang province; Tha Pai in Pai district, Mae Hong Son province; and Pong Nam Ron Mae Jan in Mae Jan district and Huay Mak Lium in Muang district, Chiang Rai province. Algal samples were collected in rainy and dry seasons, except in Mae Fang and Huay Mak Lium hot springs where the samples were taken only in rainy season. The water temperature ranged from 30 to 80 °C. The physico - chemical properties of water were also examined. Forty – three genera and seventy - eight species of algae were found. The majority was blue green algae in the Division Cyanophyta comprising, 21 genera 39 species followed by diatoms in the Division Bacillariophyta, 19 genera 29 species; green algae in the Division Chlorophyta, 7 genera 9 species and the Division Euglenophyta 1 species. The dominant species of blue green algae were *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom. and *Synechococcus lividus* Nägeli which were found at the temperature between 55 to 57 °C and *Synechococcus* sp. at the temperature between 65 to 72 °C. The dominant species of diatoms were *Diatomella balfouriana* Grev. and *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O. Müller. at the temperature between 30 to 59 °C.

At the temperature range of 30-39 °C, 40-49 °C, 50-59 °C, 60-69 °C and 70-80 °C, the groups of algae found were 47 genera 75 species, 38 genera 65 species, 18 genera 28 species, 3 genera 5 species and 1 genus 3 species respectively. The most diversity of algae could be found in Theppanom hot spring. The biodiversity of algae found in every sampling site was positively correlated with the dissolved oxygen, and negatively correlated with temperature and sulfide content in the water at 99% level of significance.

สารบาญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญ	ช
สารบาญตาราง	ซ
สารบาญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	3
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	12
บทที่ 4 ผลการวิจัย	24
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย	90
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	95
บรรณานุกรม	96
ภาคผนวก ก	100
ภาคผนวก ข	112
ประวัติผู้วิจัย	117

สารบาญตาราง

ตาราง หน้า

1. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ของประเทศไทยตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2542 ถึง สิงหาคม 2543 27
2. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนสันกำแพงในฤดูแล้ง และฤดูฝน 34
3. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งเดือดในฤดูแล้ง และฤดูฝน 35
4. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนเทพนมในฤดูแล้ง และฤดูฝน 37
5. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนแม่ฝางในฤดูฝน 39
6. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ดในฤดูแล้ง และฤดูฝน 41
7. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนแจ้ซ้อนในฤดูแล้ง และฤดูฝน 43
8. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนท่าปายในฤดูแล้ง และฤดูฝน 44
9. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในโป่งน้ำร้อนแม่จันสันกำแพงในฤดูแล้ง และฤดูฝน 46
10. ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยมในฤดูฝน 47
11. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนสันกำแพง (SKP) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 101
12. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนโป่งเดือด (PD) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 101
13. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนเทพนม (TPN) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 102
14. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนแม่ฝาง (MF) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูฝน 102
15. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด (DSK) อุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 103
16. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน (JS) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 103
17. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนท่าปาย (TP) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 104

ตาราง หน้า

18. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของโป่งน้ำพุร้อนแม่จัน (MJ) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูแล้ง และฤดูฝน 104

19. คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม(HML) อุณหภูมิ 30-80 °C ในฤดูฝน 105

20. การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาลโดยใช้ Non parametric Statistics โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Kruskal Wallis Test 106

21. การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาลโดยใช้ Non parametric Statistics โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Mann-Whitney Test 107

22. การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาลโดยหาความสัมพันธ์แบบ Correlations Analysis 108

23. การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่าย เปรียบเทียบกับปัจจัยทางกายภาพ และเคมีที่ทำการศึกษา โดยหาความสัมพันธ์แบบ Correlations Analysis 110

สารบาญภาพ

รูป หน้า

1. การเกิดน้ำพุร้อนทางภาคเหนือของประเทศไทย 3

2. แหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 แหล่ง 16

3. น้ำพุร้อนสันกำแพง 17

4. น้ำพุร้อนโป่งเดือด 18

5. น้ำพุร้อนเทพนม 19

6. โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด 20

7. น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน 21

8. น้ำพุร้อนท่าปาย 22

9. เปอร์เซ็นต์ชนิดสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 30

10. เปอร์เซ็นต์ชนิดสาหร่ายที่พบตามช่วงระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 30-80°C 30

11. จำนวนชนิดสาหร่ายที่พบตามช่วงระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 30-80°C 30

12. จำนวนชนิดสาหร่ายทั้งหมด ที่พบในแต่ละแหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่ง 33

13. จำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนแต่ละแหล่งในฤดูแล้ง และฤดูฝน 33

14 ก. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 57

14 ข. ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือ ตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 58

15 ก. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 59

15 ข. ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือ ตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 60

16 ก. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 61

16 ข. ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือ ตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 62

รูป | หน้า

17 ก. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 63
17 ข. ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 64
18 ก. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 65
18 ข. ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 66
19 ก. ไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 71
19 ข. ภาพวาดไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 72
20 ก. ไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 73
20 ข. ภาพวาดไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 74
21. ภาพถ่าย SEM ไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง 75
22 ก. สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 78
22 ข. ภาพวาดสาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง 79
23. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 82
24. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 82
25. ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu s.cm^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 83
26. ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu s.cm^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 83
27. ค่าความเป็นด่าง ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 84

รูป หน้า

28. ค่าความเป็นด่าง ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 84

29. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 85

30. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 85

31. ปริมาณซัลไฟด์ ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 86

32. ปริมาณซัลไฟด์ ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 86

33. ปริมาณ SRP ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 87

34. ปริมาณ SRP ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 87

35. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 88

36. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 88

37. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูแล้ง 89

38. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30-80°C ในฤดูฝน 89

39. การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาลโดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Cluster Analysis 111

บทที่ 1
บทนำและวัตถุประสงค์

มนุษย์รู้จักน้ำพุร้อน และใช้ประโยชน์ของน้ำพุร้อนกันมานานแล้ว โดยเฉพาะคุณประโยชน์ที่มนุษย์นำมาใช้อาบ และใช้รักษาโรคทางการแพทย์แผนโบราณ เช่น โรคปวดตามข้อ กล้ามเนื้ออักเสบ โรคผิวหนัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพที่สำคัญ โดยสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า นำไปใช้กับเครื่องบ่มแห้งผลิตผลทางการเกษตร และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อีกมากมาย น้ำร้อนที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่างๆ จนมีอุณหภูมิต่ำลงยังสามารถระบายลงสู่แปลงเพาะปลูก เป็นประโยชน์ต่อการเกษตรได้โดยตรงอีกด้วย

จากรายงานการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยกรมทรัพยากรธรณี (2529) พบว่าน้ำพุร้อนทางภาคเหนือของประเทศไทยเกิดจากการที่น้ำผิวดินไหลซึมลงมาผ่านรอยแตกของเปลือกโลก เกิดการถ่ายเทของความร้อนของหินหนืดร้อนใต้ผิวโลก ทำให้กลายเป็นน้ำร้อนพุ่งขึ้นมาตามรอยแตก และรอยเลื่อนของหินกลายเป็นน้ำพุร้อน ซึ่งพบแหล่งน้ำพุร้อนบริเวณภาคเหนือทั้งหมดมีประมาณ 50 แหล่ง อุณหภูมิของน้ำพุร้อนบนผิวดินอยู่ในช่วงตั้งแต่ 40-100 ^{o}C

เมื่อน้ำร้อนใต้พื้นดินไหลขึ้นสู่ผิวดิน ทำให้เกิดการละลายของแร่ธาตุตามชั้นหิน ทำให้น้ำพุร้อนมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆซึ่งบางชนิดสามารถสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงได้เอง และเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นได้รับแสงอย่างเพียงพอจะทำให้สามารถสังเคราะห์แสงได้ดี ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตเบื้องต้นของระบบนิเวศนั้นๆ

ในจำนวนจุลินทรีย์ต่างๆ ที่สามารถเจริญได้ในที่ๆมีสภาพแวดล้อมผิดปกติ เช่นในน้ำพุร้อนนี้มีหลายประเภท สาหร่าย เป็นสิ่งมีชีวิตประเภทหนึ่งที่สามารถเจริญได้ในน้ำพุร้อนเหล่านี้ เราเรียกสาหร่ายเหล่านี้ว่า สาหร่ายทนร้อน หรือ thermophilic algae ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เกิดมาเป็นกลุ่มแรกๆคู่กับแบคทีเรียในแง่วิวัฒนาการ จวบจนกระทั่งปัจจุบันสาหร่ายกลุ่มนี้ก็ยังคงลักษณะทางสัณฐานวิทยาแบบเดิมอยู่มาก ไม่ได้วิวัฒนาการไปไกลเหมือนสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ สาหร่ายกลุ่มนี้มีความพิเศษกว่าสาหร่ายอื่นๆโดยพบว่าโครงสร้างของเซลล์มีลักษณะพิเศษ โดยมีเยื่อหุ้มเซลล์ที่หนาและยังมีเมือกหุ้มอยู่ภายนอก รวมทั้งยังมีไขมันจำนวนมาก ทำให้มีลักษณะคล้ายฉนวนป้องกันอุณหภูมิที่สูงเกินไป นอกจากนี้กลุ่มของเอนไซม์ในสาหร่ายเหล่านี้ยังมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถทำงานได้หรือไม่เสียสภาพแม้อยู่ในช่วงอุณหภูมิสูงๆ จัดได้ว่าสาหร่ายกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี จากคุณสมบัติพิเศษดังกล่าวของสาหร่ายกลุ่มนี้ หากมีการศึกษาค้นคว้าอย่างจริงจัง ก็ย่อมสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ได้เช่นกัน

ส่วนใหญ่ของสาหร่ายในน้ำพุร้อนเป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งบางชนิดสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม โดยมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ สารปฏิชีวนะ และเนื่องจากสาหร่ายประเภทนี้สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิที่สูง จึงก่อให้เกิดข้อได้เปรียบในการนำสาหร่ายทนร้อนเหล่านี้ไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ระบบทำความเย็น ถ้าใช้สิ่งมีชีวิตที่เจริญอยู่ในอุณหภูมิปกติ ไม่จำเป็นต้องใช้ระบบดังกล่าว อันเป็นการลดต้นทุนในการผลิตได้มาก

ได้มีการนำเอาสาหร่ายในน้ำพุร้อนนี้มาใช้แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาถึงชนิดที่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก ซึ่งเป็นการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณมากเกินจากสิ่งแวดล้อมในขณะเดียวกันในกระบวนการเมตาบอลิซึมก็จะได้สารอินทรีย์หลายชนิดที่มีประโยชน์ จากกระบวนการดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในกลุ่มดังกล่าวมาผลิตก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นพลังงานบริสุทธิ์ได้อีกด้วย

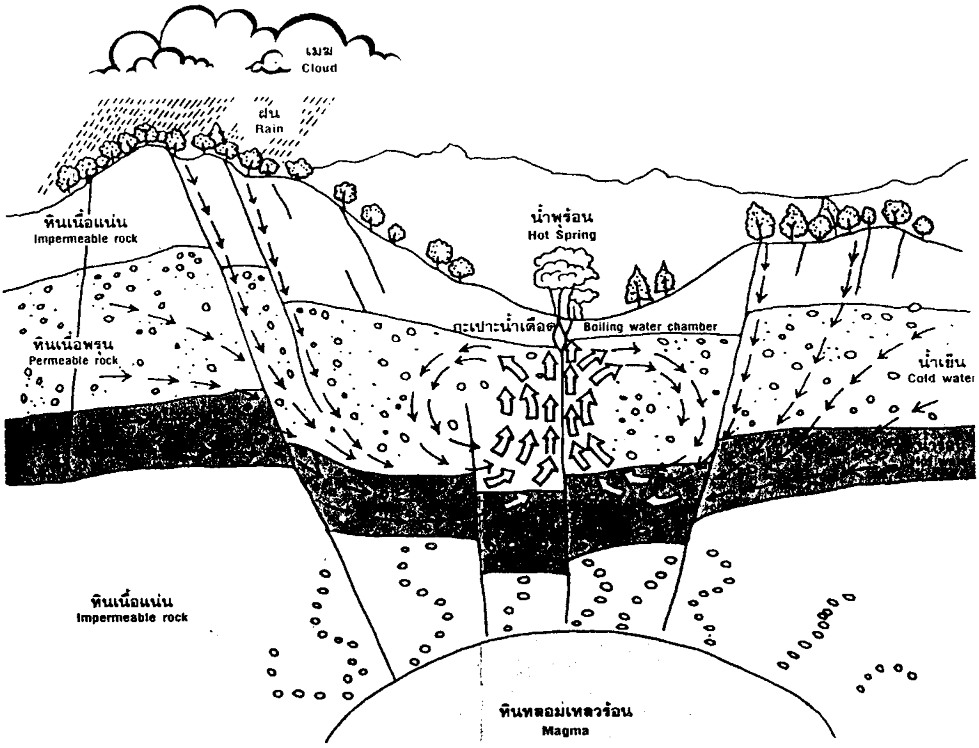
การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนในประเทศไทย มีการศึกษากันอย่างประปรายและไม่ต่อเนื่อง ทั้งๆที่เป็นทรัพยากรที่น่าจะนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะสำรวจความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือตอนบน ซึ่งมีอยู่หลายแหล่งซึ่งในแต่ละแหล่งจะมีอุณหภูมิและองค์ประกอบของน้ำแตกต่างกัน รวมทั้งชนิดและปริมาณของสาหร่ายในน้ำพุร้อน คาดว่าผลจากการวิจัยจะทราบถึงความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนแต่ละแหล่ง ซึ่งถือได้ว่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญอีกประเภทหนึ่ง และยังอาจพบชนิดที่มีประโยชน์ที่สามารถประยุกต์ใช้ในด้านอุตสาหกรรม สิ่งแวดล้อม การแพทย์ และการเกษตร ต่อไปได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. ศึกษาความหลากหลาย และปริมาณของสาหร่ายในน้ำพุร้อน
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลง species composition ของสาหร่าย ในช่วงหน้าแล้ง และฤดูฝน และนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และการกระจายของสาหร่าย

บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

น้ำพุร้อน (hot spring) เป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพที่สำคัญ ซึ่งในปัจจุบันสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์ได้มากมาย โดยสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า นำไปใช้กับเครื่องบ่มแห้งผลิตผลทางการเกษตร และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย ในประเทศไทยมีแหล่งน้ำพุร้อนจำนวนมากและบริเวณที่มีน้ำพุร้อนมากที่สุดคือบริเวณภาคเหนือ จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี (2530) รายงานว่าแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในภาคเหนือบางแห่งเกิดในบริเวณที่หินเกิดรอยเลื่อนและรอยแตกซึ่งมีขนาดใหญ่และมีการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการแผ่ความร้อนระหว่างรอยเลื่อนและรอยแตกของหิน จากนั้นเกิดการถ่ายเทความร้อนของหินหนืดร้อนใต้ผิวโลก ไปยังน้ำเย็นจากผิวดินซึ่งไหลซึมลงไปใต้ผิวโลก ทำให้น้ำเย็นเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำร้อนแล้วพุ่งขึ้นมาตามรอยแตก และรอยเลื่อนของหิน มักจะเกิดในบริเวณที่น้ำจะต้องไหลออกมาตามธรรมชาติ ปริมาณน้ำพุร้อนที่ไหลขึ้นมาหรือถูกปล่อยออกมาตามธรรมชาติจะมากหรือน้อยต่างกันในแต่ละบริเวณ (ภาพ 1) ปกติแล้วปริมาณของน้ำที่ไหลออกมาจะสม่ำเสมอไม่ขึ้นกับฤดูกาล อุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่ขึ้นมาตามผิวดินมี ตั้งแต่ 45 – 100 ^{0}C (สระบุรี, 2523 อ้างถึง Castenholz, 1973)



ภาพ 1 การเกิดน้ำพุร้อนทางภาคเหนือของประเทศไทย

ทางด้านชีววิทยาได้มีผู้สนใจ และศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อน ทั้งชนิด จำนวน และสรีรวิทยา เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประโยชน์ และโทษจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ สิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญได้ในบริเวณน้ำพุร้อน ซึ่งมีสภาพผิดปกติจากแหล่งน้ำธรรมชาติอื่น ๆ มีหลายชนิด หนึ่งในจำนวนสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้แก่ สาหร่าย ซึ่งจะเป็นประเภททนต่อความร้อนซึ่งเรียกว่า thermophilic algae สาหร่ายประเภทนี้เกิดมาเป็นกลุ่มแรก ๆ คู่กับแบคทีเรียในยุคพรีแคมเบรียน จวบจนกระทั่งปัจจุบันสาหร่ายกลุ่มนี้ก็ยังคงลักษณะทางสัณฐานวิทยาแบบเดิมอยู่มาก ไม่ได้วิวัฒนาการไปไกลเหมือนสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ (ยุวดี, 2542) ตามปกติจุลินทรีย์ที่เจริญในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงจะผลิต bioactive compound บางชนิด เช่นเอนไซม์ ซึ่งมีความสามารถในการทำงานที่อุณหภูมิสูง คุณสมบัติของการคงความสามารถในการทำงานที่อุณหภูมิสูง (thermostability) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเอนไซม์ที่จะวิจัยเพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพราะนักวิจัยสามารถเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิสูง และสกัดเอนไซม์มาทำให้บริสุทธิ์ได้ที่อุณหภูมิห้องโดยที่เอนไซม์ไม่แปรสภาพพร้อมกับสูญเสียความสามารถในการทำงาน (denature) การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิสูงยังเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิต เพราะไม่ต้องใช้ระบบความเย็นควบคุมอุณหภูมิ (cooling system) และอุณหภูมิสูงยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น (กาญจนา และ สุทธิรักษ์, 2535)

สาหร่ายทนร้อนที่เจริญได้น้ำพุร้อนเหล่านี้ กลุ่มที่พบมากที่สุดทั้งชนิดและจำนวนคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria) ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่น่าสนใจในด้านการนำมาใช้ประโยชน์เชิงอุตสาหกรรม เพราะจุลินทรีย์ประเภทนี้ทำการสังเคราะห์แสงเพื่อให้ได้พลังงานในการเจริญ และแพร่พันธุ์ ดังนั้นการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในระดับอุตสาหกรรมจะลดต้นทุนการผลิตในส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ เพราะสาหร่ายประเภทนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแหล่งคาร์บอนในการสังเคราะห์แสง (Round, 1975)

แหล่งกำเนิด และคุณสมบัติของน้ำพุร้อน และบ่อน้ำร้อนในประเทศไทย

กรมทรัพยากรธรณี (2530) ได้ทำการสำรวจแหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2526-2529 พบว่าประเทศไทยมีแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพมากกว่า 90 แหล่ง ซึ่งการเกิดน้ำพุร้อนโดยทั่วไปจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ แหล่งความร้อนใต้ดิน น้ำใต้ดิน และแหล่งเก็บกักหรือชั้นหินอุ้มน้ำในดิน แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในภาคเหนือบางแหล่งเกิดจากการถ่ายเทความร้อนของหินหนืดร้อนใต้ผิวโลกไปยังน้ำเย็นจากผิวดินซึ่งไหลซึมลงไปใต้โลก ทำให้น้ำเย็นเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำร้อน แล้วพุ่งขึ้นมาตามรอยแยก

และรอยเลื่อนของหิน แหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบแรกคือ ระบบน้ำพุร้อน (hot spring system) อุณหภูมิของน้ำพุอยู่ระหว่าง 50-100 °C และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างสูง ได้แก่ แหล่งสันกำแพง ฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น ระบบที่ 2 คือระบบน้ำพุอุ่น (warm spring system) คือระบบที่อุณหภูมิของน้ำพุร้อนต่ำกว่า 50°C และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับระบบแรก ได้แก่แหล่งบ้านแม่ฮี และแหล่งบ้านแม่นะ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นต้น ระบบสุดท้ายคือ ระบบน้ำพุร้อนไกเซอร์ (Geyser System) คือระบบน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิและแรงดันสูงมาก น้ำพุร้อนจะพุ่งขึ้นเหนือระดับพื้นดินตลอดเวลา หรือเป็นครั้งคราว แหล่งน้ำพุร้อนระบบนี้ได้แก่ แหล่งโป่งเดือด จังหวัดเชียงใหม่

น้ำพุร้อนตามสภาพความเป็นกรด-ด่างและมวลชีวภาพของสาหร่ายแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ ประเภทที่ 1 Alkaline springs pH ประมาณ 9 มวลชีวภาพของสาหร่ายมีมากที่สุด ประเภทที่ 2 Calcium carbonate springs มี calcium carbonate ทับถมเป็นชั้น ๆ มวลชีวภาพของสาหร่ายมีน้อยกว่าประเภทที่ 1 ประเภทสุดท้ายคือ Acid springs pH ตั้งแต่ 2.1 – 6.0 ไม่มีสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงิน แต่มีสาหร่ายเซลล์เดียว เช่น สาหร่ายสีแดง *Cyanidium* sp. เป็นจำนวนมาก Fogg, *et al.* (1973)

ส่วน Ramingwong, *et al.* (1980) ได้แบ่งน้ำพุร้อนตามลักษณะที่ปรากฏออกเป็น 3 ชนิดคือ ชนิดแรก Seep springs มีลักษณะเป็นอ่างน้ำเล็ก ๆ มีน้ำขังหรือเป็นร่องเล็ก ๆ ที่มีน้ำไหล ชนิดที่สอง Pool springs มีลักษณะเป็นบ่อหรือแอ่ง ซึ่งอาจเป็นบ่อที่มีน้ำใสหรือมีโคลนผสมอยู่ ชนิดที่สาม Geyser มีลักษณะเป็นบ่อหรือแอ่ง มีน้ำพุพุ่งขึ้นมาจากบริเวณเหนือผิวดินซึ่งน้ำพุร้อนบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแบบ alkaline springs และ แบบ pool springs อุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 45 – 100 °C

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายทนร้อน

สาหร่ายทนร้อนมักเจริญอยู่ในบริเวณน้ำพุร้อนซึ่งจะมีการไหลของน้ำพุร้อนไปยังลำธารคลอง ทำให้มีระดับความร้อนแตกต่างกัน ปัจจัยต่างๆก็ย่อมแตกต่างกันไปด้วย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจึงมีการปรับตัว (adaptation) ให้สามารถอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูง ๆ ได้ รวมทั้งสาหร่ายเหล่านี้ด้วยซึ่งแต่ละชนิดจะเจริญได้ในแต่ละระดับของอุณหภูมิที่ต่างกัน และแต่ละชนิดย่อมมีความทนต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในปริมาณไม่เท่ากัน (ยุวดี, 2542)

การที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถเจริญได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) ปัจจัยทางเคมี (chemical factor) และปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor)

ซึ่งปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อนที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถปรับตัวให้ทนต่ออุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี บาง species สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เช่น *Mastigocladus laminosus* ซึ่งจัดเป็นพวก polythermal organism (Odum , 1971) เมื่อวัดการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์ โปรตีน และ RNA เป็นเครื่องบ่งชี้โดยกำหนดให้สิ่งแวดล้อมอื่นๆ คงที่ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมการเจริญของสาหร่ายในน้ำพุร้อน และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 54 ^{o}C (Brock,1966) ปัจจัยต่อมาที่มีความสำคัญคือแสงสว่าง เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ควบคุมการผลิต ความเข้มของแสงสว่างจะมีผลต่อผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary producer) Odum (1971) กล่าวว่าในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ที่มีอุณหภูมิคงที่เช่น น้ำพุร้อนที่ประเทศไอซ์แลนด์ที่มีอุณหภูมิคงที่ในช่วงฤดูหนาวซึ่งเหมาะแก่การเจริญของสาหร่าย แต่มีแสงสว่างเพียงเล็กน้อยในการสังเคราะห์ ทำให้สาหร่ายมีความหนาแน่นน้อยลง ปัจจัยสุดท้ายคือความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนจะถูกจำกัดด้วยค่าความเป็นกรดแก่หรือด่างแก่ ในน้ำพุร้อนที่มีสภาพเป็นกรดแก่จะมีการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟล์เป็นกรดกำมะถัน น้ำพุร้อนที่มีสภาพเป็นกรดแก่จะจำกัดการกระจายของสิ่งมีชีวิต สาหร่ายที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ เช่น สาหร่ายสีแดง *Cyanidium caldarium* พบในน้ำพุร้อนที่มีสภาพเป็นกรด (Castenholz, 1973) น้ำพุร้อนที่มีสภาพเป็นด่างซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 51 – 56 ^{o}C จะพบ *Mastigocladus laminosus*, *Phormidium laminosum* และ *Synechococcus* spp. เป็นจำนวนมาก (Fogg, 1973)

ส่วนปัจจัยทางเคมีที่มีผลต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อนซึ่งสระบุรี (2523) อ้างถึง Lynch and Poole (1979) ได้แก่การละลายของออกซิเจนในน้ำ ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะลดลง ซึ่งมีผลต่อชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อน ปัจจัยที่สำคัญต่อมาคือความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ในน้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำจึงเป็นปัจจัยจำกัดชนิดของจุลินทรีย์ แต่พบว่ามีผลต่อสาหร่ายน้อย

ปัจจัยทางชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อนนั้น Odum (1971) กล่าวว่าความสมดุลทางชีวภาพในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่จะมีความสมดุลของมวลทางชีวภาพเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการแทนที่ของสิ่งมีชีวิตอยู่เสมอ จึงทำให้สิ่งมีชีวิตอยู่ในสภาวะคงตัว ซึ่ง Campbell and Pace (1968) กล่าวว่าจุลินทรีย์พวก thermophile สามารถมีชีวิตอยู่รอดและเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากประเภทแรกเอนไซม์ และโครงสร้างที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ มีคุณสมบัติทนต่อความร้อนสูง เอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 55 – 60 ^{o}C เช่น malic dehydrogenase,

adenosine triphosphatase, inorganic pyrophosphatase, aldolase และ peptidase กลุ่มที่สองคือ กลุ่มเอนไซม์ที่จะทำงานเมื่อมีสารเริ่มต้นในปฏิกิริยาเท่านั้น เช่น asparagine deaminase, catalase, pyruvic acid oxidase และ isocitratelyase กลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มเอนไซม์และโปรตีนที่ต้านทานต่อความร้อนสูง เช่น α - amylase, protease, glyceraldehyde – 3 – phosphate dehydrogenase และเอนไซม์ที่กระตุ้นการทำงานของกรดอะมิโน

นอกจากนั้นจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีเยื่อหุ้มเซลล์คงตัวเมื่อความร้อนสูง เนื่องจากพวก thermophile จะมีลิปิด (lipid) ที่ละลายในกรดไขมัน (fatty acid) จำนวนมาก การที่ลิปิดละลายในกรดไขมันทำให้เยื่อหุ้มเซลล์คงตัวจึงสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง ตรงข้ามกับพวก psychrophile ที่ลิปิดไม่ละลายในกรดไขมันจึงทำงานได้เฉพาะที่อุณหภูมิต่ำและไม่คงตัวในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง นอกจากนี้จุดหลอมเหลวของลิปิดของพวก thermophile จะสูง เยื่อหุ้มเซลล์ยืดหยุ่นได้บ้างเมื่อได้รับความร้อน รูมีขนาดใหญ่ขึ้น และเอนไซม์สามารถทำงานได้ดีจึงยอมให้สารผ่านได้และทนต่อ osmotic shock ทั้งยังสามารถสร้างส่วนประกอบของเซลล์ขึ้นใหม่ได้อย่างรวดเร็ว เซลล์จะมีอัตราเมตาโบลิซึมสูงในสภาพที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีการขนส่ง substrate และของเสียเข้าออกเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว

นอกจากนั้นยังสามารถปรับตัวทางสรีรวิทยาให้ทำงานได้ดีในอุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจะปรับตัวทางสรีรวิทยาให้ทำงานได้ดีในสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ และมีบางชนิดที่สามารถปรับตัวให้ทำงานได้ดีมากกว่าสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เช่น สาหร่ายสีแดง *Cyanidium caldarium* โดย Roberts (1998) ศึกษาพบว่าสามารถอาศัยอยู่ได้ในอุณหภูมิสูง และในที่ๆมี pH ต่ำโดยอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 45 $^{\circ}$C และสามารถอาศัยอยู่ได้ถึงอุณหภูมิ 57 $^{\circ}$C

การศึกษาสาหร่ายในน้ำพุร้อนทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

ในประเทศไทยมีนักวิจัยได้ทำการสำรวจความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนไม่มากนัก สำหรับในภาคเหนือ สระบุรี (2523) ได้ทำการสำรวจจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนโป่งฮ่อม ตำบลออนหลวย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ พบสาหร่าย 10 species ได้แก่ *Anacystis* sp., *Chroococcus turgidus*, *Anabaena* sp., *Navicula* sp., *Oscillatoria* spp., *Scenedesmus dimorphus*, *Closterium* sp., *Spirogyra* sp. และ *Stigeoclonium* sp. ต่อมากาญจนา และคณะ (2532) ได้ทำการสำรวจและศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนในภาคเหนือ ได้แก่ น้ำพุร้อนแม่ฝาง อำเภอฝาง น้ำพุร้อนโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ และน้ำพุร้อนบ้านท่าไม้แดง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบสาหร่ายชนิดเด่น ได้แก่ *Calothrix* sp., *Oscillatoria*

terebriformis และ *Synechococcus* sp. ศึกษาโครงสร้างของเซลล์โดยทำการตรึงเซลล์ของ *Synechococcus* sp. และ *Oscillatoria terebriformis* ด้วยวิธีของ DeVecchi ก่อนนำมาตัด thin sections และศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่ามีการเรียงตัวของ thylakoids ติดกัน และเห็น nuclear fibrils ชัดเจน ต่อมาประวิทย์ (2533) ทำการศึกษาสาหร่ายในน้ำพุร้อนบ้านโป่งฮ่อม อ. สันกำแพง จ. เชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2530 ถึงเดือนเมษายน 2531 โดยศึกษาจากบ่อน้ำร้อนธรรมชาติ 5 บ่อ และธารน้ำร้อน 1 แห่ง พบว่ามีอุณหภูมิระหว่าง 31 - 77 ^{o}C พบสาหร่ายทั้งหมด 98 species เช่น *Oscillatoria* spp. , *Diploneis mauleri* , *Epithemia cistula* , *Synechococcus aeruginosus* และ *Navicula* spp. เป็นต้น โดยพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และปริมาณแร่ธาตุ มีอิทธิพลต่อการกระจายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน

ส่วนบริเวณภาคกลาง กาญจนา และ สุทธิรักษ์ (2535) ได้ทำการสำรวจชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในบ่อน้ำร้อนหินดาด อ. ทองผาภูมิ จ. กาญจนบุรี และบ่อน้ำร้อนท่าไม้แดง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 40 –49 ^{o}C pH 6.0-8.0 พบ *Oscillatoria* spp. เป็นชนิดเด่น นอกจากนั้นยังพบ *Mastigocladus* sp., *Synechococcus* sp. และ *Calothrix* sp.

ในระยะเวลาใกล้ๆกัน ได้มีการสำรวจสาหร่ายดังกล่าวในภาคใต้โดย วิรัชนีย์ (2534) ศึกษาชนิดและนิเวศวิทยาของสาหร่ายในน้ำพุร้อนที่ อ. เขาชัยสน จ. พัทลุง ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2534 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2535 โดยเก็บตัวอย่างสาหร่ายที่ขึ้นตามขอบบ่อ ก้นบ่อและสาหร่ายที่ลอยอยู่ในน้ำ พบว่าน้ำพุร้อนมีอุณหภูมิ 53 - 59 ^{o}C มี pH เท่ากับ 7.3 พบสาหร่ายทั้งหมด 14 species ตัวอย่างเช่น *Synechococcus elongatus* , *Synechococcus aquatilis* , *Phormidium ambigum* , *Dermocarpa sphaerica* และ *Stigonema hormoides* เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้ทำการแยกตัวอย่างสาหร่ายที่พบ ซึ่งสามารถแยกได้ทั้งหมด 5 species ได้แก่ *Chroococcus* sp., *Phormidium ambigum*, *Stigonema hormoides*, *Synechococcus elongatus* และ *Synechocystis aquatilis*

ในต่างประเทศมีการศึกษากันในหลายภูมิภาค เริ่มจากเขตร้อนซึ่งมีภูมิอากาศคล้ายประเทศไทย โดย Round (1975) ได้ทำการสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อน On Sunda ประเทศอินโดนีเซีย พบชนิดสาหร่ายแตกต่างกันตามช่วงระดับอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 45-55^{o}C พบสาหร่าย *Mastigocladus laminosus, Phormidium laminosum, Pleurocapsa fluviatilis, Plectonema notatum* v. *africanum, Scytonema coactile* v. *thermale* ที่อุณหภูมิ 55-60 ^{o}C พบสาหร่าย *Synechococcus elongatus* f. *thermalis, Synechocystis aquatilis, Phormidium laminosum, Onconema thermale, O. compactum, Phormidium tenue, P. cebennese* f. *thermale, Mastigocladus laminosus* ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 ^{o}C พบสาหร่าย *Synechococcus elongatus* f. *thermalis, Synechosystis aquatilis, Phormidium*

laminosum ต่อมา Leghari and Thebo (1983) ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อน Laki Shah Sadar ประเทศปากีสถาน อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 32 –42 °C pH อยู่ในช่วง 6.6– 8.2 พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งหมด 12 genera 21 species ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Chroococcales และ Nostocales สาหร่ายชนิดที่เด่นคือ *Oscillatoria* spp., *Phormidium* spp. และ *Synechococcus* spp. ซึ่งพบทุกช่วงอุณหภูมิ และ Compére and Delmotte (1986) ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างของสาหร่ายในน้ำพุร้อน 2 แหล่งในประเทศแซมเบีย ทวีปแอฟริกาซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 54 - 84 °C แตกต่างกันไปตามฤดูกาล พบไดอะตอม 120 species และ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลาย species ได้แก่ *Scytonema figuratum, Oscillatoria* spp. , *Lyngbya angustissima* , *Synechococcus lividus* , *Rhopalodia gibberula, Pinnularia appendiculata* , *Cocconeis pediculus* , *Cymbella minuta* และ *Navicula cuspidata* เป็นต้น

ในเขตอบอุ่นและเขตหนาวมีการศึกษามากกว่าภูมิภาคอื่นๆ โดย Castenholz (1973) ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในน้ำพุร้อน Hunter รัฐโอริกอน และน้ำพุร้อน Yellowstone ในสหรัฐอเมริกา พบ *Synechococcus lividus* ในน้ำที่อุณหภูมิ 73 - 74 °C และ *Oscillatoria terebriformis* ที่อุณหภูมิ 35 - 38 °C ศึกษาน้ำพุร้อนในประเทศ ไอซ์แลนด์ และนิวซีแลนด์ พบ *Mastigocladus laminosus* ที่อุณหภูมิ 63 - 64 °C สองปีต่อมา Sperling (1975) ศึกษาระบบนิเวศของสาหร่ายในน้ำพุร้อน โดยทำการสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนทางตอนใต้ของประเทศไอซ์แลนด์ ในช่วงฤดูหนาวระหว่างธันวาคม 1968 ถึงมกราคม 1969 ในขณะเดียวกันก็ทำการวัดผลผลิตเบื้องต้นโดยใช้ C -14 พบว่าผลผลิตเบื้องต้นมีค่าไม่เท่ากัน โดยในน้ำนิ่ง พบ *Mastigocladus laminosus* ที่อุณหภูมิสูง 55 °C และในธารน้ำร้อนที่มีอัตราไหลปานกลางถึงแรงพบ *Phormidium corium* และ *Lyngbya martensiana* ที่อุณหภูมิ 31 – 41 °C หลังจากนั้น Brock (1978) ทำการศึกษาความหลากหลายของชนิด และจำนวนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินตามระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 10 – 75 °C จากน้ำพุร้อนหลาย ๆ แหล่ง พบว่าที่ช่วงอุณหภูมิ 30 – 35 °C มีจำนวนและชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุดถึง 90 species ช่วงอุณหภูมิ 65 – 70 °C และ 70 – 75 °C มีจำนวนและชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินน้อยที่สุดคือ 1 species จากรายงานของ Brock (1978) ซึ่งได้อ้างถึง Peary and Castenholz (1964) ซึ่งศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงิน *Synechococcus lividus* ที่เก็บมาจากอุณหภูมิต่าง ๆ ในน้ำพุร้อน Hunterรัฐโอริกอน พบว่าสามารถแบ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญได้เป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็น species ที่เก็บมาจากอุณหภูมิ 45, 48 และ 53°C อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 45°C กลุ่มที่ 2 เป็น species ที่เก็บมาจากอุณหภูมิ 55 และ 60 °C อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ

50 ^{o}C กลุ่มที่ 3 เป็น species ที่เก็บมาจากอุณหภูมิ 66 และ 71 ^{o}C อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 55 ^{o}C และกลุ่มสุดท้ายเป็น species ที่เก็บมาจากอุณหภูมิ 75 ^{o}C อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 65 ^{o}C

หลายปีต่อมา Dell'Uomo (1986) ทำการศึกษาไดอะตอมและสาหร่ายจากน้ำพุร้อน Triponzo เมืองเปรูเจีย ในตอนกลางของประเทศอิตาลี ซึ่งน้ำมาจากแหล่งอาบน้ำร้อนแบบโรมัน อุณหภูมิประมาณ 28 ^{o}C น้ำพุร้อนแห่งนี้มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ และซัลเฟอร์ในรูปคอลลอยด์มาก พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดเด่น คือ *Oscillatoria okenii* รองลงมาคือ *Phormidium* spp. และ *Aphanocapsa* spp. พบสาหร่ายไฟคือ *Chara vulgaris* พบไดอะตอม 44 ชนิด ชนิดเด่นคือ *Navicula cryptocephala* var. *veneta* และ *Navicula gregaria* ซึ่งเป็นชนิดที่เจริญในบริเวณที่มีความเค็มสูง (halophiles) โดยพบว่าไดอะตอมจะไวต่อปริมาณของ NaCl และ $MgCl_2$ นอกจากนั้นยังไวต่อปริมาณซัลไฟด์ งานวิจัยในเรื่องนี้ใช้ชนิดและปริมาณของไดอะตอมมาจัดคุณภาพของน้ำซึ่งจัดอยู่ในประเภท β– mesosaprobic

สำหรับปัจจัยจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนนั้น Brock (1994) ทำการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของ จุลินทรีย์ ซึ่งระดับอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน พบว่าสิ่งมีชีวิตประเภท eucaryotes จะมีความทนต่ออุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าสิ่งมีชีวิตพวก procaryotes โดยแบคทีเรียมีระดับความทนต่ออุณหภูมิสูงที่สุดคือ ประมาณ 115^{o}C รองลงมาเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ในช่วงอุณหภูมิ 70-73 ^{o}C ปีต่อมา Pentecost (1995) ทำการศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อน 3 แหล่ง ในประเทศอังกฤษ พบว่าที่น้ำพุร้อน Bath Spa พบจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด สาหร่ายชนิดที่เด่นคือ *Phormidium* spp. เมื่อทำการศึกษาการใช้ C-14 เปรียบเทียบในแต่ละอุณหภูมิ พบว่า *P. luridum* และ *P. ambiguum* มีช่วงอุณหภูมิที่เจริญเติบโตดีที่ 30 และ 40 ^{0}C ตามลำดับ แต่ไม่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิเกิน 47 ^{0}C การศึกษาได้ผลเช่นเดียวกับ Brock (1978) ซึ่งศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพบว่ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 30 – 35 ^{o}C มีจำนวนและชนิดของสาหร่ายมากและจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70 – 75 ^{o}C มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพียงชนิดเดียวคือ *Synechococcus* sp. ที่สามารถเจริญได้

มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น Castenholz (1976) ศึกษาผลกระทบของซัลไฟด์ที่มีต่อสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนประเทศนิวซีแลนด์ และไอซ์แลนด์ พบว่าความเข้มข้นของซัลไฟด์ที่ละลายน้ำจะเป็นตัวกำหนดชนิดของสาหร่าย นอกจากนี้ยังมีผลต่อปัจจัยทางเคมีในน้ำ

ยกเว้นค่า pH การศึกษา *Mastigocladus laminosus* ในประเทศนิวซีแลนด์พบว่าสาหร่าย species นี้จะไวต่อปริมาณซัลไฟด์เกิน 0.15 mg/l ส่วนในประเทศไอซ์แลนด์จะไวต่อปริมาณซัลไฟด์เกิน 0.25 mg/l และพบว่าไม่สามารถพบสาหร่ายชนิดนี้ในน้ำที่มีซัลไฟด์สูงมากๆ

ในแง่ของการเพาะเลี้ยงที่ต้องการผลผลิตต่าง ๆ และการประยุกต์เพื่อนำไปใช้มีการวิจัยกันมากมาย ซึ่ง Hayashi *et al.* (1994) ทำการแยกสายพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 3 สายพันธุ์จากน้ำพุร้อนบ้านโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า *Chroococcidiopsis* sp. สายพันธุ์ TS - 821 สามารถเจริญได้ในอาหารเพาะเลี้ยงในสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 50°C , pH ประมาณ 8 พบว่าสามารถตรึงไนโตรเจนได้ ทนต่อไนไตรท์ ซัลไฟต์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นสูง ๆ ได้ ปีเดียวกันนั้นFish and Codd (1994) ศึกษาการผลิตสารต่อต้านแบคทีเรียซึ่งผลิตจาก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทนร้อน *Phormidium* sp. โดยเลี้ยงแบบ batch culture โดยสามารถยับยั้งการเจริญของ heterotrophic bacteria ชนิดกรัมบวก และกรัมลบหลายชนิดพร้อมกันนั้นยังสามรถยับยั้งเชื้อยีสต์และรา เช่น *Candida albicans* และ *Cladosporium resinae* ปีต่อมา Sakamoto *et. al.* (1995) ศึกษาสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* จากน้ำพุร้อนในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงๆได้ โดยสาหร่ายชนิดนี้สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 42°C และสามารถเจริญได้ดีในชุดการทดลองที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 40%ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายชนิดนี้มีความเหมาะสมในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมได้ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Hefley (2000) รายงานว่าทีมวิศวกรจากมหาวิทยาลัย Ohio ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างตัวกรองแบบใหม่ที่ทำจากสิ่งมีชีวิต (new living filter) ซึ่งทำมาจาก culture ของสาหร่ายในน้ำพุร้อน Yellowstone National Park ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงงานได้ โดยตัวกรองจะยึดติดกับระบบเผาไหม้ของโรงงานเผาถ่านหิน สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 20% ซึ่งมีความเหมาะสมในการบำบัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับหนึ่งและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในแนวทางเดียวกันเกี่ยวกับงานวิจัยที่มุ่งแก้ไขสภาพแวดล้อมดังที่กล่าวมาโดย Miyake *et al.* (1999) ได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจน จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสำรวจแหล่งน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือตอนบน

สำรวจแหล่งน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือตอนบน ที่มีสภาพแวดล้อมที่เป็นธรรมชาติและมีอุณหภูมิแตกต่างกันชัดเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ในน้ำพุร้อนแต่ละแหล่งทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยแบ่งตามอุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมรอบๆจุดเก็บตัวอย่าง กำหนดแหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษาออกได้ดังนี้

แหล่งที่ 1 น้ำพุร้อนสันกำแพง กิ่งอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่ 2 น้ำพุร้อนโป่งเดือด อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่ 3 น้ำพุร้อนเทพนม อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่ 4 โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่ 5 น้ำพุร้อนแม่ฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่ 6 น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง

แหล่งที่ 7 น้ำพุร้อนท่าปาย อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหล่งที่ 8 โป่งน้ำร้อนแม่จัน อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

แหล่งที่ 9 น้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

เก็บตัวอย่างแต่ละแหล่งที่กำหนดไว้ ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนโดยน้ำพุร้อนสันกำแพง ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 14 มกราคม 2543 และฤดูฝนวันที่ 21 พฤษภาคม 2543น้ำพุร้อนโป่งเดือด ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่10 มีนาคม 2542 และฤดูฝนวันที่ 3 มิถุนายน 2543 น้ำพุร้อนเทพนม ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 2 เมษายน 2542 และฤดูฝนวันที่ 4 มิถุนายน 2543 โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2542 และหน้าฝนวันที่วันที่ 19 มิถุนายน 2542 น้ำพุร้อนแม่ฝาง ทำการเก็บตัวอย่างในหน้าฝนวันที่ 27 พฤษภาคม 2542 น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 29 มกราคม 2543 และฤดูฝนวันที่ 18 มิถุนายน 2542 น้ำพุร้อนท่าปาย ทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 7 มกราคม 2543 และฤดูฝนวันที่ 13 สิงหาคม 2542 โป่งน้ำร้อนแม่จัน ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 21 ธันวาคม 2542 และฤดูฝนวันที่ 31 พฤษภาคม 2543 น้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยมทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน วันที่ 31 พฤษภาคม 2543

ในแต่ละแหล่งกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ตามระดับของอุณหภูมิดังนี้

ระดับที่ 1 30-39 °C

ระดับที่ 2 40-49 °C

ระดับที่ 3 50-59 °C

ระดับที่ 4 60-69 °C

ระดับที่ 5 70-80 °C

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการศึกษาคุณภาพน้ำ และสาหร่าย

1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ

- ขวดโพลีเอธิลีน
- ขวด BOD
- กระบวย หรือขันตักน้ำ
- กระติกน้ำร้อน
- ช้อน
- คีมคีบ (Forceps)
- แปรงสีฟัน
- ภาชนะที่มีฝาปิด และทนความร้อน
- ถุงพลาสติก และยางรัด

1.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- เทอร์โมมิเตอร์
- เครื่องวัดความสูงจากระดับน้ำทะเล (altimeter)
- เครื่อง pH meter ของบริษัท GmH Weriheim ประเทศเยอรมัน
- เครื่อง turbidity meter ของบริษัท Cole Parmer
- เครื่อง conductivity meter ของบริษัท Ciba Corning
- สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ความเป็นด่าง ได้แก่ ฟีนอล์ฟธาลีน เมธิลออเรนจ์ และ H_2SO_4 0.02 N
- สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ได้แก่ $MnSO_4$, Alkaline iodide azide reagent (AIA), H_2SO_4conc. และ

$Na_2S_2O_3$ 0.025 N

- Spectrophotometer รุ่น DR 2000 ของบริษัท Hach ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.3 อุปกรณ์ศึกษาชนิด และปริมาณสาหร่าย

- กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบชนิดถ่ายภาพได้ และมีอุปกรณ์ในการวาดภาพ ของบริษัท Olympus รุ่น B201
- กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)
- สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
- หนังสือในการจัดจำแนกชนิดสาหร่าย

2. ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อน

2.1 ศึกษาลักษณะของแหล่งน้ำ และท้องน้ำ

2.2 วัดอุณหภูมิของน้ำและอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

2.3 วัดค่าความสูงจากระดับน้ำทะเล (altitude) โดยใช้ altimeter

2.4 วัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) โดยใช้ Conductivity meter ชุด electrode kit

2.5 วัด pH ของน้ำ โดยใช้ pH meter ชุด electrode kit

2.6 วัดค่าความขุ่นโดยใช้ turbidity meter

2.7 หาค่าความเป็นด่าง (alkalinity) โดยใช้วิธี Phenolpthalein methyl orange indicator (APHA, AWWA and WPCF, 1992)

2.8 หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยวิธีไตเตรทโดยใช้ Azide modification method (APHA, AWWA and WPCF, 1992)

2.9 หาปริมาณสารอาหารไนเตรท ไนโตรเจน แอมโมเนียม ไนโตรเจน Soluble reactive phosphorus (SRP) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR 2000 ของบริษัท Hach ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. เก็บตัวอย่างสาหร่ายมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.1 สาหร่ายพวกที่เกาะอยู่บนหิน ขูดด้วยมือหรือปัดด้วยแปรง ให้ตัวอย่างไหลลงในภาชนะที่มีฝาปิดและทนความร้อน

3.2 สาหร่ายที่อยู่บริเวณท้องน้ำหรือผิวน้ำ ค่อยๆเอาช้อนตักที่ผิว ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อน

3.3 สาหร่ายขนาดใหญ่ หรือสาหร่ายพวกเส้นสาย โดยเก็บสาหร่ายที่เกาะอยู่บน substrate

ต่างๆใส่ในถุงพลาสติก หรือภาชนะที่ทนความร้อน

ทำการเก็บรักษาสาหร่ายด้วย formalin 5 % หรือ glutaraldehyde 2% (วิรัชนีย์, 2534 และ Dell'Uomo, 1986)

4. วินิจฉัยชนิด และปริมาณสาหร่ายที่สำรวจพบ

4.1 วินิจฉัยชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำรวจพบจากหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น

- Huber-Pestalozzi (1938)
- Desikachary (1959)
- Anagnostidis, Economou-Amilli and Makris (1988)
- Anagnostidis and Komarèk (1985; 1988; 1990)
- Hoffmann (1988)
- Kovácik (1988)
- Komarèk and Anagnostidis (1989)
- Komarèk and Anagnostidis (1999)

4.2 วินิจฉัยชนิดของไดอะตอมที่สำรวจพบจากหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น

- Huber-Pestalozzi (1942)
- Compère and Delmote (1986)
- Krammer and Lange-Bertalot (1986; 1988; 1991a; 1991b)
- Anna and Azevedo (1995)

4.3 วินิจฉัยชนิดของสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ ที่สำรวจพบจากหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น

- Prescott (1970)
- Huber-Pestalozzi (1955)
- Huber-Pestalozzi (1983)
- Croascdale and flint (1986; 1988)

4.4 วาดรูปและถ่ายรูปสาหร่าย จากกล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope ส่วนไดอะตอมบางชนิดถ่ายด้วย scanning electron microscope เพื่อทำการวินิจฉัยถึงระดับ species ต่อไป

4.5 คำนวณค่า relative abundance เพื่อหาปริมาณสาหร่ายโดยแสดงชนิดที่พบบ่อย (frequency species) = +++ ชนิดที่พบปานกลาง (moderate species) = ++ ชนิดที่พบน้อย (rare species) = + และชนิดที่ไม่พบเลย (non detectable) = - (Compère and Dellmotte, 1986 ; Dell'Uomo, 1986)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลทางด้านชนิด ปริมาณสาหร่าย และคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติด้านนิเวศวิทยา ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Non parametric statistic เพื่อหาองค์ประกอบทางด้านกายภาพ และเคมีของน้ำพุร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง species composition ของสาหร่าย โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Kruskal Wallis Test, Mann Whitney Test, Correlations Analysis และ Cluster Analysis

6. สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

6.1 แหล่งน้ำพุร้อนที่กำหนดไว้ในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

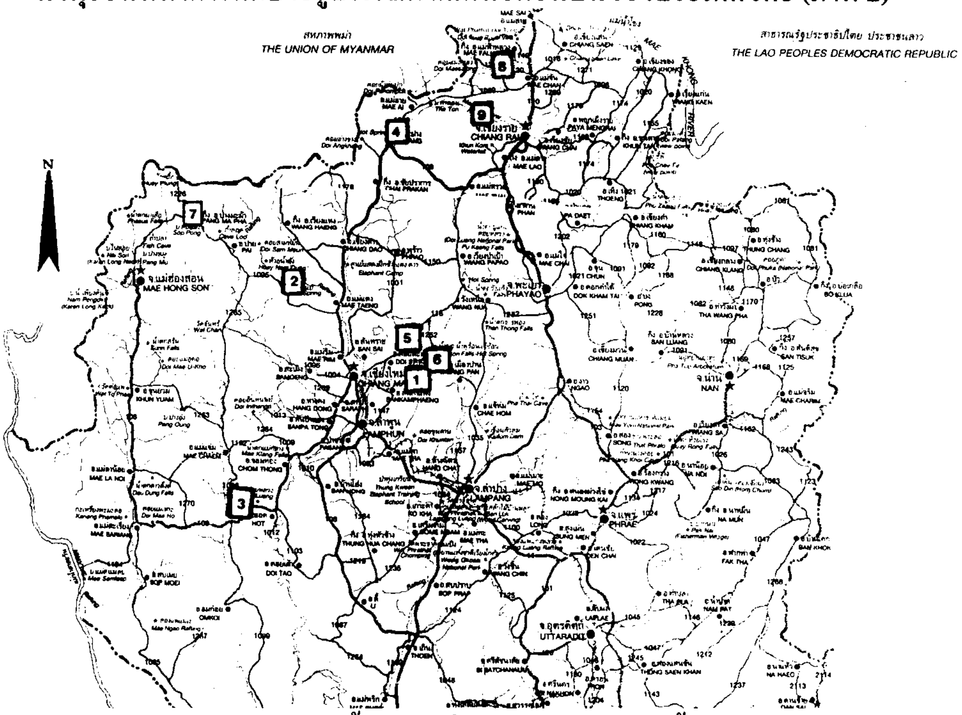
6.2 ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

7. ระยะเวลาในการดำเนินงาน

18 เดือน ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2542 ถึง สิงหาคม 2543

แหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษา

น้ำพุร้อนที่ทำการศึกษาอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (ภาพ 2)



ภาพ 2 แหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 แหล่ง

1. น้ำพุร้อนสันกำแพง

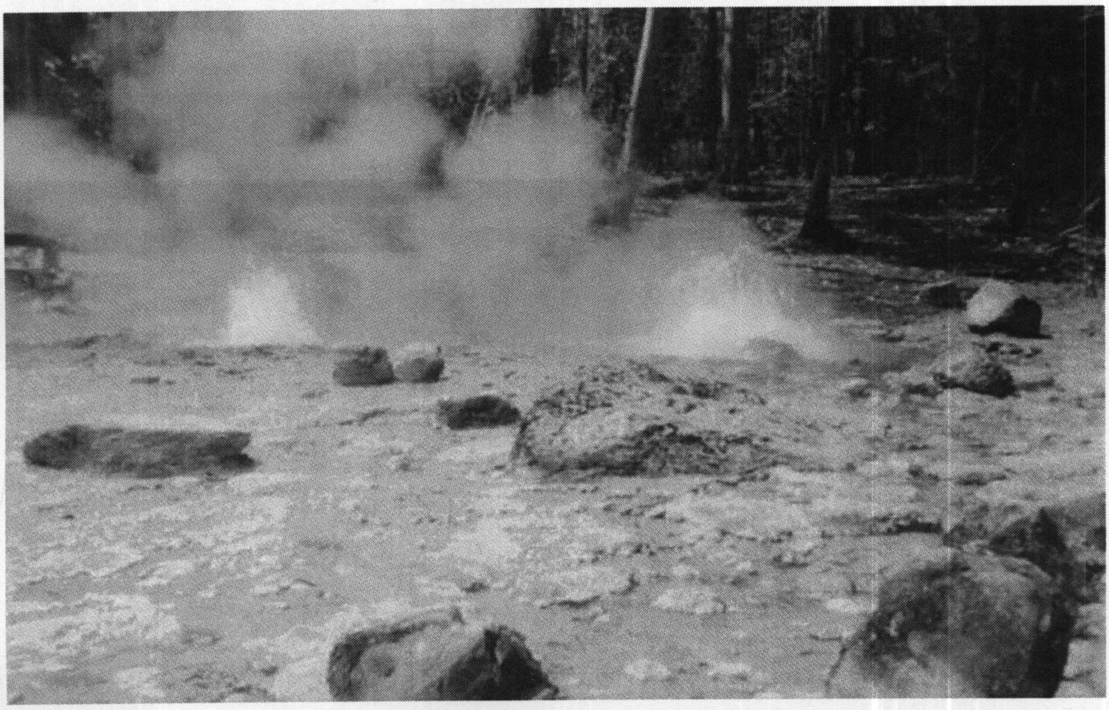
ตั้งอยู่หมู่ที่ 7 ตำบลสหกรณ์ กิ่งอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากตัวเมืองประมาณ 23 กิโลเมตร ตั้งอยู่บริเวณเส้นรุ้ง 18°48′52″ เหนือ และเส้นแวง 99° 13′48″ ตะวันออก แหล่งที่ตั้งอยู่ในที่ราบของแอ่งระหว่างภูเขา ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 400 เมตร แต่เดิมมีน้ำพุร้อนจำนวนมากกว่า 20 บ่อ เกิดตามแนวลำธารเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตร อุณหภูมิน้ำที่ผิวดิน 99 °C น้ำพุร้อนเป็นพวก hot pool type และ seep type เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ใช้ในงานเกษตรกรรมและงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่นการอบใบยาสูบ เป็นต้น (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; สุจิตร และ พินิจ, 2522; เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2534; Ramingwong *et al*.,1979; Ramingwong *et al*.,1980; Ramingwong *et al*.,1985) (ภาพ 3) โดยทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 14 มกราคม 2543 และฤดูฝนวันที่ 21 พฤษภาคม 2543

ภาพ 3 น้ำพุร้อนสันกำแพง

2. น้ำพุร้อนโป่งเดือด

ตั้งอยู่หมู่ที่ 5 บ้านแม่แสะ ตำบล ป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง เส้นรุ้ง 19° 18′ เหนือ และเส้นแวง 98° 42′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 500 เมตร เป็นบ่อน้ำพุร้อนธรรมชาติขนาดใหญ่ที่เดือดพล่าน และพวยพุ่ง

ขึ้นมาด้วยแรงดันใต้พิภพตลอดเวลา (geyser type) และ hot pool type อุณหภูมิน้ำผิวดินประมาณ 90-99 °C เกิดในบริเวณที่ราบเล็กๆระหว่างภูเขา น้ำพุร้อนบ่อใหญ่พุ่งขึ้นสูงประมาณ 2 เมตร ทุกๆ 30 วินาที ประกอบด้วยบ่อใหญ่ 3 บ่อ และบ่อเล็กๆกระจายอยู่ทั่วบริเวณ เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญ(โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; สุจิตร และ พินิจ, 2522; Ramingwong *et al.*,1985) (ภาพ 4) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่10 มีนาคม 2542 และฤดูฝนวันที่ 3 มิถุนายน 2543



ภาพ 4 น้ำพุร้อนโป่งเดือด

3. น้ำพุร้อนเทพนม

ตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติออบหลวง ในตำบลอมกุด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งอยู่บริเวณเส้นรุ้งที่ 19° 18′ เหนือ และเส้นแวง 98° 36′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเล 470 เมตร มีจำนวนบ่อน้ำพุมากกว่า 15 บ่อ เป็นชนิด hot pool type อุณหภูมิน้ำที่ผิวดินประมาณ 98°C เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญ และยังเป็นแหล่งท่องเที่ยว พักผ่อนหย่อนใจที่สำคัญแห่งหนึ่ง (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2534; Ramingwong *et al.*,1985) (ภาพ 5) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 2 เมษายน 2542 และฤดูฝนวันที่ 4 มิถุนายน 2543

ภาพ 5 น้ำพุร้อนเทพนม

4. โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด

ตั้งอยู่ที่บ้านโป่งกุ่ม ตำบลป่าเมี่ยง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ตามเส้นทางเชียงใหม่- ดอยสะเก็ด-เชียงราย ประมาณ 28 กิโลเมตร บริเวณเส้นรุ้ง 18° 50′ เหนือ และเส้นแวง 99° 17′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเล 420 เมตร แหล่งน้ำพุร้อนมีอุณหภูมิน้ำที่ผิวดินประมาณ 85°C แหล่งน้ำพุร้อนเกิดในนาข้าวบนที่ราบระหว่างหุบเขา มีลักษณะเป็น hot pool type ต่อมามีการสร้างขอบบ่อเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 2-3 เมตร มีห้องอาบน้ำแร่สำหรับชาวบ้าน และนักท่องเที่ยว นอกจากนั้นในช่วงฤดูฝนชาวบ้านมักนำหน่อไม้ไปต้มในบ่อน้ำร้อน (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; สุจิตร และ พินิจ, 2522; เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2534) (ภาพ 6) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2542 และฤดูฝนวันที่วันที่ 19 มิถุนายน 2542

5. น้ำพุร้อนแม่ฝาง

ตั้งอยู่ที่ตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ห่างจากตัวจังหวัดประมาณ 150 กิโลเมตร และห่างจากตัวอำเภอฝางไปทางทิศตะวันตกประมาณ 10 กิโลเมตร บริเวณเส้นรุ้ง 19° 57′ เหนือ และเส้นแวง 99° 11′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 500 เมตร เป็น

แหล่งน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิน้ำที่ผิวดินประมาณ 99°C มีจำนวนน้ำพุร้อนมาก มีลักษณะเป็น hot pool type และ seep type อยู่บริเวณที่ราบลุ่มน้ำแม่ใจ เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญ มีโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้น้ำพุร้อน นอกจากนั้นใช้ในการอบแห้ง และห้องเย็นสำหรับรักษาพืชผลทางการเกษตร ใช้ในกิจการเพื่อกายภาพบำบัด และการท่องเที่ยว (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2534; Ramingwong *et al.*,1979; Ramingwong *et al.*,1980; Ramingwong *et al.*,1985) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝนวันที่ 27 พฤษภาคม 2542

ภาพ 6 โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด

6. น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน

ตั้งอยู่ในอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง บริเวณเส้นรุ้ง 18° 47′ เหนือ และเส้นแวง 99° 30′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 450 เมตร เป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิน้ำที่ผิวดินสูงสุดประมาณ 80°C ประกอบไปด้วยบ่อน้ำพุร้อนหลายบ่อ มีลักษณะเป็น hot pool type และ seep type พบในที่ราบลุ่มระหว่างเขา ใกล้กับน้ำแม่มอน น้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะไหลรวมกันลงน้ำแม่มอน เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ โดยมีแหล่งอาบน้ำแร่สำหรับนักท่อง

เที่ยว (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; Ramingwong *et al*.,1979) (ภาพ 7) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 29 มกราคม 2543 และฤดูฝนวันที่ 18 มิถุนายน 2542

ภาพ 7 น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน

7. น้ำพุร้อนท่าปาย

ตั้งอยู่ที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน บริเวณเส้นรุ้ง 19° 18′ 24″ เหนือ และเส้นแวง 98°28′34″ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 480 เมตร เป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิน้ำที่ผิวดินสูงสุดประมาณ 76°C เป็นแบบ hot pool type และ seep type ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 150x50 ตารางเมตร น้ำร้อนจะไหลลงสู่ห้วยโป่งไหม้จนเป็นธารน้ำร้อน (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; Ramingwong *et al*.,1979) (ภาพ 8) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 7 มกราคม 2543 และฤดูฝนวันที่ 13 สิงหาคม 2542

ภาพ 8 น้ำพุร้อนท่าปาย

8. โป่งน้ำร้อนแม่จัน

ตั้งอยู่ที่อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย บริเวณเส้นรุ้ง 20° 10′ เหนือ และเส้นแวง 99°53′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 420 เมตร อยู่ห่างจากตัวเมืองเชียงรายประมาณ 30 กิโลเมตร เป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิน้ำที่ผิวดินสูงสุดประมาณ 93°C เป็นแบบ hot pool และ seep type เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญ ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำพุร้อนได้ (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; Ramingwong *et al*.,1979; Ramingwong *et al*.,1980; Ramingwong *et al*.,1985) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูแล้งวันที่ 21 ธันวาคม 2542 และฤดูฝนวันที่ 31 พฤษภาคม 2543

9. น้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม

ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย บริเวณเส้นรุ้ง 19° 56′ เหนือ และเส้นแวง 99° 50′ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 420 เมตร เป็นแหล่งน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิน้ำที่ผิวดินสูงสุดประมาณ 67°C เป็นแหล่งน้ำพุร้อนขนาดเล็กที่เกิดใกล้ๆ กับแม่น้ำกก มีลักษณะเป็นแบบ hot pool type น้ำพุร้อนจะไหลลงไปรวมกับแม่น้ำกก (โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ กรมทรัพยากรธรณี, 2529; Ramingwong *et al*.,1979) ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝนวันที่ 31 พฤษภาคม 2543

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการสำรวจสาหร่ายและคุณภาพน้ำบางประการของแหล่งน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือตอนบนได้แก่ น้ำพุร้อนสันกำแพง กิ่งอำเภอแม่ออน น้ำพุร้อนโป่งเดือด อำเภอแม่แตง น้ำพุร้อนเทพนม อำเภอแม่แจ่ม น้ำพุร้อนแม่ฝาง อำเภอฝาง และโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง น้ำพุร้อนท่าปาย อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โป่งน้ำร้อนแม่จัน อำเภอแม่จัน และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ในช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2542 ถึง สิงหาคม 2543 ศึกษาน้ำพุร้อนแต่ละแห่ง 2 ครั้ง ในฤดูแล้งและฤดูฝนยกเว้นน้ำพุร้อนแม่ฝางและน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยมที่เก็บเฉพาะในฤดูฝนเท่านั้น ปรากฏผลดังนี้

1. สภาพ แวดล้อมของแต่ละแหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษา

1.1 **น้ำพุร้อนสันกำแพง** กิ่งอำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพ 3) เป็นแหล่งน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ซึ่งก่อนที่จะมีการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว มีบ่อน้ำพุร้อนจำนวนมาก แต่ปัจจุบันมีการปรับปรุงสร้างเป็นบ่อซีเมนต์และขุดลอกธารน้ำอยู่เสมอเพื่อให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สวยงาม ทำให้ความหลากหลายของสาหร่ายลดลงเนื่องจากพื้นที่ถูกรบกวนจากมนุษย์เพิ่มขึ้น (ประวิทย์, 2533) สภาพทั่วไปของน้ำพุร้อนโดยทั่วไปพบว่าในบ่อน้ำมีสีใส ส่วนธารน้ำร้อนมีสาหร่ายปกคลุมอยู่ทั่วไป ยกเว้นบ่อที่มีน้ำพุ่งขึ้นมาเป็นระยะๆ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่สาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ ส่วนบริเวณบ่อน้ำร้อนซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 95°C มีกลิ่นกำมะถันมาก ส่วนธารน้ำร้อนอุณหภูมิต่ำลง พบว่ามีกลิ่นกำมะถันน้อยลง

1.2 **น้ำพุร้อนโป่งเดือด** อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพ 4) เป็นแหล่งน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ที่ยังมีลักษณะเป็นธรรมชาติอยู่มากไม่มีการรบกวนของมนุษย์มากนักถึงแม้จะพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวก็ตาม จะมีลักษณะเป็นบ่อน้ำพุพุ่งขึ้นมาตลอดเวลา น้ำมีอุณหภูมิสูง มีการปกคลุมของต้นไม้โดยรอบมีก้อนหินขนาดต่าง ๆ เรียงรายอยู่ในแหล่งน้ำ จำนวนบ่อน้ำพุร้อนมีปริมาณมาก มีกลิ่นกำมะถันมาก พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นพื้นกรวดทราย ซึ่งไม่มีสาหร่ายเจริญ บริเวณที่สายน้ำไหลลงมาตามลำธารจากตอนต้นของแหล่งน้ำ จะพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินปรากฏอยู่เป็นจำนวนมาก น้ำตกลงสู่เบื้องล่าง กระแสน้ำไหลแรงในช่วงหน้าฝน

1.3 **น้ำพุร้อนเทพนม** อยู่ในอุทยานแห่งชาติออบหลวง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพ 5) เป็นแหล่งน้ำพุร้อนธรรมชาติที่ปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวแต่ไม่ค่อยมีการรบกวนจากภายนอกมากนัก มีบ่อน้ำพุร้อนหลายแหล่งอยู่ในบริเวณห่าง ๆ กันส่วนใหญ่เป็นบ่อ

ขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะอยู่กลางแจ้งไม่มีร่มไม้ปกคลุม และมีกลิ่นกำมะถัน ธารน้ำพุร้อนหลายสาย พื้นน้ำจะเป็นกรวด ดิน และหินขนาดเล็ก พื้นท้องน้ำตื้น น้ำมีสีใส มีสาหร่ายปกคลุมอยู่ทั่วไป

1.4 **น้ำพุร้อนแม่ฝาง** อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพที่สำคัญซึ่งในปัจจุบันเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ น้ำผิวดินมีอุณหภูมิสูง มีกลิ่นกำมะถันมาก มีบ่อน้ำร้อนหลายบ่ออุณหภูมิแตกต่างกัน ในหน้าฝนจะมีธารน้ำเย็นจากบ้านเรือนไหลเข้ามา ทำให้อุณหภูมิของธารน้ำลดลงเล็กน้อยและเนื่องจากพื้นที่ไม่มีการรบกวนจากมนุษย์มากนักทำให้สภาพแวดล้อมไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่กลางแจ้งไม่มีร่มไม้ปกคลุม พื้นธารน้ำจะมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย บริเวณพื้นท้องน้ำ และธารน้ำร้อนพบสาหร่ายปรากฏอยู่ทั่วไป

1.5 **โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด** อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพ6) เป็นแหล่งน้ำพุร้อนขนาดเล็กมีบ่อน้ำพุร้อนเพียงเล็กน้อยอุณหภูมิน้ำไม่สูงมากนักมีกลิ่นกำมะถันเล็กน้อย น้ำมีสีใส พื้นธารน้ำเป็นกรวดหินและดิน ปัจจุบันได้เปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวพร้อมกันนั้นมีประชาชนและชาวบ้านนำหน่อไม้มาต้มในบ่อน้ำร้อนทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม บริเวณธารน้ำร้อนจะมีสาหร่ายปรากฏอยู่ทั่วไป สภาพแวดล้อมตั้งอยู่กลางแจ้งไม่มีร่มไม้ปกคลุม

1.6 **น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน** อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง (ภาพ7) ตั้งอยู่ในอุทยานแห่งชาติแจ้ซ้อนเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก น้ำพุร้อนตั้งอยู่กลางแจ้งรอบ ๆ มีต้นไม้ปกคลุม สภาพแหล่งน้ำจะมีก้อนหินขนาดใหญ่มากมาย พื้นท้องน้ำมีก้อนหินขนาดต่างๆ กรวด ดิน ตะกอนพื้นท้องน้ำจะมีสีเทา น้ำมีสีใสและมีกลิ่นกำมะถัน อุณหภูมิของน้ำไม่สูงมากนัก มีธารน้ำพุร้อนหลายแห่งกระแสน้ำไหลค่อนข้างเร็วและมีสาหร่ายปกคลุมอยู่ทั่วไป

1.7 **น้ำพุร้อนท่าปาย** อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ภาพ 8) เป็นบ่อน้ำพุร้อนขนาดไม่ใหญ่มากนัก มีบ่อน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ 2 บ่อ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-4 เมตร น้ำพุ่งขึ้นมาบนแอ่งตลอดเวลา ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน น้ำดังกล่าวไหลลงสู่ลำธารด้านล่าง กระแสน้ำไหลค่อนข้างเร็ว ปริมาณน้ำที่ไหลออกมามาก บริเวณรอบๆ ถูกปกคลุมไปด้วยต้นไม้และร่มไม้ พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นก้อนหินและกรวดทราย มีสาหร่ายปกคลุมอยู่ทั่วไป

1.8 **โป่งน้ำร้อนแม่จัน** อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย มีบ่อน้ำพุร้อนขนาดเล็กหลาย ๆ บ่อไหลลงสู่แอ่งน้ำเย็นเบื้องล่าง ลักษณะพื้นท้องน้ำมีตะกอนสีเทาดำ อุณหภูมิสูง น้ำมีลักษณะใส ไม่มีสี มีกลิ่นกำมะถันมาก ไม่ค่อยถูกรบกวนจากภายนอกมากนัก ต่อมาภายหลังได้พัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว มีการสร้างบ่อซีเมนต์ล้อมรอบบ่อน้ำพุร้อนไว้บ้าง แหล่งน้ำส่วนใหญ่ตั้งอยู่กลางแจ้งได้รับแสงเต็มที่ไม่ค่อยมีร่มไม้ปกคลุม กระแสน้ำไหลปานกลางถึงค่อนข้างเร็ว โดยทั่วไปพบสาหร่ายบริเวณพื้นท้องน้ำ และบริเวณธารน้ำร้อน

1.9 **น้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม** อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย มีบ่อน้ำพุร้อนขนาดใหญ่เพียงบ่อเดียวตั้งอยู่กลางแจ้งไหลลงสู่แม่น้ำกก น้ำใสไม่มีสี พื้นท้องน้ำเป็นดินและกรวดขนาดเล็กรอบ ๆ บ่อมีสาหร่ายลอยปกคลุมผิวหน้า

2. การกระจายของสาหร่ายในแหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษา

จากการสำรวจสาหร่ายกลุ่มต่าง ๆ ในแหล่งน้ำพุร้อนบริเวณภาคเหนือตอนบนจำนวน 9 แหล่ง พบสาหร่ายทั้งหมด 48 genera 78 species (ตาราง 1) แบ่งออกเป็น 4 Divisions คือ Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta และ Euglenophyta (ภาพ 9) สาหร่ายที่เป็นกลุ่มเด่นคือสาหร่ายใน Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) พบทั้งหมด 21 genera 39 species คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สาหร่ายในกลุ่ม Bacillariophyta (ไดอะตอม) พบทั้งหมด 19 genera 29 species คิดเป็น 37 เปอร์เซ็นต์ สาหร่ายในกลุ่ม Chlorophyta พบ 7 genera 9 species คิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และ สาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ ในกลุ่ม Euglenophyta พบเพียง 1 species คิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อศึกษาการกระจายของสาหร่ายตามช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 30-80°C โดยแบ่งเป็น 5 ระดับคือ 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 และ 70-80°C พบสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ดังในตาราง 1 ภาพ 10

2.1 ความหลากหลายของสาหร่าย

ในช่วงอุณหภูมิ 30-39°C มีจำนวนชนิดสาหร่ายมากที่สุดคือ 47 genera 75 species คิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุดคือ 20 genera 36 species รองลงมาคือไดอะตอม 19 genera 29 species สาหร่ายสีเขียว 7 genera 9 species และสาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ 1 species ตามลำดับ รองลงมาคือช่วง 40-49 °C พบสาหร่าย 38 genera 65 species คิดเป็น 32 เปอร์เซ็นต์ โดยพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 20 genera 38 species รองลงมาคือไดอะตอม 16 genera 25 species และสาหร่ายสีเขียว 2 genera 2 species ตามลำดับ ช่วงอุณหภูมิ 50-59°C พบสาหร่าย 18 genera 28 species คิดเป็น 17 เปอร์เซ็นต์ โดยพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 13 genera 23 species และไดอะตอม 5 genera 5 species ช่วงอุณหภูมิ 60-69°C พบสาหร่าย 3 genera 5 species คิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ โดยสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทุกชนิด และช่วงอุณหภูมิ 70-80°C พบสาหร่าย 1 genus 3 species คิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทุกชนิดเช่นกัน (ภาพ 11) ซึ่งพบว่ายิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจำนวนชนิดสาหร่ายยิ่งลดลง

ตาราง 1 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

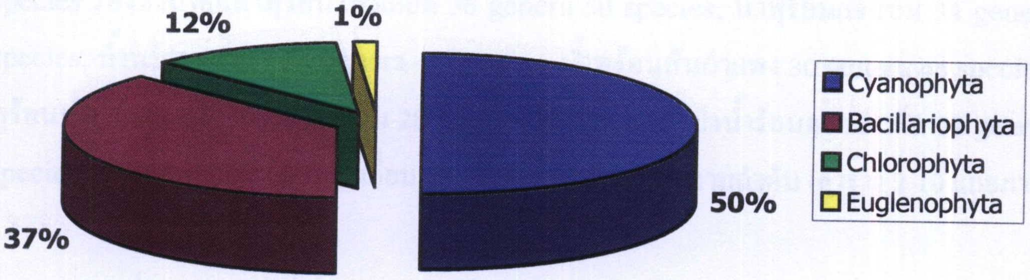
ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-39	40-49	50-59	60-69	70-80
Cyanophyta					
Aphanothece bullosa (Meneghini) Rabenhorst	+	+	+	-	-
Bacularia thermalis Frémy	+	+	-	-	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	+	++	-	-	-
Calothrix sp.	+	+	-	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	+	++	++	-	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	++	++	+	-	-
C. minor (Kützing) Nägeli	++	++	-	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	++	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	++	++	-	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	+	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	+	++	++	-	-
C. spectabilis (Geitler) Kovácik	+	+	+	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	++	-	-
Gloeocapsa gelatinosa Kützing	++	+	-	-	-
Homoeothrix sp.	+	+	-	-	-
Lyngbya majuscula Harvey ex Gomont	++	++	+	-	-
L. parelegans Lemmermann	+	++	++	-	-
Lyngbya sp.	++	++	++	-	-
Mastigocladus laminosus Cohn	+	++	++	+	-
Merismopedia sp.	+	-	-	-	-
Onkonema compactum Geitler	+	+	-	-	-
Oscillatoria chlorina Kützing èx Gomont	+	+	+	-	-
O. limosa Ag. Ex Gomont	+	+	-	-	-
O. sancta (Kützing) Gomont	+	+	-	-	-
O. splendida Grev. Ex Gomont	+	+	+	-	-

ตาราง 1 (ต่อ)

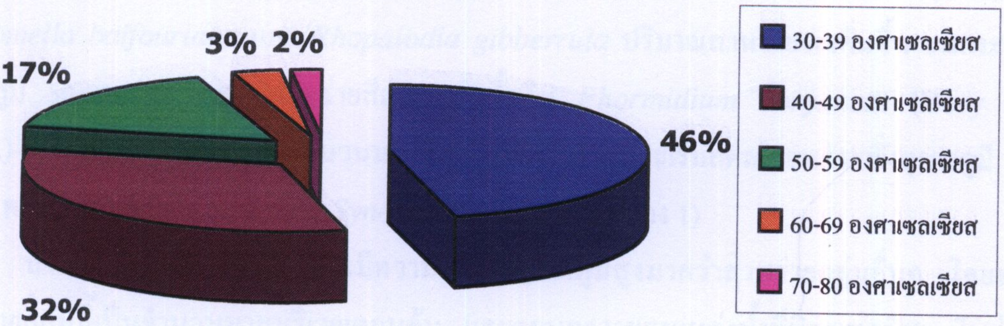
ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-39	40-49	50-59	60-69	70-80
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-
O. willei Gardner em. Drouet	+	++	+	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.) - Anagn. Et Kom.	+	+++	+++	-	-
P. laminosum Gomont	+	++	-	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	++	++	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	+	++	++	-	-
Rivularia dura Roth	+	+	-	-	-
Scytonema coactile Mont.	++	++	-	-	-
S. mirabile (Dillw.) Born.	++	++	-	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	++	+	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	-	+	++	++	+
Sy. lividus Copeland	-	++	++	+++	+
Synechococcus sp.	-	+	++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	++	++	-	-
Bacillariophyta					
Achnanthes exigua Grunow	++	+	+	-	-
A. lanceolata (Brébisson) Grunow	+	+	-	-	-
Achnanthes sp.	+	+	-	-	-
Amphora sp.	+	+	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	+	++	++	-	-
Caloneis sp.	+	+	-	-	-
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	+	-	-	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	-	-	-
Diploneis sp.	+	+	-	-	-
Epithemia zebra (Ehrenberg)Kützing	+	+	-	-	-
Eunotia sp.	+	+	-	-	-
Fragilaria sp.	+	-	-	-	-

ตาราง 1 (ต่อ)

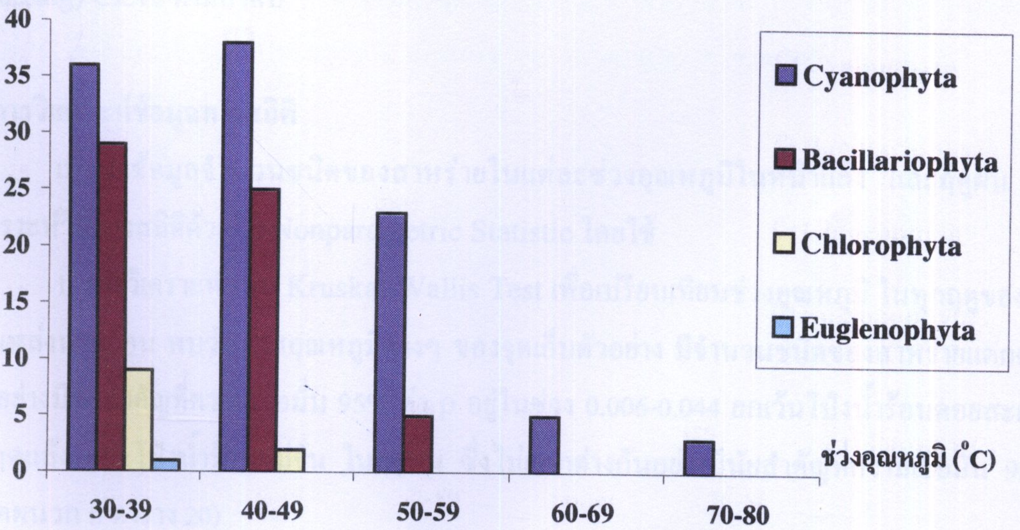
ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-39	40-49	50-59	60-69	70-80
Gomphonema augur Ehrenberg	+	+	-	-	-
G. gracile Ehrenberg	+	-	-	-	-
Hantzschia sp.	+	+	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-
N. scalpelliformis (Grunow) Grunow	+	+	-	-	-
N. thermalis Kützing	+	+	+	-	-
Pinnularia divergens W. Smith	+	+	-	-	-
Pi. viridis (Nitzsch)Ehrenberg	++	+	-	-	-
Pinnularia sp. 1	++	+	-	-	-
Pinnularia sp. 2	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	++	-	-
Rhopalodia sp.	+	+	-	-	-
Stauroneis sp.	+	+	-	-	-
Surirella biseriata Brébisson	++	++	-	-	-
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg	+	-	-	-	-
Chlorophyta					
Chlorella vulgaris Beyerinck	+	-	-	-	-
Cladophora glomerata Kützing	++	-	-	-	-
Closterium ehrenbergii Meneghini	++	-	-	-	-
Cosmarium sp. 1	+	-	-	-	-
Cosmarium sp. 2	+	-	-	-	-
Cosmarium sp. 3	+	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	++	+	-	-	-
Pleurotaenium sp.	+	-	-	-	-
Spirogyra sp.	++	+	-	-	-
Euglenophyta					
Trachelomonas sp.	+	-	-	-	-



ภาพ 9 เปอร์เซ็นต์ชนิดสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง



ภาพ 10 เปอร์เซ็นต์ชนิดสาหร่ายที่พบตามช่วงระดับอุณหภูมิ ตั้งแต่ 30-80 °C



ภาพ 11 ชนิดสาหร่ายที่พบตามช่วงอุณหภูมิ 30-39 °, 40-49 °, 50-59 °, 60-69 ° และ 70-80 °C

น้ำพุร้อนเทพนมมีความหลากหลายของสาหร่ายมากที่สุดโดยพบทั้งหมด 38 genera 56 species รองลงมาคือน้ำพุร้อนโป่งเดือด 36 genera 50 species, น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน 34 genera 49 species, น้ำพุร้อนแม่ฝาง 30 genera 46 species, น้ำพุร้อนสันกำแพง 30 genera 44 species, น้ำพุร้อนท่าปาย และโป่งน้ำร้อนแม่จัน 28 genera 37 species, โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด 28 genera 33 species, และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม 22 genera 32 species ตามลำดับ (ตาราง 2-10 และภาพ 12)

2.2 ประชากรสาหร่าย

อุณหภูมิ 30-39°C พบสาหร่ายในปริมาณไม่มากนัก ส่วนใหญ่จะเป็นสาหร่ายสีเขียวที่เป็นเส้นสาย เช่น *Spirogyra* sp. และ *Oedogonium areolatum* และมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดเช่น *Chroococcus* sp.และ *Lyngbya* spp. รวมทั้งสาหร่ายพวกไดอะตอมชนิดต่างๆด้วย เช่น *Diatomella balfouriana* และ *Rhopalodia gibberrula* ปริมาณสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งอุณหภูมิ 50-59 °C โดยพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.)-Anagn.Et Kom. เป็นจำนวนมากที่สุด และปริมาณก็จะเริ่มลดลง จนกระทั่งอุณหภูมิ 80 °C ซึ่งพบสาหร่ายเพียงกลุ่มเดียวคือ *Synechococcus* spp. (ตาราง 1)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะมีความทนต่ออุณหภูมิสูงมากกว่าสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ โดยพบสาหร่ายกลุ่มนี้เป็นจำนวนมากบริเวณตอนต้น และตอนกลางของแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ในช่วงปลายธารน้ำร้อนจะพบสาหร่ายกลุ่มอื่นๆมากขึ้น โดยเฉพาะไดอะตอม ซึ่งสามารถพบได้ในอุณหภูมิ 20- 49°C ไดอะตอมที่เป็น dominant species คือ *Diatomella balfouriana* Grev. รองลงมาคือ *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O. Müller และ *Diploneis elliptica* (Kützing) Cleve ตามลำดับ

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อนำข้อมูลจำนวนชนิดของสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิในหน้าแล้ง และฤดูฝน มาวิเคราะห์วิธีทางสถิติด้วยวิธี Nonparametric Statistic โดยใช้

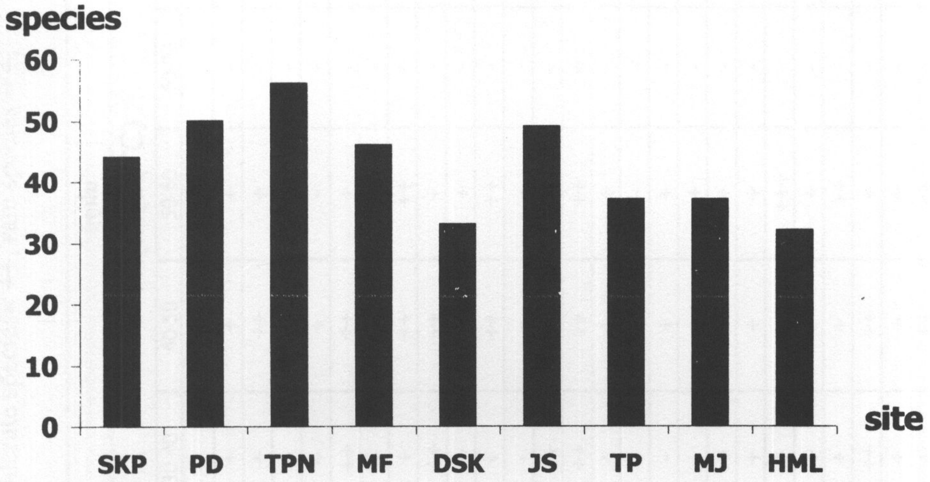
1. การวิเคราะห์แบบ Kruskal Wallis Test เพื่อเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิ ในทุกฤดูของแต่ละแหล่งน้ำพุร้อน พบว่า ช่วงอุณหภูมิต่างๆ ของจุดเก็บตัวอย่าง มีจำนวนชนิดของสาหร่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ค่า p อยู่ในช่วง 0.006-0.044 ยกเว้นโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ดในฤดูแล้ง และโป่งน้ำร้อนแม่จัน ในฤดูฝน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% (ภาคผนวก ก ตาราง 20)

2. *เมื่อวิเคราะห์โดยใช้ Mann Whitney Test เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนชนิด* ในแต่ละฤดู พบว่าทุกช่วงอุณหภูมิในแต่ละแหล่ง จำนวนชนิดของสาหร่ายไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นที่น้ำพุร้อนเทพนมในช่วงอุณหภูมิ 40-49°C พบว่าจำนวนชนิดสาหร่ายมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %ค่า ρ เท่ากับ 0.034 (ภาคผนวก ก ตาราง 21 และภาพ 13)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Correlation Analysis โดยวิธีของ Pearson ระหว่างช่วงอุณหภูมิ และฤดู กับจำนวนชนิดสาหร่ายพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเชื่อมั่น 99 % ค่า ρ อยู่ในช่วง 0.00-0.06 และที่ความเชื่อมั่น 95% ค่า ρ เท่ากับ 0.037 ที่จุดเก็บตัวอย่างโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ดในฤดูแล้ง ρโดยอุณหภูมิจะส่งผลต่อจำนวนสาหร่ายในทุกฤดู อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้จำนวนชนิดลดลง (ภาคผนวก ก ตาราง 22) และเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทางกายภาพ และเคมีอื่นๆ คือ pH, Conductivity, Alkalinity, DO, ซัลไฟด์, SRP, NO_3^-, NH_3 และ Turbidity ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % พบว่าจำนวนสาหร่ายมีความสัมพันธ์กับ DO, ซัลไฟด์, SRP, NO_3^- และ NH_3 โดยสาหร่ายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ DO และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับซัลไฟด์, SRP, NO_3^- และ NH_3 ซึ่งมีค่า ρ เท่ากับ 0.00 (ภาคผนวก ก ตาราง 23)

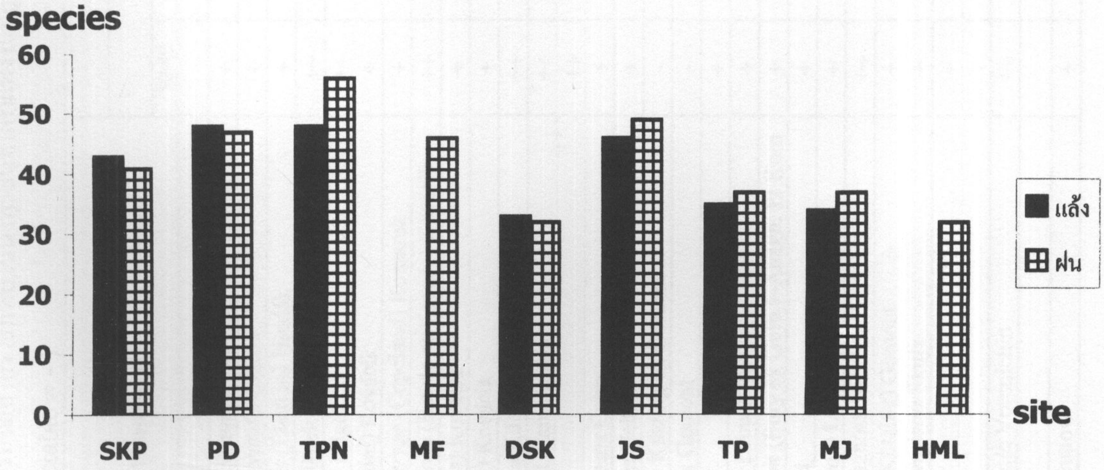
นอกจากอุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดของสาหร่ายแล้วพบว่า ค่า DO, ซัลไฟด์, SRP, NO_3^-, NH_3 และ turbidity มีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดของสาหร่าย โดยค่า DO, ซัลไฟด์, SRP, NO_3^-, NH_3 จะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณสาหร่าย ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ ค่า turbidity มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนชนิดของสาหร่าย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Cluster Analysis พบว่าจำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในช่วงอุณหภูมิ 60-69°C และ 70-80°C มีความใกล้เคียงกัน และจำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในช่วงอุณหภูมิ 30-39°C มีความใกล้เคียงกับที่ 40-49°C และ50-59°C (ภาคผนวก ก ภาพ 39)



ภาพ 12 จำนวนชนิดสาหร่ายทั้งหมดที่พบในแต่ละแหล่งน้ำพุร้อน ทั้ง 9 แหล่ง

SKP = น้ำพุร้อนสันกำแพง
PD = น้ำพุร้อนโป่งเดือด
TPN = น้ำพุร้อนเทพนม
MF = น้ำพุร้อนแม่ฝาง
DSK = โป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด
JS = น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน
TP = น้ำพุร้อนท่าปาย
MJ = โป่งน้ำร้อนแม่จัน
HML = น้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม



ภาพ 13 จำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนแต่ละแหล่งในฤดูแล้งและฤดูฝน

ตาราง 2 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนสันกำแพงในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species= ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง ช่วงอุณหภูมิ (°C) 30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	ฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ (°C) 30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	+	++	+	-	-	+	+	+	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	+	++	++	-	-	+	++	+	-	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
C. minor (Kützing) Nägeli	++	+	+	-	-	+	+	-	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	+	++	++	-	-	+	++	+	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	+	-	-
C. spectabilis (Geitler) Kovácik	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	++	-	-	+	++	++	-	-
Gloeocapsa gelatinosa Kützing	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Lyngbya parelegans Lemmermann	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Mastigocladus laminosus Cohn	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Onkonema compactum Geitler	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Oscillatoria chlorina Kützing ex Gomont	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
O. splendida Grev. Ex Gomont	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-	+	++	+	-	-
O. willei Gardner em. Drouet	+	++	+	-	-	+	+	+	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)–Anagn. Et Kom	+	++	+++	-	-	+	++	+++	-	-
P. laminosum Gomont	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	++	+	-	-	+	+	++	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-	++	++	+	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	++	+	-	-	+	+	+	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Sy. lividus Copeland	+	++	++	++	+	+	++	++	++	+
Synechococcus sp.	+	++	+++	+++	+++	+	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Bacillariophyta										
Achnanthes exigua Grunow	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-

ตาราง 2 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Achnanthes sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	++	-	-	++	++	+	-	-
Gomphonema gracile Ehrenberg	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Hantzschia sp.	+	-	-	-	-	+		-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Nitzschia thermalis Kützing	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Chlorophyta										
Chlorella vulgaris Beyerinck	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladophora glomerata Kützing	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	++	-	-	-	-	++	+	-	-	-
Spirogyra sp.	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Euglenophyta										
Trachelomonas sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 3 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งเดือดในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Aphanothece bullosa (Meneghini) Rabenhorst	+	++	+	-	-	+	++	++	-	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-

ตาราง 3 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	+	++	-	-	-	-	-	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	++	+	–	+	++	++	+	–
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. spectabilis (Geitler) Kovácik	+	++	+	-	-	++	+	+	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	++	-	-	+	++	++	-	-
Gloeocapsa gelatinosa Kützing	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Lyngbya majuscula Harvey ex Gomont	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
L. parelegans Lemmermann	++	++	++	-	-	++	++	+	-	-
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Mastigocladus laminosus Cohn	+	+	+	-	-	+	++	+	-	-
Merismopedia sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Onkonema compactum Geitler	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Oscillatoria splendida Grev. Ex Gomont	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-	+	++	+	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	+++	+++	-	-	+	+++	+++	-	-
P. laminosum Gomont	+	++	+	-	-	+	+	+	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Scytonema coactile Mont.	+	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	+	+	-	+	++	++	+	-
Sy. lividus Copeland	+	++	++	++	+	+	++	++	++	+
Synechococcus sp.	+	++	+++	+++	+++	+	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	++	-	-	-	+	++	-	-	-
Bacillariophyta										
Achnanthes exigua Grunow	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
A. lanceolata (Brébisson) Grunow	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Amphora sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Caloneis sp.	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-

ตาราง 3 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis sp.	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Gomphonema augur Ehrenberg	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
G. gracile Ehrenberg	++	+	-	-	-	++	+	+	-	-
Hantzschia sp.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
N. thermalis Kützing	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Pinnularia sp. 1	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Chlorophyta										
Cladophora glomerata Kützing	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Spirogyra sp.	++	+	-	-	-	++	-	-	-	-
Euglenophyta										
Trachelomonas sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 4 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนเทพนมในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Aphanothece bullosa (Meneghini) Rabenhorst	+	++	+	-	-	+	++	++	-	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
C. minor (Kützing) Nägeli	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. spectabilis (Geitler) Kovácik	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Gloeocapsa gelatinosa Kützing	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Lyngbya majuscula Harvey ex Gomont	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
L. parelegans Lemmermann	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Lyngbya sp.	++	++	+	-	-	++	++	++	-	-
Mastigocladus laminosus Cohn	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-
Merismopedia sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Oscillatoria chlorina Kützing ex Gomont	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
O. limosa Ag. Ex Gomont	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
O. sancta (Kützing) Gomont	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
O. terebriformis Ag.	-	++	+	-	-	-	++	++	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	+++	+++	-	-	+	+++	+++	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	+	+	-	-	++	+	+	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Rivularia dura Roth	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Scytonema coactile Mont.	+++	++	-	-	-	+++	++	-	-	-
S. mirabile (Dillw.) Born.	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	++	+	-	-	++	++	+	-
Sy. lividus Copeland	+	++	++	++	+	+	++	++	++	+
Synechococcus sp.	-	++	+++	+++	+++	-	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Bacillariophyta										
Achnanthes exigua Grunow	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
A. lanceolata (Brébisson) Grunow	++	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	++	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Epithemia zebra (Ehrenberg)Kützing	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Fragilaria sp.	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Gomphonema augur Ehrenberg	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
G. gracile Ehrenberg	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
N. thermalis Kützing	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Pinnularia divergens W. Smith	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	++	-	-	++	+	+	-	-
Rhopalodia sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Stauroneis sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Chlorophyta										
Cladophora glomerata Kützing	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Cosmarium sp. 1	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Pleurotaenium sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Spirogyra sp.	++	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Euglenophyta										
Trachelomonas sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

ตาราง 5 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนแม่ฝางในฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta					
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	++	++	+	-	-

ตาราง 5 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	++	++	++	-	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	+	+	+	-	-
C. minor (Kützing) Nägeli	+	+	-	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	++	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	++	++	+	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-
C. spectabilis (Geitler) Kovácik	+	+	+	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	+	-	-
L. parelegans Lemmermann	++	++	+	-	-
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-
Mastigocladus laminosus Cohn	+	++	++	-	-
Oscillatoria splendida Grev. Ex Gomont	-	+	+	-	-
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	+++	+++	-	-
P. laminosum Gomont	+	+	+	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	+	+	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-
Scytonema coactile Mont.	++	++	-	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	+	+	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	++	+	-
Sy. lividus Copeland	++	++	++	++	+
Synechococcus sp.	-	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	+	+	-	-
Bacillariophyta					
Achnanthes exigua Grunow	++	++	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	++	++	+	-	-
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	+	-	-	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	+	-	-
Diploneis sp.	+	+	-	-	-
Eunotia sp.	+	+	-	-	-
Fragilaria sp.	+	-	-	-	-

ตาราง 5 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Gomphonema gracile Ehrenberg	+	+	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-
N. scalpelliformis (Grunow) Grunow	+	-	-	-	-
Pinnularia divergens W. Smith	++	+	-	-	-
Pi. viridis (Nitzsch.)Ehrenberg	+	-	-	-	-
Pinnularia sp. 1	+	+	-	-	-
Pinnularia sp. 2	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	-	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	+	-	-	-
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg	+	-	-	-	-
Chlorophyta					
Cosmarium sp. 1	+	-	-	-	-
Euglenophyta					
Trachelomonas sp.	+	-	-	-	-

ตาราง 6 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ดในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Bacularia thermalis Frémy	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	++	++	-	-	-	+	++	-	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Chroococcus minutus (Kützing) Nägeli	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	+	++	-	-	-	+	++	-	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	+	-	-	+	++	-	-	-

ตาราง 6 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Mastigocladus laminosus Cohn	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
Oscillatoria chlorina Kützing ex Gomont	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	++	+++	-	-	+	++	+++	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	++	-	-	+	+	+	-	-
Sy. lividus Copeland	+	+++	++	+	-	+	++	++	+	-
Synechococcus sp.	+	++	++	+++	+++	+	++	++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Bacillariophyta										
A. lanceolata (Brébisson) Grunow	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	+	+	-	-	++	+	+	-	-
Gomphonema gracile Ehrenberg	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	+	-	-	++	++	++	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Chlorophyta										
Cladophora glomerata Kützing	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Closterium ehrenbergii Meneghini	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Cosmarium sp. 1	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	+	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Spirogyra sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

ตาราง 7 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนแจ้ซ้อนในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (^{o}C)					ช่วงอุณหภูมิ (^{o}C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Aphanothece bullosa (Meneghini) Rabenhorst	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
C. minor (Kützing) Nägeli	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	+	-	-	+	++	++	-	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Gloeocapsa gelatinosa Kützing	+	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Homoeothrix sp.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Lyngbya majuscula Harvey ex Gomont	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
L. parelegans Lemmermann	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Mastigocladus laminosus Cohn	+	+	+	-	-	+	++	+	-	-
Oscillatoria chlorina Kützing ex Gomont	+	++	+	-	-	-	++	+	-	-
O. limosa Ag. Ex Gomont	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
O. splendida Grev. Ex Gomont	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-	+	++	++	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom.	+	++	+++	-	-	+	++	+++	-	-
P. laminosum Gomont	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Scytonema coactile Mont.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	-	++	++	-	-	+	++	+	-	-
Sy. lividus Copeland	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Synechococcus sp.	-	++	+++	+++	+++	+	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-

ตาราง 7 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Bacillariophyta										
Achnanthes lanceolata (Brébisson) Grunow	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Epithemia zebra (Ehrenberg)Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Fragilaria sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Gomphonema gracile Ehrenberg	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Hantzschia sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Rhopalodia sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Chlorophyta										
Cladophora glomerata Kützing	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Cosmarium sp. 2	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Cosmarium sp. 3	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Spirogyra sp.	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-

ตาราง 8 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในโป่งน้ำร้อนท่าปายในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Aphanothece bullosa (Meneghini) Rabenhorst	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-

ตาราง 8 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Bacularia thermalis Frémy	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	++	++	+	-	-	++	++	++	-	-
Chroococcus minor (Kützing) Nägeli	+	+	-	-	-	+	++	-	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	++	-	-	+	++	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	+	-	-	+	++	++	-	-
Homoeothrix sp.	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Lyngbya majuscula Harvey ex Gomont	-	++	-	-	-	-	+++	-	-	-
L. parelegans Lemmermann	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Mastigocladus laminosus Cohn	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
Oscillatoria chlorina Kützing ex Gomont	+	++	+	-	-	-	++	+	-	-
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-	+	++	++	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	++	+++	-	-	+	++	+++	-	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	+	+	+	-	-	++	+	+	-	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Scytonema coactile Mont.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Symploca thermalis (Kützing) Gomont	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	+	+	-	+	++	+	+	-
Sy. lividus Copeland	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Synechococcus sp.	+	++	+++	+++	+++	+	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Bacillariophyta										
Achnanthes. lanceolata (Brébisson) Grunow	++	++	-	-	-	+	++	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	+	++	+	-	-	++	++	++	-	-
Fragilaria sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-

ตาราง 8 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Chlorophyta										
Oedogonium areolatum Lagerheim	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Spirogyra sp.	+	-	-	-	-	++	-	-	-	-

ตาราง 9 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในโป่งน้ำร้อนแม่จัน ในฤดูแล้ง และฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (°C)					ช่วงอุณหภูมิ (°C)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Cyanophyta										
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	++	++	++	-	-	++	++	++	-	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
C. minutus (Kützing) Nägeli	++	+	-	-	-	++	++	-	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	+	-	-	+	++	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
C. spectabilis (Geitler) Kovácik	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	+	-	-	+	+	+	-	-
Homoeothrix sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Lyngbya sp.	++	++	++	+	-	++	++	++	+	-
Oscillatoria chlorina Kützing ex Gomont	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
O. terebriformis Ag.	+	++	++	-	-	+	++	++	-	-
O. willei Gardner em. Drouet	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	++	+++	-	-	+	++	+++	-	-
Pseudanabaena galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-	-	+	++	++	-	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	++	+	-	+	++	++	+	-
Sy. lividus Copeland	+	++	++	+	+	+	++	++	++	+

ตาราง 9 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ฤดูแล้ง					ฤดูฝน				
	ช่วงอุณหภูมิ (^oC)					ช่วงอุณหภูมิ (^oC)				
	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Synechococcus sp.	-	++	+++	+++	+++	-	++	+++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	++	+	-	-	+	++	+	-	-
Bacillariophyta										
Achnanthes lanceolata (Brébisson) Grunow	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Achnanthes sp.	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg)Pfitzer	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Fragilaria sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Gomphonema. gracile Ehrenberg	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Nitzschia ignorata Krásske	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-
Pinnularia sp. 2	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	+	-	-	++	++	+	-	-
Surirella biseriata Brébisson	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Chlorophyta										
Cladophora glomerata Kützing	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Closterium ehrenbergii Meneghini	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Cosmarium sp. 1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Oedogonium areolatum Lagerheim	++	+	-	-	-	++	+	-	-	-
Spirogyra sp.	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-

ตาราง 10 ชนิด และปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยมในฤดูฝน (frequency species = +++, moderate species = ++, rare species = +, non detectable = -)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (^oC)			
	30-40	40-50	50-60	60-70
Cyanophyta				
Aphanothece bullosa (Meneghini) Rabenhorst	++	++	+	-
Calothrix thermalis (Schmidle) Hansg.	++	++	+	-
Calothrix sp.	+	++	-	-

ตาราง 10 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (°C)			
	30-40	40-50	50-60	60-70
Chroococcidiopsis thermalis Geitler	+	++	+	-
Chroococcus globosus (Elenkin) Hindák	+	+	-	-
C. minor (Kützing) Nägeli	++	+	-	-
C. thermalis (Meneghini) Kovácik	++	+	-	-
Cyanobacterium minervae (Copeland) Komarek	+	++	+	-
Cyanosarcina gelatinosa (Emoto et Yoneda) Kovácik	++	++	-	-
C. thermalis (Hindák) Kovácik	+	++	+	-
Homoeothrix sp.	+	-	-	-
Lyngbya parelegans Lemmermann	++	++	+	-
Lyngbya sp.	++	++	++	–
Oscillatoria limosa Ag. Ex Gomont	+	+	-	-
O. splendida Grev. Ex Gomont	-	+	+	-
Phormidium boryanum (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom	+	++	+++	-
P. laminosum Gomont	+	+	+	-
Pseudanabaena catenata Lauterb	++	++	+	-
Ps. galeata sensu Anagnostidis	++	++	++	-
Synechococcus bigranulatus Skuja	+	++	++	+
Sy. lividus Copeland	+	++	++	+
Synechococcus sp.	-	++	+++	+++
Synechocystis minuscula Voronichin	+	+	+	-
Bacillariophyta				
Achnanthes exigua Grunow	++	+	-	-
Diatomella balfouriana Grev.	++	++	++	-
Diploneis elliptica (Kützing) Cleve	++	++	++	-
Gomphonem gracile Ehrenberg	++	+	-	-
Hantzschia sp.	+	+	-	-
Navicula sp.	+	+	-	-
Nitzschia thermalis Kützing	+	+	-	-
Pinnularia sp. 1	+	-	-	-
Rhopalodia gibberrula (Ehrenberg) O.Müller	++	++	++	-

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษา

Division Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)

1. ***Aphanothece bullosa* (Meneghini) Rabenhorst** (ภาพ 14 ก 1, 14 ข 1)

เซลล์มีลักษณะเป็นโคโลนี มีเมือกหุ้ม โคโลนีมีรูปร่างไม่แน่นอน กลุ่มเซลล์ มีสีเขียวอ่อนถึงสีเขียวเข้ม เซลล์มีลักษณะเป็นรูปไข่หรือทรงกระบอกสั้น ๆ ปลายโค้งมน เซลล์มีขนาด 5-8 × 3-5 μm.

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่บริเวณขอบของแอ่งน้ำพุร้อน พบในลักษณะของ subaerophytic อยู่ตามพื้นดิน ก้อนหิน ท่อนไม้ และใบไม้ เป็นต้น พบที่อุณหภูมิ 35-52°C

2. ***Bacularia thermalis* Frémy**

เซลล์มีลักษณะเป็นแท่งสั้น ๆ รูปไข่ ขนาดประมาณ 5-10 × 2-3 μm. อยู่รวมกันเป็นโคโลนีโดยมีเมือกหุ้มอยู่รอบๆ

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามขอบของธารน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 40-45°C

3. ***Calothrix thermalis* (Schmidle) Hansg.** (ภาพ 18 ก 2, 18 ข 2)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสายยาว มีเฮทเทอโรซิสต์อยู่บริเวณฐาน เซลล์บริเวณฐานมีความกว้างกว่าบริเวณปลายเซลล์ เซลล์บริเวณฐานมีขนาด 6-7 × 4-5 μm. เซลล์บริเวณปลายมีขนาด 1.5-2.0 × 2-3 μm. เซลล์อาจมีความยาวถึง 2 mm. เซลล์ไม่แตกแขนง รูปร่างมีสีเขียวถึงน้ำตาลเขียว

แหล่งที่อยู่อาศัย มักพบตามท่อนไม้กิ่งไม้ตามพื้นดินที่น้ำท่วมถึง น้ำกระเซ็นถึง อุณหภูมิประมาณ 35-50°C

4. ***Calothrix* sp.** (ภาพ 18 ก 1, 18 ข 1)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสายยาว มีเฮทเทอโรซิสต์อยู่บริเวณฐาน เซลล์มีขนาดใหญ่กว่าปลายเซลล์มาก มีขนาด 9-10 × 5-6 μm. เมือกหุ้มหนาอาจมีหลายเส้นสายอยู่ภายใน sheath เดียวกัน เส้นสายมีสีน้ำตาลเขียวหรือสีเขียวแกมน้ำเงิน

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะตามท่อนไม้ กิ่งไม้ อุณหภูมิ 35-45°C

5. ***Chroococcidiopsis thermalis*** **Geitler** (ภาพ 14 ก 2, 14 ข 2)

เซลล์มีรูปร่างกลม อยู่กันเป็น colony มีเมือกใสบาง ๆ หุ้มเซลล์มีสีเขียวอ่อนหรือเขียวแกมน้ำเงิน โคโลนีมีขนาด 10-20 μm baeocyte* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.0μm ภายใน 1 โคโลนีอาจจะมี baeocyte 8 หรือ 16 หรือ 32 เซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะอยู่กับหิน อยู่ตามพื้นดิน ในแหล่งน้ำพุร้อนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง (Anagnostidis and Komárek, 1999) ซึ่งส่วนใหญ่พบในประเทศเขตร้อนอุณหภูมิ 35-50°C

6. ***Chroococcus globosus*** **(Elenkin) Hindák** (ภาพ 14 ก5, 14 ข5)

โคโลนีอยู่ภายในเมือกใส ภายในโคโลนีมีเซลล์อยู่ตั้งแต่ 4 เซลล์ถึงหลาย ๆ เซลล์ เซลล์มีลักษณะกลมหรือรี ขนาดเซลล์ประมาณ 6-8 × 5-6 μm.

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่ตามพื้นดิน ก้อนหิน หรือที่ชื้นแฉะอุณหภูมิประมาณ 35-50°C

7. ***Chroococcus minor*** **(Kützing) Nägeli** (ภาพ 14 ก 4, 14 ข 4)

เซลล์มีรูปร่างกลมถึงรี อยู่ในลักษณะโคโลนี มีเมือกหุ้ม โคโลนีมีรูปร่างไม่แน่นอน ภายในโคโลนีอาจจะมีจำนวนเซลล์มากหรือน้อยก็ได้เซลล์มีขนาด 2-3 μm. มีสีเขียวแกมน้ำเงิน

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่บนหิน ดิน หรือท่อนไม้ที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ของธารน้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 35-45°C

8. ***Chroococcus minutus*** **(Kützing) Nägeli** (ภาพ 14 ก 3, 14 ข 3)

เซลล์มีลักษณะกลมหรือรี มีลักษณะเป็นโคโลนีมีจำนวนเซลล์อยู่ประมาณ 2-8 เซลล์อยู่ภายในโคโลนี มีเมือกหุ้ม เซลล์มีขนาด 5-10 μm.รูปร่างของโคโลนีจะมีหลายแบบ (morphotype) เซลล์จะมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวแกมน้ำเงิน

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่ตามพื้นดินรวมกับสาหร่ายชนิดอื่นๆ อุณหภูมิประมาณ 35-45°C

9. ***Chroococcus thermalis*** **(Meneghini) Kovácik** (ภาพ 14 ก 6, 14 ข 6)

เซลล์อยู่รวมกันเป็นโคโลนี มีจำนวนประมาณ 2-8 เซลล์ โคโลนีมีเมือกหุ้มเห็นชัดเจน เซลล์มีรูปร่างกลม หรือโค้งรี เซลล์มีขนาด 8-15 μm. ซึ่งไม่รวม sheath

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่ในแอ่งน้ำ ตามบริเวณผิวดินที่ชุ่มน้ำ อุณหภูมิประมาณ 35-42 °C

10. ***Cyanobacterium minervae*** **(Copeland) Komárek** (ภาพ 14 ก 7, 14 ข 7)

เซลล์มีรูปร่างแท่งสั้น ๆ ปลายโค้งมน มักอยู่เดี่ยว ๆ หรือ คู่ บางครั้งเซลล์จะแบ่งแบบไม่สมมาตร เซลล์มีขนาด 4-10 x 3-5 μm เซลล์มีสีเขียวเข้มจนถึงสีน้ำตาลปนเขียว

---

* baeocyte หมายถึงเซลล์ขนาดเล็กที่อยู่ในเซลล์แม่ เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไม่อาศัยเพศ เมื่อผนังเซลล์แตกจะเจริญเป็นเซลล์สาหร่ายเซลล์ใหม่

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่ในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงเท่านั้น โดยทั่วไปพบในน้ำพุร้อนที่เป็นด่างที่อุณหภูมิประมาณ 30-60 °C ซึ่งพบในน้ำพุร้อนทั่วโลก (Anagnostidis and Komárek, 1999)

11. *Cyanosarcina gelatinosa* (Emoto et Yoneda)Kovácik (ภาพ 15 ก 1, 15 ข 1)

เซลล์มีรูปร่างค่อนข้างกลม อยู่เกาะกลุ่มกันภายในโคโลนี ภายในโคโลนีมีจำนวนเซลล์ตั้งแต่ 4-8 เซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย พบได้ในบริเวณตามท้องน้ำและบริเวณขอบฝั่ง โคโลนีมักพบร่วมกับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ด้วย พบได้ที่อุณหภูมิประมาณ 35-45 °C

12. *Cyanosarcina spectabilis* (Geitler) Kovácik (ภาพ 15 ก 2, 15 ข 2)

เซลล์มีรูปร่างค่อนข้างกลม อยู่เกาะกลุ่มกันแน่นภายในโคโลนี เซลล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 μm โคโลนีมีสีเขียวแกมน้ำเงินถึงน้ำตาลแกมเขียว

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะอยู่กับหิน อยู่ตามพื้นท้องน้ำ ตามผิวดินที่น้ำกระเซ็นถึง อุณหภูมิประมาณ 34-51 °C

13. *Cyanosarcina thermalis* (Hindák) Kovácik (ภาพ 15 ก 3, 15 ข 3)

เซลล์อยู่รวมกันเป็นโคโลนี มีขนาดเล็ก โดยทั่วไปประกอบไปด้วยเซลล์ 4 เซลล์ เกาะกลุ่มกันอยู่ (tetrad) เส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ ประมาณ 12-15 μm มีเมือกบาง ๆ หุ้มโคโลนีอยู่ เซลล์มีรูปร่างลักษณะกลมรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย มักพบได้ในแหล่งน้ำพุร้อนทั่วไป ตามบริเวณพื้นท้องน้ำ ตะกอนดิน ที่อุณหภูมิประมาณ 37-50 °C

14. *Gloeocapsa gelatinosa* Kützing (ภาพ 15 ก 4, 15 ข 4)

เซลล์มีขนาดเล็ก มีรูปร่างกลม มีเมือกหุ้มหนา เซลล์มีสีเขียวแกมน้ำเงิน มักอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เซลล์มีขนาดประมาณ 5-7 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย เซลล์มักอยู่ตามผิวดิน ขอบของแหล่งน้ำที่มีความชื้น น้ำกระเซ็นถึงหรืออยู่ใต้น้ำตามท้องน้ำ มักพบตามแหล่งน้ำพุร้อน ที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 °C

15. *Homoeothrix* sp.

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย ไม่แตกแขนง ไม่สร้างเฮทเทอโรซิสต์ เซลล์บริเวณฐานมีความกว้างมากกว่า เซลล์ปกติ ขนาด 6-8 μm ขอบเซลล์ไม่โค้งเว้า มี sheath ขนาดเซลล์มีความกว้างมากกว่าความยาวประมาณ 2 เท่า โดยเซลล์มีความยาวประมาณ 3-4 μm เส้นสายยาวทั้งหมดประมาณ 30-50 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะอยู่บนก้อนหิน กรวด บางครั้งพบตามขอบบ่อ อุณหภูมิไม่สูงนักโดยอยู่ในช่วง 30-40 °C

16. ***Lyngbya majuscula*** **Harvey ex Gomont** (ภาพ 16 ก 1, 16 ข 1)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสายขนาดใหญ่ มีสีน้ำตาลปนเขียว อยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก เซลล์จะยาวตรงไม่เกิดการแตกแขนง เซลล์มีความกว้าง 25-35 μm และยาวเพียง 3-4 μm มีผนังเซลล์หนาและหยาบเมื่อเวลาสัมผัส ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้าเข้ามา ปลายเซลล์หรือปลายเส้นสายจะโค้งมน

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะตามก้อนหิน อยู่ที่น้ำไหล หรือเกาะขอบธารน้ำร้อน แอ่งน้ำร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 35-45 °C

17. ***Lyngbya perelegans*** **Lemmermann** (ภาพ 16 ก 2, 16 ข 2)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย ยาวตรง เซลล์มีขนาดกว้าง 2-2.5 μm มี sheath หุ้มใสไม่มีสี ผนังเซลล์ไม่เกิดการโค้งเว้า บริเวณปลายเซลล์เป็นรูปรี ยาว 5-6 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่รวมกับสาหร่ายเส้นสาย หรือสาหร่ายตัวอื่น ๆ บริเวณก้อนหิน ท้องน้ำ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 30-45 °C

18. ***Lyngbya*** **sp.** (ภาพ 16 ก 3, 16 ข 3)

เซลล์มีขนาดเล็กมาก เส้นสายมีความยาวมาก ความกว้างและยาวของเซลล์มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีขนาดประมาณ 1.5-2.0 μm มี sheath หุ้มบาง ๆ เห็นได้ชัดเจนเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เซลล์บริเวณปลายจะโค้งมน เซลล์มีสีเขียวจนถึงสีเขียวแกมน้ำเงิน

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะตามพื้นดิน ก้อนหิน พบได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง 35-60 °C

19. ***Merismopedia*** **sp.**

เซลล์มีขนาดประมาณ 2-2.5 μm เซลล์เรียงกันเป็นระเบียบ บาง รวมกันเป็นโคโลนี มีจำนวนเซลล์ ตั้งแต่ 4 เซลล์ขึ้นไป จนถึง 100 เซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย ล่องลอยตามกระแสน้ำ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-35 °C

20. ***Mastigocladus laminosus*** **Cohn** (ภาพ 18 ก 3, 18 ข 3)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย เส้นสายเกิดการแตกแขนงรูปตัว V หรือเกิดการแตกแขนงอย่างแท้จริง มีเซลล์เฮทเทอโรซิสต์ภายในเส้นสาย มีสีเขียวถึงเขียวแกมน้ำเงิน เซลล์มีขนาด 4-8 μm เซลล์มีรูปร่างโค้งรี เซลล์มีการคอดเว้า เฮทเทอโรซิสต์มีลักษณะกลม ขนาดกว้างกว่าเซลล์ปกติเล็กน้อย

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะตามพื้นดิน เกาะหินบริเวณน้ำไหลไม่แรงมาก หรือเกาะขอบฝั่ง อุณหภูมิประมาณ 40-50 °C

21. *Onkonema compactum* Geitler (ภาพ 15 ก 5, 15 ข 5)

เซลล์มีลักษณะกลมหรือมีรูปร่างไม่แน่นอน อยู่รวมกันแน่นเป็นโคโลนี เซลล์มีขนาด 2-3 µm เซลล์มีเมือกบางใสหุ้ม

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่บริเวณตะกอนดิน ตามขอบฝั่ง อาจจะพบปะปนอยู่กับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-45 °C

22. *Oscillatoria chlorina* Kützing ex Gomont (ภาพ 16 ก 4, 16 ข 4)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสายยาว thallus ยาว เซลล์มีสีเขียว บางครั้งพบว่ามีสีเขียวเหลือง เซลล์ตรงหรือโค้งบ้างเล็กน้อย (อาจเป็นบริเวณปลายเซลล์) ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า เซลล์กว้าง 4-6 µm ยาว 4-8 µm เซลล์ไม่มี calyptra บริเวณปลายเซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย พบบริเวณธารน้ำไหล กระแสน้ำไม่ไหลแรงมาก มักพบรวมอยู่กับสาหร่ายเส้นสายชนิดอื่น ๆ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 40-50 °C

23. *Oscillatoria limosa* Ag. Ex Gomont (ภาพ 16 ก 5, 16 ข 5)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย thallus มีสีเขียวคล้ำ เซลล์มีลักษณะยาวตรง สีเขียวเข้มหรือสีเขียวคล้ำ ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า เซลล์มีขนาดกว้าง 10-20 µm และยาวประมาณ 2-5 µm เซลล์ด้านปลายจะโค้งมน

แหล่งที่อยู่อาศัย อาศัยอยู่บริเวณน้ำนิ่ง ในแอ่งน้ำขัง หรือกระแสน้ำไหลช้าๆ อุณหภูมิที่พบประมาณ 30-45°C

24. *Oscillatoria sancta* (Kützing) Gomont (ภาพ 16 ก 6, 16 ข 6)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย thallus มีสีเขียวคล้ำ เซลล์มีลักษณะยาวตรง สีเขียวเข้มหรือสีเขียวคล้ำ ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า มีเมือกหุ้มบาง ๆ เซลล์มีขนาดกว้าง 10-20 µm และยาวประมาณ 3-5 µm เซลล์ เซลล์มีสีเขียวถึงเขียวคล้ำ

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่ตามแอ่งน้ำนิ่ง ๆ ลอยอยู่บนผิวน้ำ หรือเกาะขอบฝั่ง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-45 °C

25. *Oscillatoria splendida* Grev. Ex Gomont (ภาพ 17 ก 1, 17 ข 1)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย เซลล์ยาวตรง ขนาดเล็ก โดยมีความกว้าง 2 µm ยาว 3-5 µm ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า ในบางครั้ง เซลล์ตรงปลายจะเกิดการโค้งงอ เซลล์บริเวณปลายมีลักษณะโค้งกลม ไม่มี calyptra บริเวณปลายเซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะติดกับท้องน้ำ อาศัยร่วมกับสาหร่ายเส้นสายชนิดอื่น ๆ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-50 °C

26. ***Oscillatoria terebriformis*** **Ag.** (ภาพ 16 ก 7, 16 ข 7)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย thallus มีสีเขียวคล้ำ เซลล์บริเวณปลายเกิดการโค้งงอ ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า เซลล์มีขนาดกว้างประมาณ 4-6 μm ยาว 3-6 μm เซลล์ ปลายเซลล์จะกลม ไม่มี calyptra บริเวณปลายเซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย อาศัยอยู่ร่วมกับ สาหร่ายเส้นสายชนิดอื่น ๆ อยู่บริเวณท้องน้ำ กระแสน้ำไหลช้า อุณหภูมิประมาณ 45-55 °C

27. ***Oscillatoria willei*** **Gardner em. Drouet** (ภาพ 17 ก 2, 17 ข 2)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย thallus มีสีเขียวถึงเขียวแกมน้ำเงิน เซลล์จะโค้งงอ มีขนาดเล็ก ความกว้างประมาณ 3-4 μm ยาว 4-5 μm ผนังเซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่บนผิวดินที่ชื้นแฉะ น้ำขัง ในแอ่งน้ำนิ่ง หรือบางครั้งพบตามแหล่งน้ำที่กระแสน้ำไหลช้า อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 40-50 °C

28. ***Phormidium boryanum*** **(Bory ex Gom.) - Anagn. Et Kom.** (ภาพ 17 ก 3, 17 ข 3)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย thallus มีสีเขียวเข้มถึงเขียวคล้ำ เซลล์มีการโค้งงอ หรือเป็นเกลียว โดยอาจจะเป็นทั้งเส้นสายหรือเซลล์บริเวณปลายเส้นสาย ปลายเซลล์จะแหลม อยู่รวมกันแน่นเป็น thallus เซลล์มีความกว้าง 7-10 μm ยาวประมาณ 3-5 μm ผนังเซลล์มีการคอดเว้าเล็กน้อย

แหล่งที่อยู่อาศัย thallus สามารถเจริญได้ในแหล่งน้ำพุร้อนที่มีกระแสน้ำเร็วหรือนิ่งได้ โดยจะเกาะกับพื้นดิน หิน โดยไม่ไหลไปตามกระแสน้ำได้ พบมาที่อุณหภูมิ 50-60 °C

29. ***Phormidium laminosum*** **Gomont**

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย thallus มีสีเขียวถึงเขียวแกมน้ำเงิน เส้นสายมีลักษณะเหยียดตรง มี sheath หุ้มบาง ๆ เซลล์ไม่เกิดการคอดเว้า เซลล์มีขนาดกว้าง 1-1.5 μm ยาว 3-4 μm ปลายเซลล์จะโค้งมนหรือบางครั้งเซลล์จะแหลม ไม่มี calyptra บริเวณปลายเซลล์

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่บนพื้นดินเกาะกับหิน ดิน พบตามธารน้ำร้อน หรือเกาะขอบบ่อ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 40-50 °C

30. ***Pseudanabaena catenata*** **Lauterborn** (ภาพ 17 ก 5, 17 ข 5)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย ไม่แตกแขนง ผนังเซลล์เกิดการคอดเว้า เซลล์มีรูปร่างโค้งมนบริเวณปลายเซลล์ จะมี terminal aerotopes เซลล์มีความกว้าง 3-5 μm ยาว 4-5 μm เซลล์มีสีเขียวอ่อนถึงเขียวแกมน้ำเงิน

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ บริเวณขอบบ่อ มักอยู่ร่วมกับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-50 °C

31. ***Pseudanabaena galeata*** **sensu Anagnostidis** (ภาพ 17 ก 4, 17 ข 4)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย ไม่แตกแขนง ผนังเซลล์เกิดการคอดเว้า เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอกโค้งมน บริเวณปลายเซลล์มี terminal aerotopes เซลล์มีความกว้าง 2-3 µm ยาว 3-4 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ บริเวณขอบบ่อ น้ำกระเซ็นถึง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-50°C

32. ***Rivularia dura*** **Roth**

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย ปลายเซลล์มีเฮทเทอโรซิสต์ มี sheath บาง ๆ หุ้ม thallus แข็งและหนา เส้นสายจะอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น เซลล์มีความกว้าง 4-8 µm เซลล์บริเวณฐานมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ปกติเล็กน้อย เซลล์มีสีเขียวแกมน้ำเงินหรือเขียวเข้ม

แหล่งที่อยู่อาศัย พบบนพื้นดิน หิน เกาะซีเมนต์ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-42 °C

33. ***Scytonema coactile*** **Mont.** (ภาพ 18 ก 4, 18 ข 4)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย มี sheath หุ้มหนา ภายใน มีเซลล์เฮทเทอโรซิสต์ มีการแตกแขนงแบบไม่แท้จริง (false branching) อยู่รวมกันเป็น thallus มีสีเขียวหรือเขียวแกมน้ำเงิน มีขนาดประมาณ 12-20 µm เซลล์อาจจะยาวถึง 4 µm หรือมากกว่านั้น

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน หิน ที่น้ำท่วมถึง และพบในน้ำไหลช้า ขอบบ่อ อุณหภูมิประมาณ 35-45 °C

34. ***Scytonema mirabile*** **(Dillw.) Born.** (ภาพ 18 ก 5, 18 ข 5)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย มี sheath หุ้มหนา ภายในมีเซลล์เฮทเทอโรซิสต์ มีการแตกแขนงแบบไม่แท้จริง (false branching) อยู่รวมกันเป็น thallus มีสีเขียวหรือเขียวแกมน้ำเงิน มีขนาดประมาณ 6-12 µm ความยาวทั้งเส้นสายอาจยาวถึง 1-1.2 cm.

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน, หิน แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้าง อุณหภูมิประมาณ 35-45 °C

35. ***Symploca thermalis*** **(Kützing) Gomont** (ภาพ 17 ก 6,17 ข 6)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสาย อยู่รวมกันหนาแน่น ผนังเซลล์อาจมีการคอดเว้า เซลล์มีสีเขียวอ่อนถึงเขียว เซลล์มีความกว้าง 1-2 µm ยาว 2-5 µm ปลายเซลล์กลม

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามริมขอบบ่อ มักอยู่รวมกับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ

36. ***Synechococcus bigranulatus*** **Skuja** (ภาพ 15 ก 6, 15 ข 6)

เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งสั้น ๆ ปลายมน เซลล์มีสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวแกมน้ำเงิน เซลล์มีขนาดเล็ก ประมาณ 3-9 x 1.5-3 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย มักจะอยู่รวมกันเป็นบริเวณกว้าง (mat) บนดิน, หิน พบมากที่อุณหภูมิประมาณ 50-70 °C

37. ***Synechococcus lividus*** **Copeland** (ภาพ 15 ก 7, 15 ข 7)

เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งสั้น ๆ ปลายมน ตรงหรืออาจโค้ง เซลล์มีสีเขียวจนถึงเขียวแกมน้ำเงิน มีขนาด 5-15 x 1-3 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย ตามพื้นดิน เกาะอยู่ตามก้อนหิน ในแอ่งน้ำ บ่อน้ำร้อน พบมากที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C

38. ***Synechococcus*** **sp.** (ภาพ 15 ก 8, 15 ข 8)

เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งสั้น ๆ ปลายมน คล้ายกับทรงกระบอกสั้น ๆ อาจอยู่เดี่ยว ๆ แต่โดยปกติพบอยู่เป็นคู่ ๆ (กำลังแบ่งเซลล์ แต่ยังไม่แยกออกจากกัน) เซลล์มีสีเขียวคล้ำจนถึงสีน้ำตาล เซลล์มีขนาด 5-7 x 8-10 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย เจริญเป็นบริเวณกว้างตามพื้นท้องน้ำ บ่อน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง (เจริญได้ที่อุณหภูมิ 60-75°C)

39. ***Synechocystis minuscula*** **Voronichin**

เซลล์มีรูปร่างกลม มน มีเมือกหุ้มอยู่บาง ๆ มักอยู่เดี่ยว ๆ หรือเป็นคู่ (แบ่งเซลล์แต่ยังไม่แยกออกจากกัน) เซลล์มีขนาด 2-3 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำ มักพบในแหล่งน้ำพุร้อนที่เป็นด่าง เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40-50 °C

Division Bacillariophyta (ไดอะตอม)

1. ***Achnanthes exigua*** **Grunow** (ภาพ 19 ก 1, 19 ข 1, 21(1))

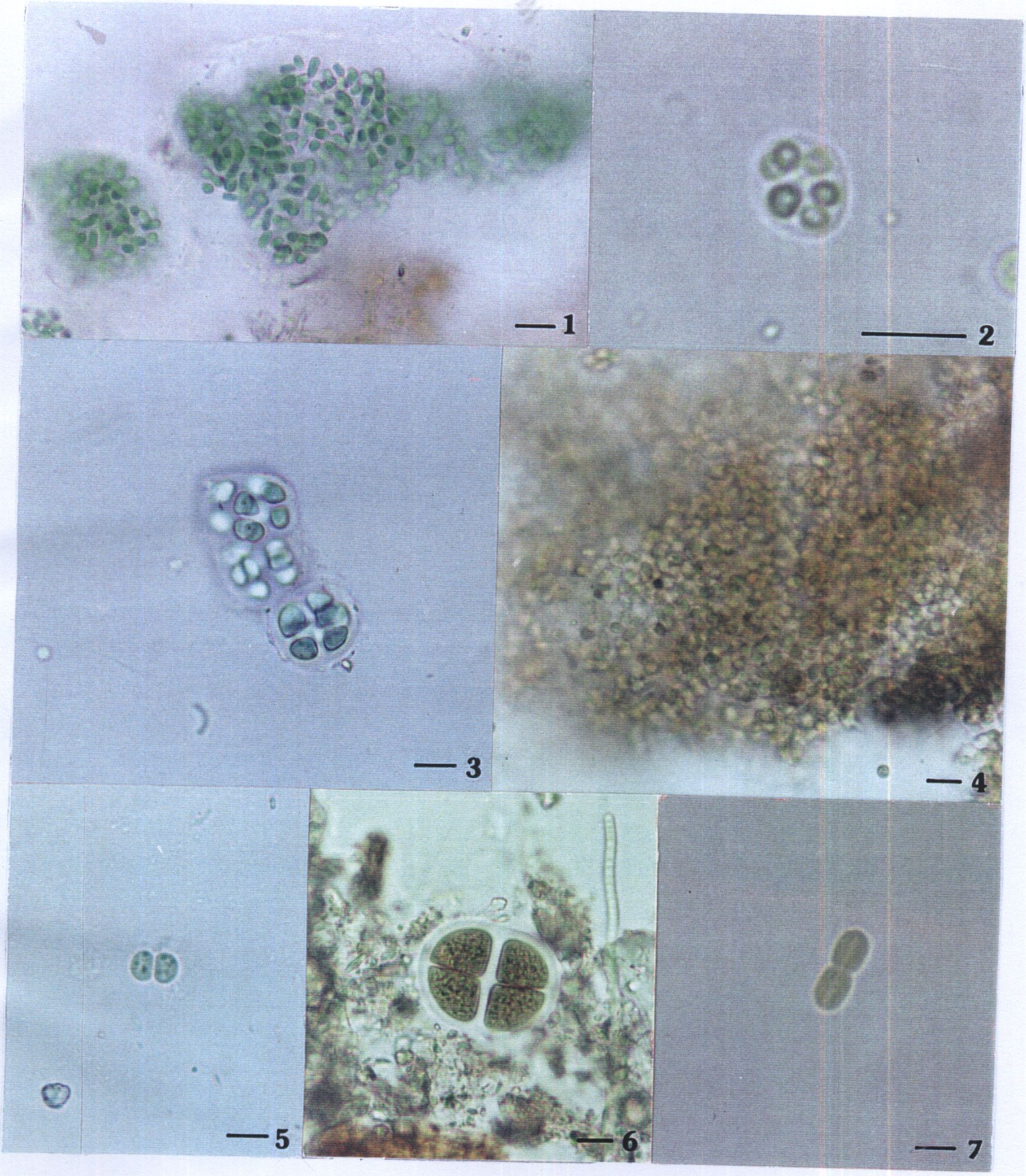
เซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อมองจากด้านข้าง (girdle view) และเป็นรูปไข่เมื่อมองจากด้านฝา (valve view) ปลายเซลล์ทั้งสองมีส่วนที่ยื่นออกมาและรูปร่างกลม เห็นลวดลายบนฝาเป็นเส้นพาดกลางชัดเจน เซลล์มีความกว้าง 5-10 μm ยาว 8-20 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบได้ตามพื้นท้องน้ำ และบนก้อนหิน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 20 – 50 °C

2. ***Achnanthes lanceolata*** **(Brébisson) Grunow** (ภาพ 19 ก 2, 19 ข 2)

เมื่อมองจากด้านฝา เซลล์เป็นรูปไข่ปลายทั้งสองด้านมนกลางเซลล์ป่องเล็กน้อย บริเวณกลางฝาด้านใดด้านหนึ่งเป็นส่วนที่ใส (horseshoe – shaped mark) ความถี่ของ striae ต่อ 10 μm เท่ากับ 11 striae เซลล์มีความยาว 8-40 μm กว้าง 4-10 μm

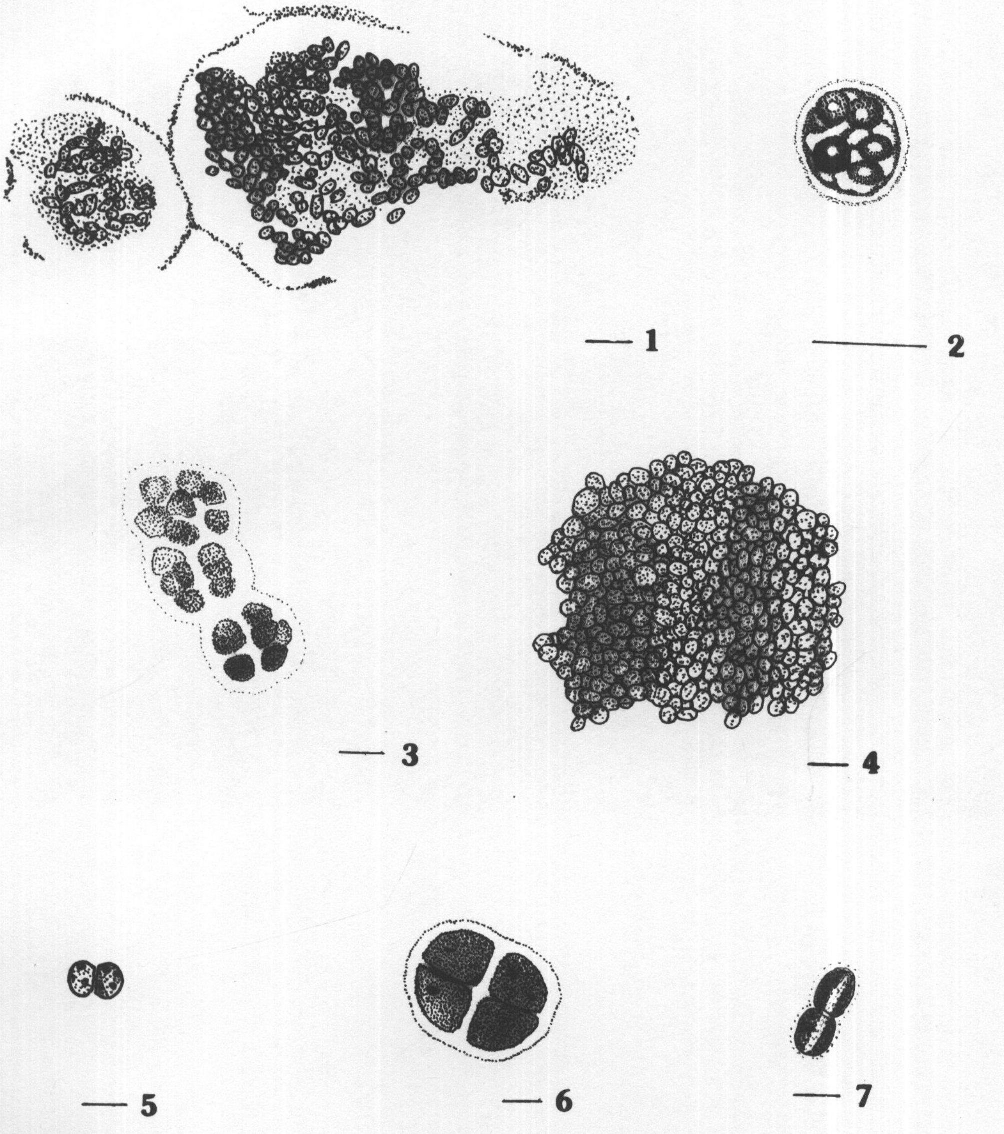
แหล่งที่อยู่อาศัย พบได้ตามพื้นท้องน้ำ เกาะหิน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 20-48 °C



scale bar = 10 μm

ภาพ 14 ก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

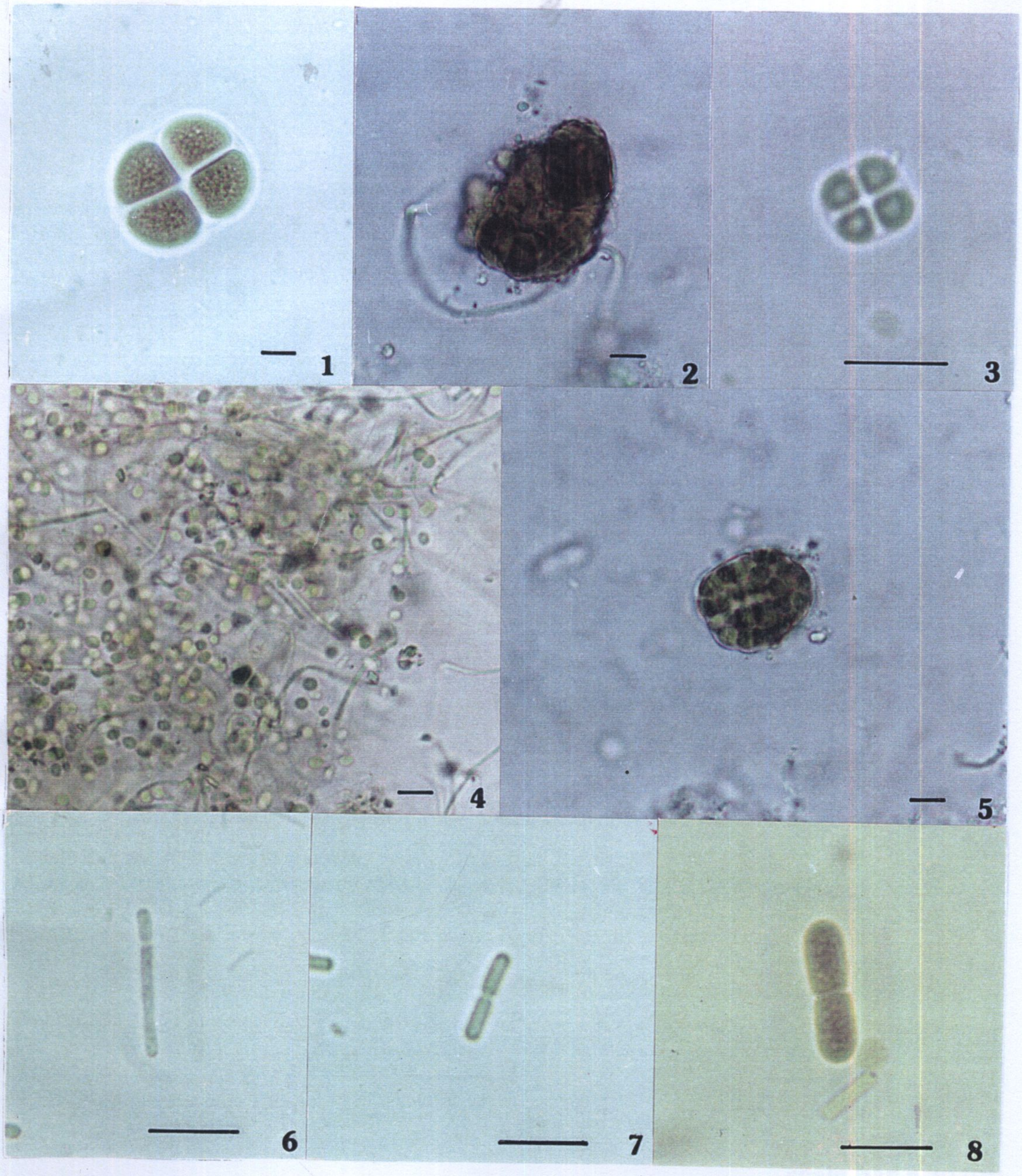
(1-7) Cyanophyta : Chroococcales, (1) *Aphanothece bullosa* (Meneghini) Rabenhorst, (2) *Chroococcidiopsis thermalis* Geitler, (5) *Chroococcus globosus* (Elenkin) Hindák, (4) *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli, (3) *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli, (6) *Chroococcus thermalis* (Meneghini) Kovácik, (7) *Cyanobacterium minervae* (Copeland) Komarek



scale bar = 10 μm

ภาพ 14 ข ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง

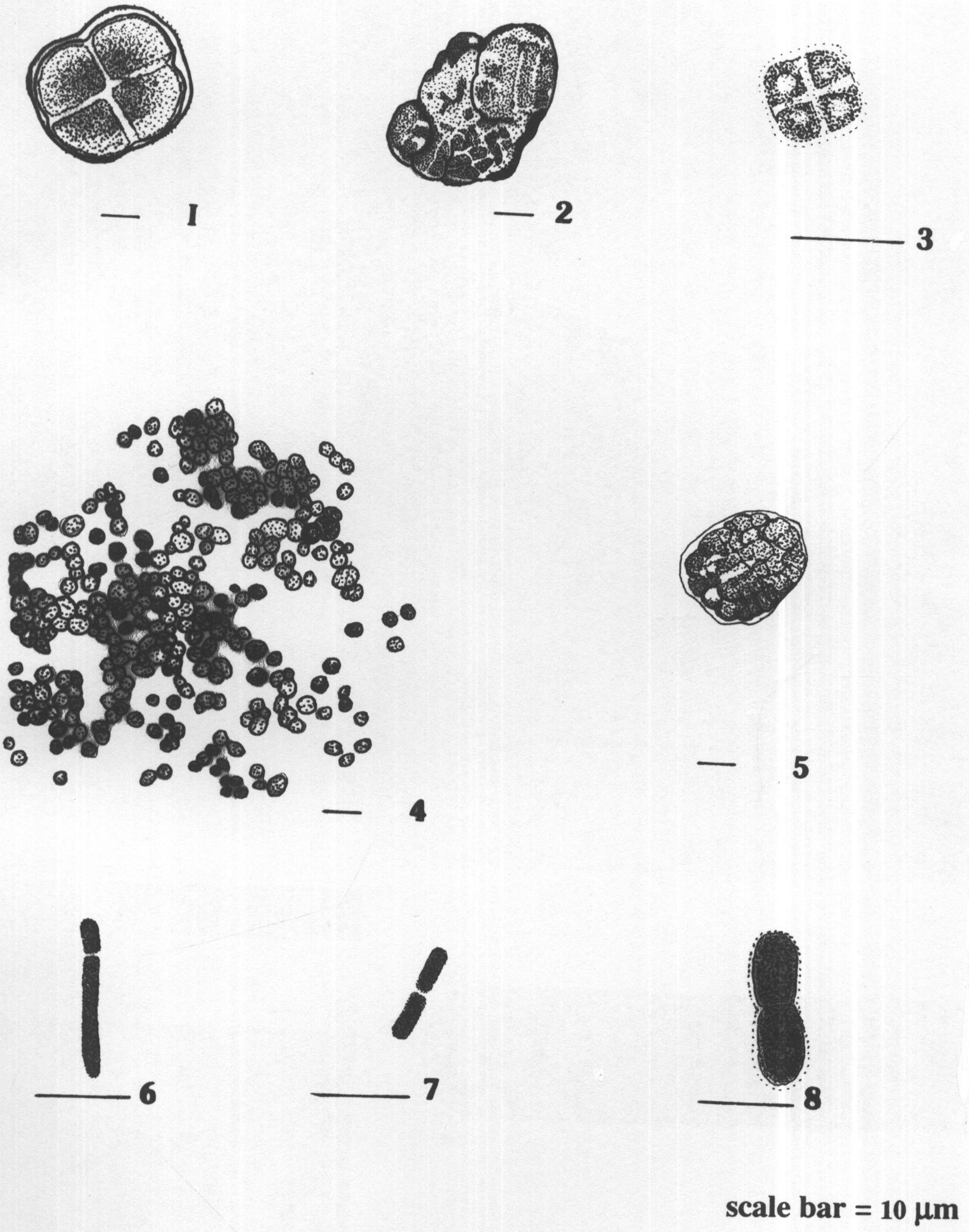
(1-7) Cyanophyta : Chroococcales; (1) *Aphanothece bullosa* (Meneghini) Rabenhorst, (2) *Chroococcidiopsis thermalis* Geitler, (5) *Chroococcus globosus* (Elenkin) Hindák, (4) *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli, (3) *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli, (6) *Chroococcus thermalis* (Meneghini) Kovácik, (7) *Cyanobacterium minervae* (Copeland) Komarek



scale bar = 10 μm

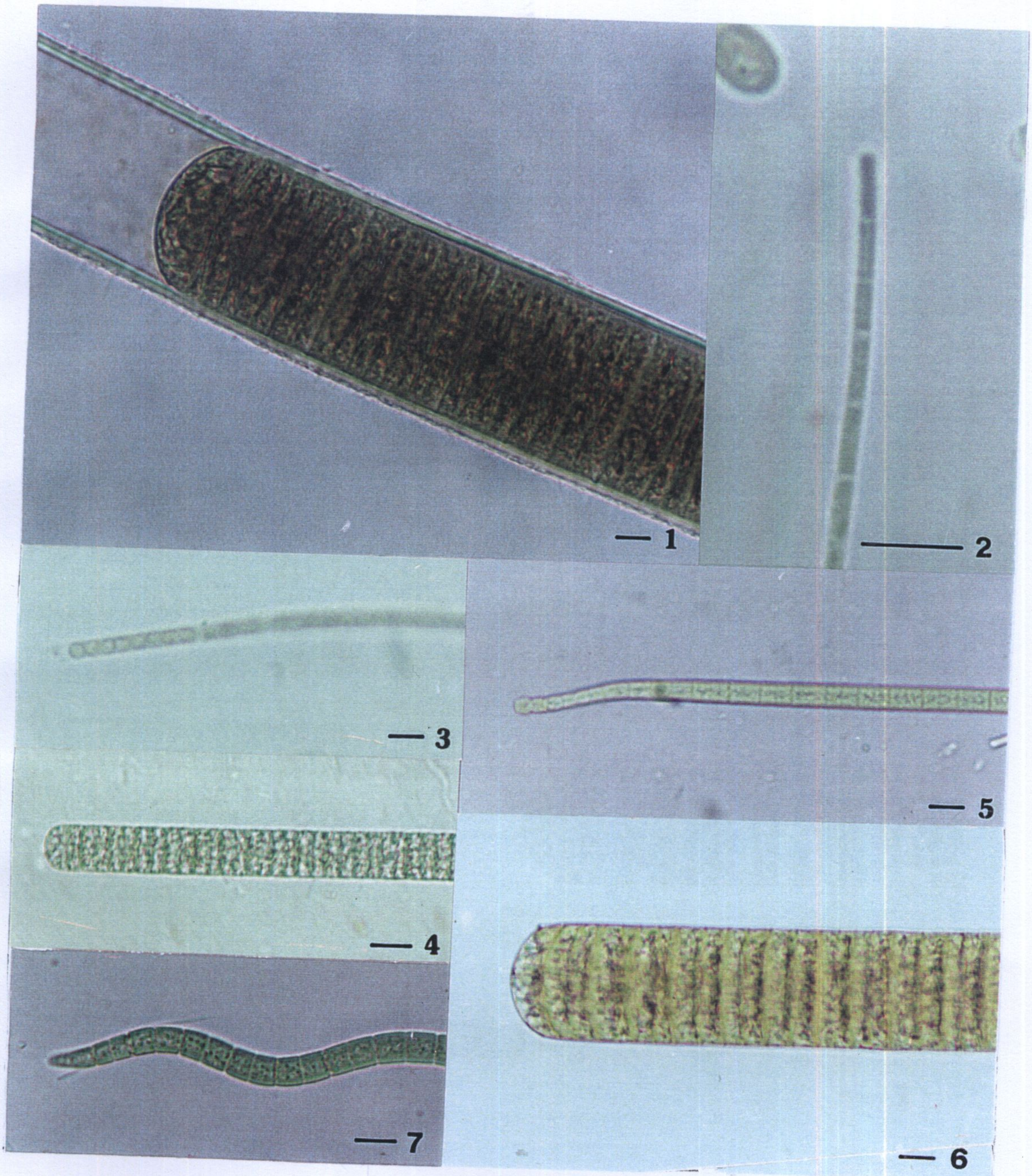
ภาพ 15 ก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

(1-8) Cyanophyta : Chroococcales , (1) *Cyanosarcina gelatinosa* (Emoto et Yoneda) Kovácik, (2) *Cyanosarcina spectabilis* (Geitler) Kovácik, (3) *Cyanosarcina thermalis* (Hindák) Kovácik, (4) *Gloeocapsa gelatinosa* Kützing, (5) *Onkonema compactum* Geitler, (6) *Synechococcus bigranulatus* Skuja, (7) *Sy. lividus* Copeland, (8) *Synechococcus* sp.



ภาพ 15 ข ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง

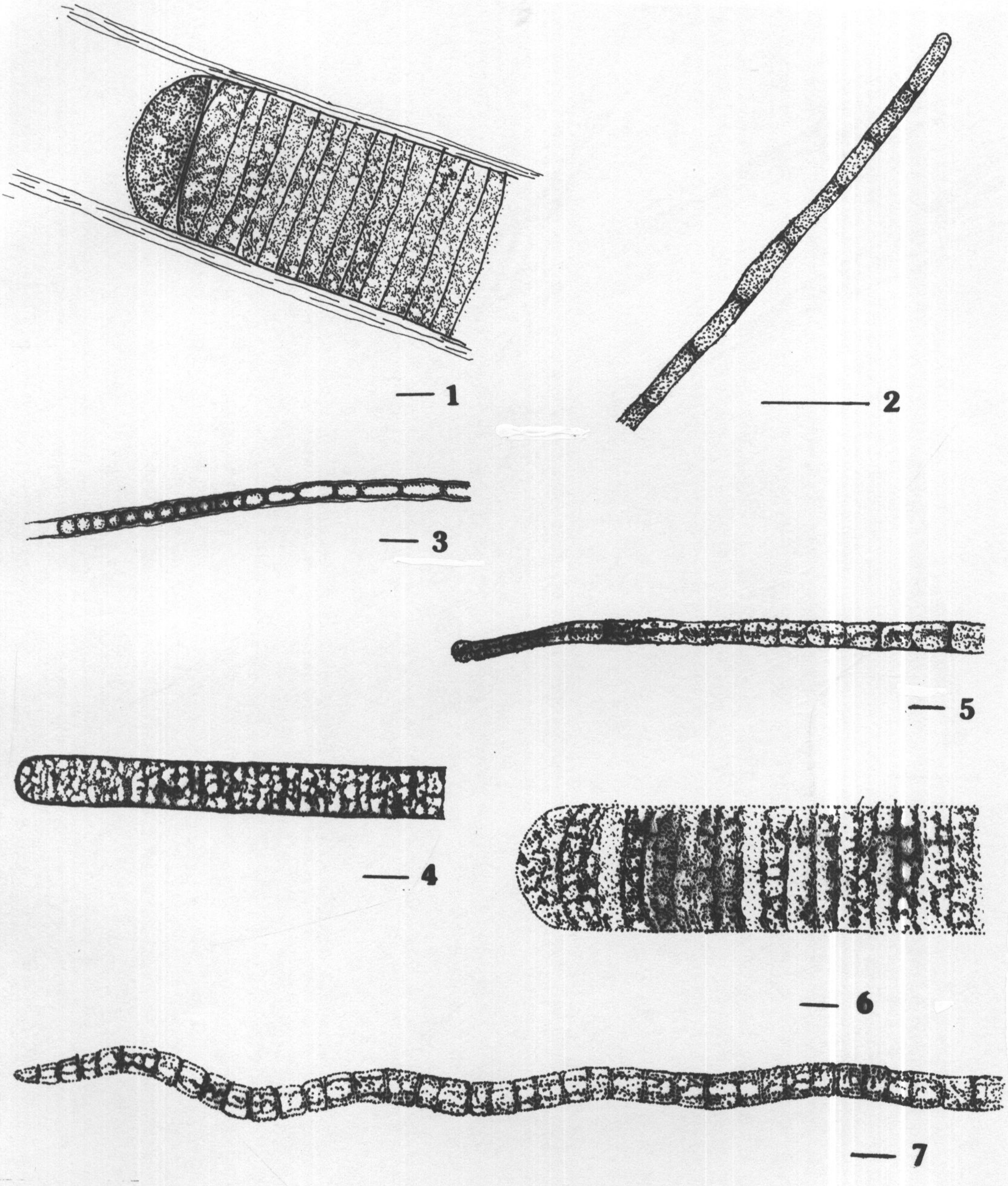
(1-8) Cyanophyta : Chroococcales; (1) *Cyanosarcina gelatinosa* (Emoto et Yoneda) Kovácik, (2) *Cyanosarcina spectabilis* (Geitler) Kovácik, (3) *Cyanosarcina thermalis* (Hindák) Kovácik, (4) *Gloeocapsa gelatinosa* Kützing, (5) *Onkonema compactum* Geitler, (6) *Synechococcus bigranulatus* Skuja, (7) *Sy. lividus* Copeland, (8) *Synechococcus* sp.



scale bar = 10 μm

ภาพ 16 ก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

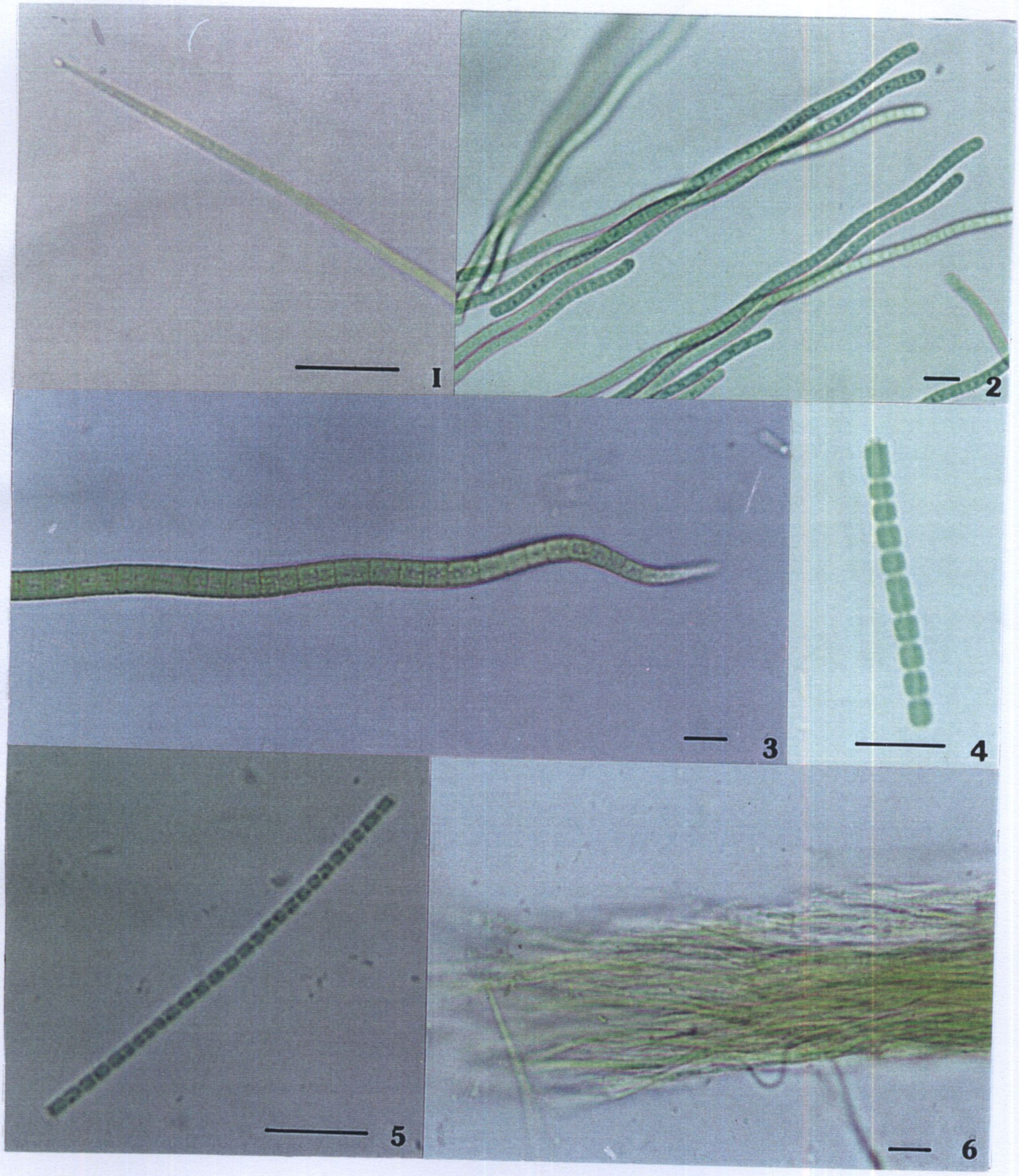
(1-7) Cyanophyta : Oscillatoriales; (1) *Lyngbya majuscula* Harvey ex Gomont, (2) *Lyngbya parelegans* Lemmermann, (3) *Lyngbya* sp., (4) *Oscillatoria chlorina* Kützing ex Gomont, (5) *Oscillatoria limosa* Ag. Ex Gomont, (6) *Oscillatoria sancta* (Kützing) Gomont, (7) *Oscillatoria terebriformis* Ag.



scale bar = 10 μm

ภาพ 16 ข ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง

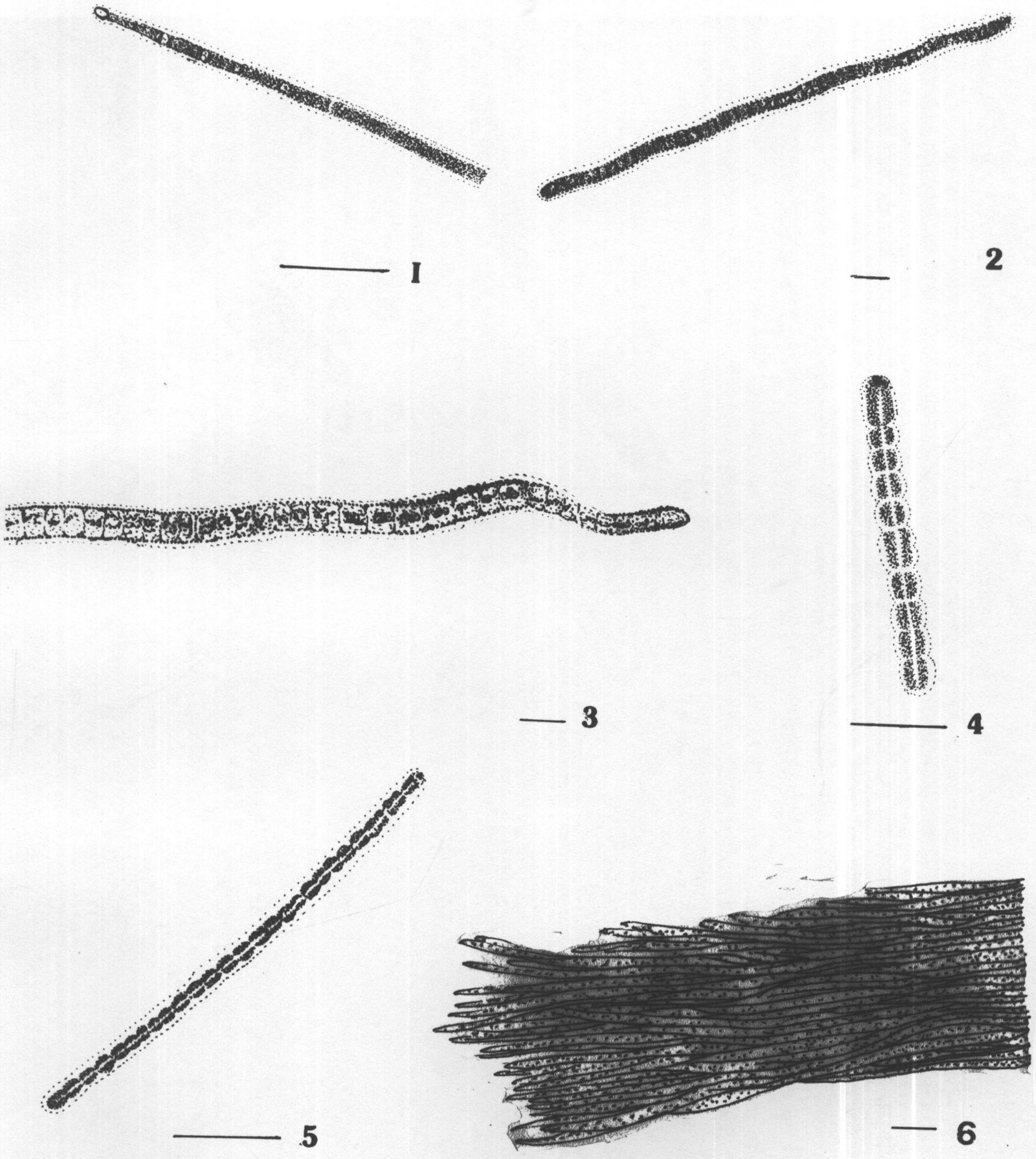
(1-7) Cyanophyta : Oscillatoriales; (1) *Lyngbya majuscula* Harvey ex Gomont, (2) *Lyngbya parelegans* Lemmermann, (3) *Lyngbya* sp., (4) *Oscillatoria chlorina* Kützing ex Gomont, (5) *Oscillatoria limosa* Ag. Ex Gomont, (6) *Oscillatoria sancta* (Kützing) Gomont, (7) *Oscillatoria terebriformis* Ag.



scale bar = 10 μm

ภาพ 17 ก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

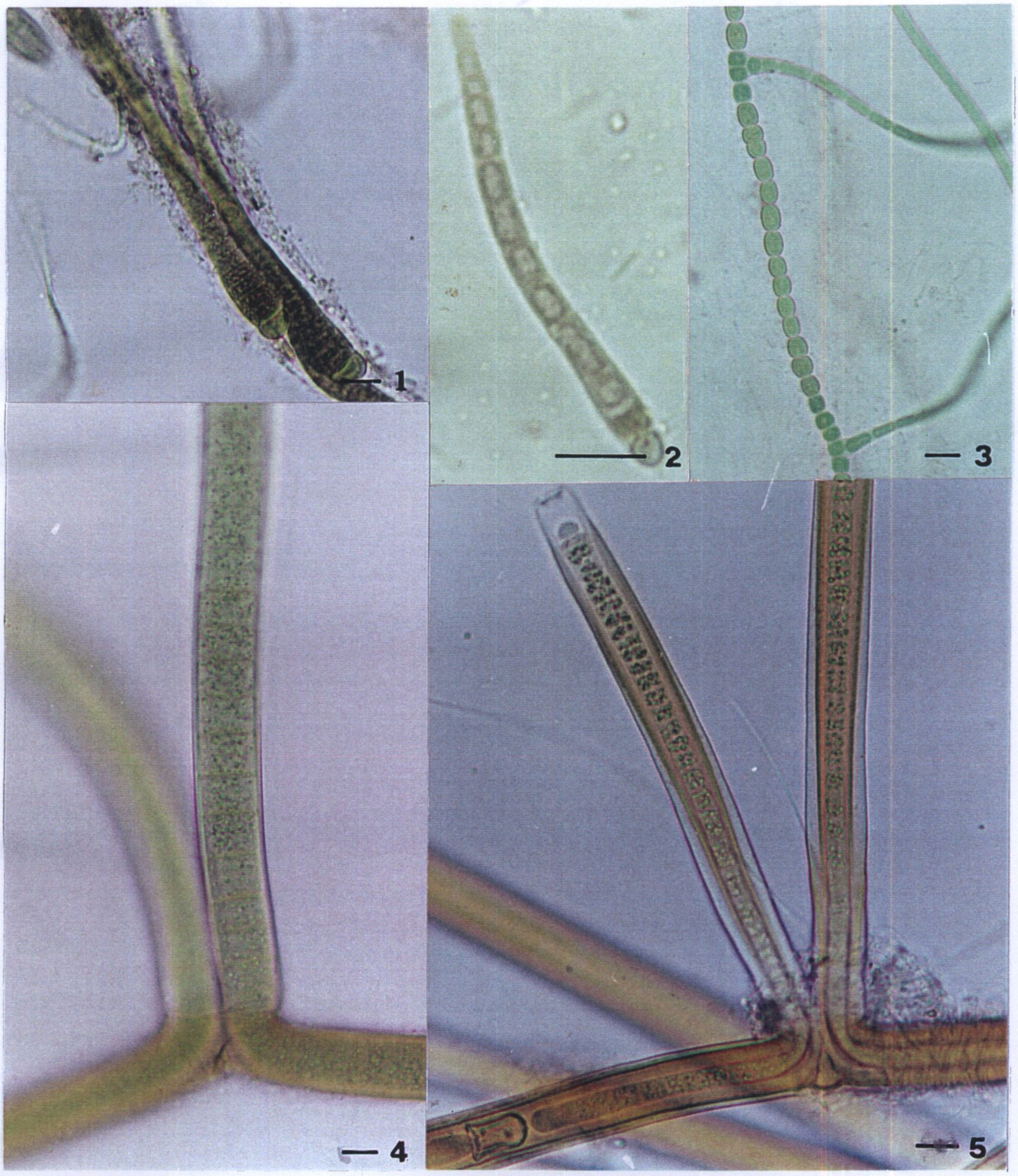
(1-6) Cyanophyta : Oscillatoriales; (1) *Oscillatoria splendida* Grev. Ex Gomont, (2) *Oscillatoria willei* Gardner em. Drouet, (3) *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.) - Anagn. Et Kom., (4) *Pseudanabaena galeata* sensu Anagnostidis, (5) *Pseudanabaena catenata* Lauterborn, (6) *Symploca thermalis* (Kützing) Gomont



scale bar = 10 μm

ภาพ 17 ข ภาพวาดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง

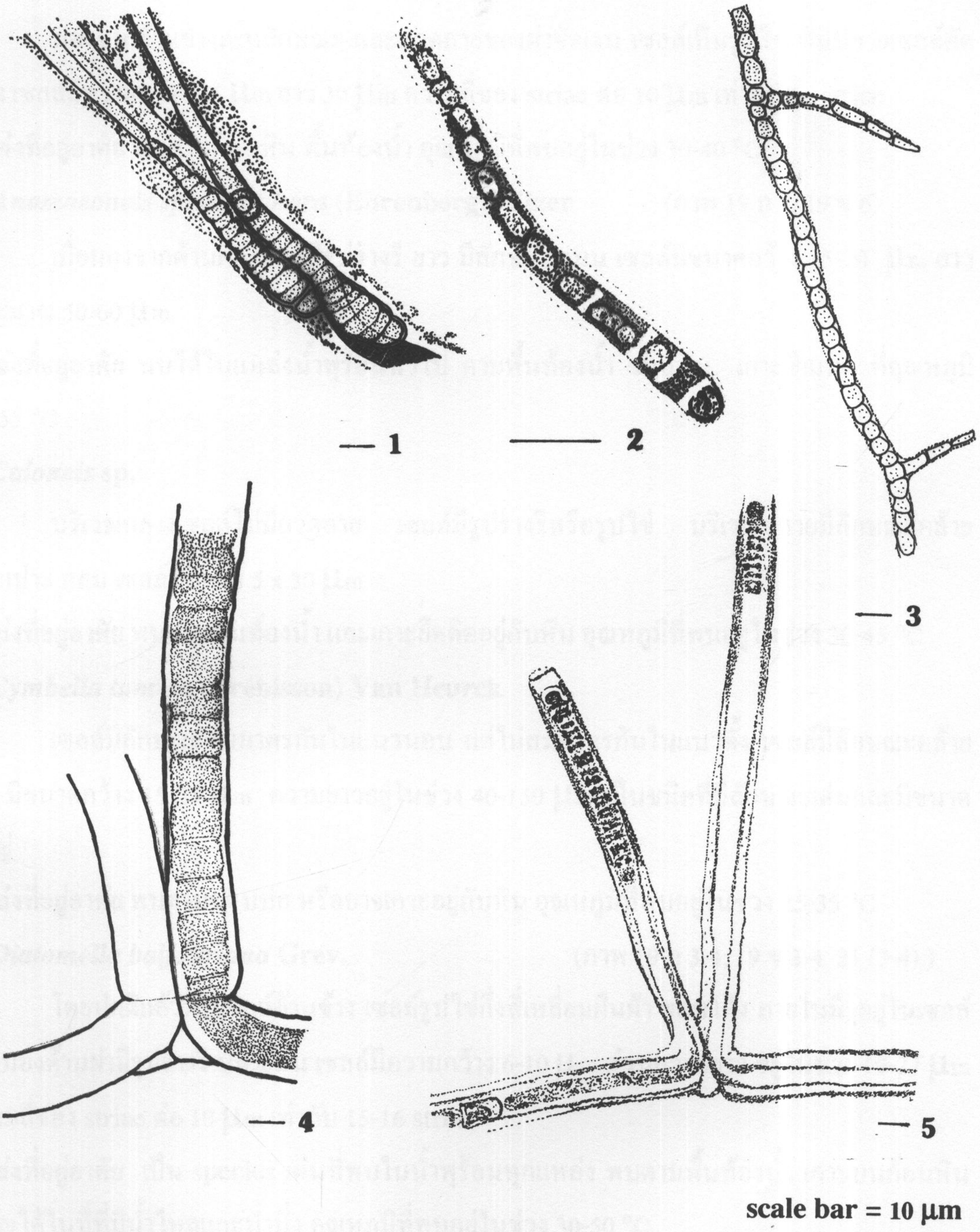
(1-6) Cyanophyta : Oscillatoriales; (1) *Oscillatoria splendida* Grev. Ex Gomont, (2) *Oscillatoria willei* Gardner em. Drouet, (3) *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.) - Anagn. Et Kom., (4) *Pseudanabaena galeata* sensu Anagnostidis, (5) *Pseudanabaena catenata* Lauterborn, (6) *Symploca thermalis* (Kützing) Gomont



scale bar = 10 μm

ภาพ 18 ก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

(1-2) Cyanophyta : Nostocales; (1) *Calothrix* sp., (2) *Calothrix thermalis* (Schmidle) Hansg., (3) Cyanophyta : Stigonematales; *Mastigocladus laminosus* Cohn, (4-5) Cyanophyta : Nostocales; (4) *Scytonema coactile* Mont., (5) *Scytonema mirabile* (Dillw.) Born.



ภาพ 18 ข ภาพวาดสาหร่ายสีเขียงแกมน้ำเงินที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน ทั้ง 9 แหล่ง

(1-2) Cyanophyta : Nostocales; (1) *Calothrix* sp., (2) *Calothrix thermalis* (Schmidle) Hansg., (3) Cyanophyta : Stigonematales; *Mastigocladus laminosus* Cohn, (4-5) Cyanophyta : Nostocales; (4) *Scytonema coactile* Mont., (5) *Scytonema mirabile* (Dillw.) Born.

3. ***Amphora*** **sp.** (ภาพ 21-2)

มองจากด้านข้างเห็นลักษณะ และลวดลายของฝาชัดเจน เซลล์เป็นรูปไข่ ที่มีปลายเซลล์ตัดตรง เซลล์มีความกว้าง 15 µm ยาว 30 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 15 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามก้อนหิน พื้นท้องน้ำ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-40 °C

4. ***Anomoeoneis sphaerophora*** **(Ehrenberg)Pfitzer** (ภาพ 19 ก 6, 19 ข 6)

เมื่อมองจากด้านฝา เซลล์มีรูปร่างรี ยาว มีลักษณะแบน เซลล์มีขนาดกว้าง 15-20 µm ยาวประมาณ 50-60 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบได้ในแหล่งน้ำพุร้อนทั่วไป ตามพื้นท้องน้ำ ขอบหิน เกาะซีเมนต์ ที่อุณหภูมิ 30-55 °C

5. ***Caloneis*** **sp.**

บริเวณกลางเซลล์ไม่มีลวดลาย เซลล์มีรูปร่างรีหรือรูปไข่ บริเวณปลายมีลักษณะคล้ายกระเปาะ กลม เซลล์มีขนาด 5 x 30 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ และเกาะยึดติดอยู่กับหิน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-45 °C

6. ***Cymbella tumida*** **(Brébisson) Van Heurck**

เซลล์มีลักษณะสมมาตรกันในแนวนอน แต่ไม่สมมาตรกันในแนวตั้ง เซลล์มีลักษณะคล้ายเรือ มีขนาดกว้าง 15-25 µm ความยาวอยู่ในช่วง 40-150 µm เป็นชนิดที่มีลักษณะเด่นและมีขนาดใหญ่

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามขอบบ่อ หรืออาจเกาะอยู่กับหิน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 25-35 °C

7. ***Diatomella balfouriana*** **Grev.** (ภาพ 19 ก 3-4, 19 ข 3-4, 21 (3-4))

โดยปกติแล้วพบเซลล์ด้านข้าง เซลล์รูปไข่กึ่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขอบโค้ง ภายในมีรูอยู่ในเซลล์ เมื่อมองด้านฝามีรูปร่างรี ปลายมน เซลล์มีความกว้าง 6-10 µm ส่วนความยาว อยู่ในช่วง 19-27 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 15-16 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย เป็น species เด่นที่พบในน้ำพุร้อนทุกแหล่ง พบตามพื้นท้องน้ำ เกาะบนก้อนหิน เจริญได้ในที่ที่มีน้ำไหลและน้ำนิ่ง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-50 °C

8. ***Diploneis elliptica*** **(Kützing) Cleve** (ภาพ 19 ก 5, 19 ข 5)

เซลล์มีรูปไข่ปลายเซลล์ทั้งสองด้านกลมขอบโค้ง เซลล์กว้าง 10-15 µm ความยาวอยู่ในช่วง 25-30 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 10-12 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ เกาะบนหิน เกาะขอบฝั่ง หรือเกาะอยู่กับซีเมนต์ อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-48 °C

9. *Epithemia zebra* (Ehrenberg)Kützing

เซลล์มีรูปรี ปลายทั้งสองมน เซลล์มีขนาดความกว้าง 10-12 μm ความยาวอยู่ในช่วง 30-50 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบได้ตามขอบบ่อ เกาะก้อนหิน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 25-42 °C

10. *Fragilaria* sp. (ภาพ 19 ก 12, 19 ข 12)

รูปร่างเรียวยาว ปลายทั้งสองข้างรูปร่างคล้ายกระเปาะ บริเวณกึ่งกลางเซลล์ไม่มีลวดลาย เซลล์มีขนาดความกว้าง 8-10 μm ความยาว 100 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย ล่องลอยตามกระแสน้ำ เกาะอยู่กับหิน เกาะขอบบ่อ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-35 °C

11. *Gomphonema gracile* Ehrenberg (ภาพ 19 ก 8, 19 ข 8)

เซลล์มีรูปรี ปลายทั้งสองกลม เซลล์มีลักษณะสมมาตรกันในแนวตั้ง แต่ไม่สมมาตรกันในแนวนอน เซลล์มีขนาดความกว้างอยู่ในช่วง 7-10 μm ความยาวอยู่ในช่วง 25-30 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะตามก้อนหิน เกาะขอบบ่อ ตามลำธาร อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 25-40 °C

12. *Hantzschia* sp. (ภาพ 19 ก 9, 19 ข 9)

เซลล์มีรูปร่างเหลี่ยม ปลายทั้งสองมีลักษณะเป็นกระเปาะกลม เซลล์มีลักษณะสมมาตรกับในแนวนอนแต่ไม่สมมาตรกันในแนวตั้ง เซลล์มีขนาดความกว้างอยู่ในช่วง 7-10 μm ความยาวอยู่ในช่วง 30-50 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย อยู่ตามพื้นท้องน้ำ เกาะดิน เกาะหิน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-42°C

13. *Navicula* sp. (ภาพ 19 11, 19 ข 11)

เซลล์มีรูปรี ปลายทั้งสองด้านเรียวแหลม บริเวณกลางเซลล์ในแกนยาวสามารถเห็นได้ชัดเจน คลอโรพลาสต์ มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ striae เป็นเส้นเฉียงตามแนวรัศมีบริเวณกลางเซลล์ เซลล์มีความกว้าง 12-15 μm ยาว 30-35 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบอยู่ขอบๆของแหล่งน้ำ บริเวณธารน้ำร้อนที่มีน้ำไหล อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-45°C

14. *Nitzschia ignorata* Krásske

เซลล์ลักษณะรี รูปร่างคล้ายเรือ pseudoraphe อยู่บริเวณด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์ striae เป็นเส้นเล็กละเอียด มีลักษณะพาดขวางกับตัวเซลล์ เซลล์มีขนาด 3x30 μm ความถี่ของ striae ต่อ 10 μm เท่ากับ 10-11 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบอยู่บริเวณพื้นดิน ตะกอนดิน เกาะก้อนหิน บริเวณธารน้ำร้อน อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-40°C

15. ***Nitzschia scalpelliformis*** **(Grunow) Grunow** (ภาพ 19 ก 10, 19 ข 10)

ลักษณะเซลล์คล้ายรูปตัว J pseudoraphe อยู่บริเวณด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์ striae เป็นเส้นเล็กละเอียด มีลักษณะพาดขวางกับตัวเซลล์ เซลล์มีความกว้าง 4-6 µm ยาว 45-50 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 7-9 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามบริเวณขอบบ่อ ธารน้ำไหล เกาะหิน อุณหภูมิ 30-40 °C

16. ***Nitzschia thermalis*** **Kützing**

เซลล์มีรูปร่างรี ปลายทั้งสองด้านแหลม มี pseudoraphe จะอยู่บริเวณด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์ striae เป็นเส้นเล็กละเอียด มีลักษณะพาดขวางกับตัวเซลล์ บริเวณกลางเซลล์จะคอดเข้ามาเล็กน้อย เซลล์มีความกว้าง 4-5 µm ยาว 50 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย เกาะก้อนหิน ธารน้ำร้อน อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-40 °C

17. ***Pinnularia divergens*** **W. Smith** (ภาพ 20 ก 1, 20 ข 1)

เซลล์มีรูปร่างคล้ายเรือ เซลล์บริเวณหัวท้ายจะมีรูปร่างมน striae เป็นเส้นเฉียงตามแนวรัศมีบริเวณกลางเซลล์และท้ายเซลล์ เซลล์มีขนาด 10 x 60 µm ความถี่ของ striae ระยะทาง 1 µm เท่ากับ 9-10 เส้น

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามก้อนหิน พื้นดิน ขอบบ่อ บริเวณธารน้ำไหล อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 25-40 °C

18. ***Pinnularia viridis*** **(Nitzsch)Ehrenberg** (ภาพ 20 ก 2, 20 ข 2)

เซลล์มีรูปร่างรียาว ปลายทั้งสองด้านกลม striae หนา เป็นเส้นขนานบริเวณกลางเซลล์แล้วค่อยๆ เฉียงตามแนวรัศมี เมื่อเข้าใกล้ปลายเซลล์ เซลล์มีความกว้าง 25-27 µm ยาว 160 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 6-7 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน บริเวณธารน้ำร้อน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-45 °C

19. ***Pinnularia*** **sp. 1** (ภาพ 20 ก 3, 20 ข 3)

เซลล์มีรูปร่างรียาว ปลายทั้งสองด้านกลม striae หนาเป็นเส้นขนานบริเวณกลางเซลล์แล้วค่อยๆ เฉียงตามแนวรัศมี เมื่อเข้าใกล้ปลายเซลล์ เซลล์มีความกว้าง 9-10 µm ยาว 37-40 µm ความถี่ของ striae ต่อ10 µm เท่ากับ 9-10 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน บริเวณธารน้ำร้อน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-45 °C

20. ***Pinnularia* sp. 2** (ภาพ 20 ก 4, 20 ข 4)

เซลล์มีรูปร่างรียาว ปลายทั้งสองด้านกลม striae หนาเป็นเส้นขนานบริเวณกลางเซลล์แล้วค่อยๆ เฉียงตามแนวรัศมี เมื่อเข้าใกล้ปลายเซลล์ เซลล์มีความกว้าง 5 µm ยาว 25 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 9-10 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน บริเวณธารน้ำร้อน อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 35-50 °C

21.*Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O.Müller (ภาพ 20 ก 5, 20 ข 5, 21(5))

เมื่อมองเซลล์ทางด้านฝา เซลล์มีรูปร่างรี ปลายทั้งสองด้านของเซลล์มีลักษณะมน เซลล์ทางด้านข้าง มีรูปร่างคล้ายวงพระจันทร์ครึ่งเสี้ยวหรือรูปเรือ เซลล์มีความกว้าง 25 µm ยาว 55 µm ความถี่ของ striae ต่อ 10 µm เท่ากับ 10-12 striae

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ ก้อนหิน ตามขอบบ่อ พบได้ทั่วในบริเวณน้ำไหลและน้ำนิ่ง อุณหภูมิประมาณ 30-65 °C

22. ***Rhopalodia* sp.** (ภาพ20 ก 6, 20 ข 6)

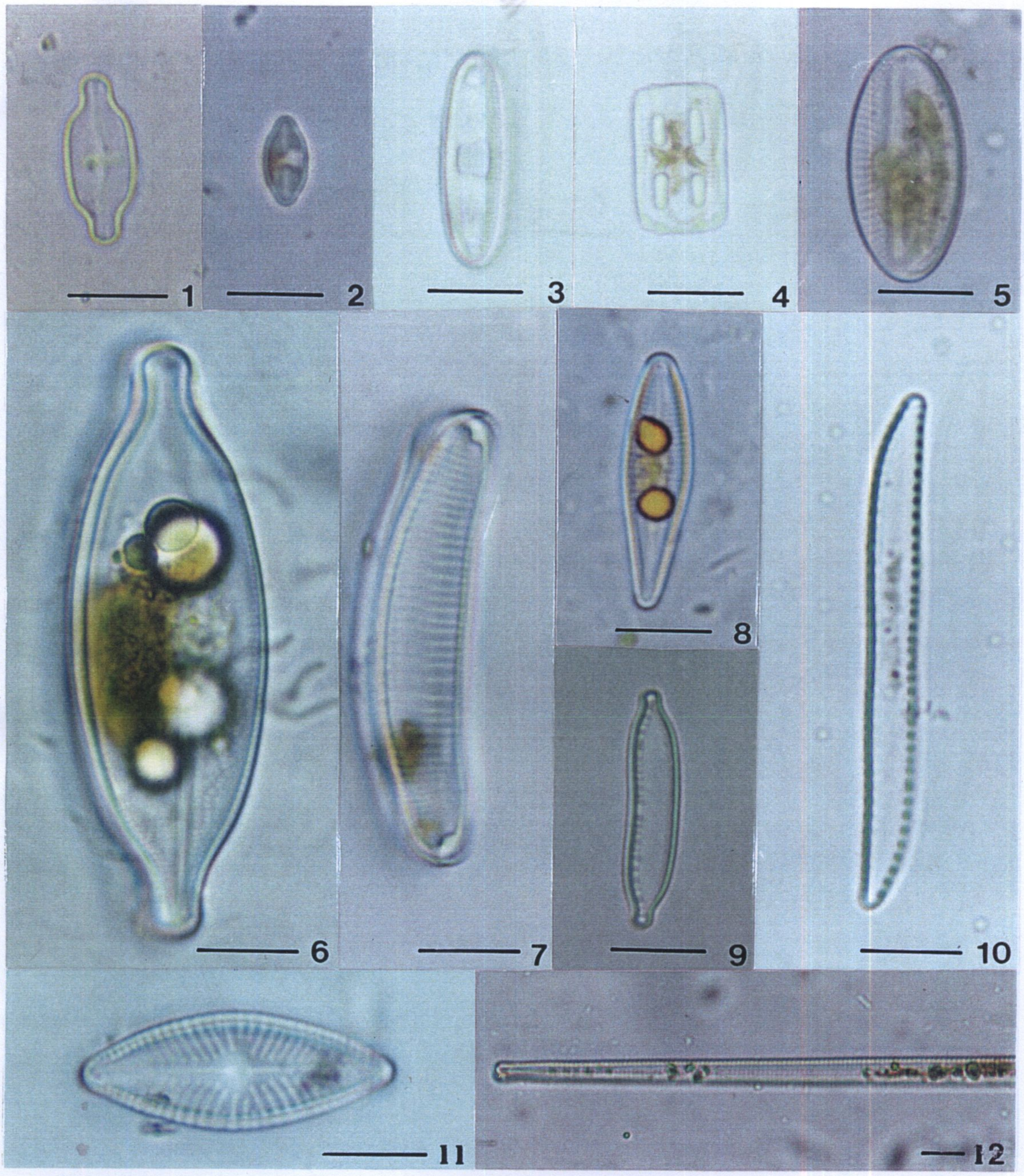
เมื่อมองเซลล์ทางด้านฝา เซลล์มีรูปร่างรี ปลายทั้งสองด้านของเซลล์มีลักษณะมน เซลล์ทางด้านข้าง มีรูปร่างคล้ายวงพระจันทร์ครึ่งเสี้ยวหรือรูปเรือ เซลล์มีความกว้าง 20-22 µm ยาว 30-35 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ ก้อนหิน ตามขอบบ่อ พบได้ทั่วในบริเวณน้ำไหลและน้ำนิ่ง อุณหภูมิประมาณ 30-50 °C

23. ***Surirella biseriata* Brébisson** (ภาพ 20 ก 7, 20 ข 7, 21(6))

เมื่อมองเซลล์ทางด้านฝา เป็นรูปไข่จนถึงรูปรี ขอบเซลล์โค้งนูนเล็กน้อย ขอบเป็นปีกเห็นชัดเจน raphe อยู่ในปีกหรือเรียกว่า wing cannel ในระยะ 100 µm มีจำนวนช่อง 10-20 ช่อง แนวกึ่งกลางระหว่างขอบฝาทั้งสองด้านเป็นแอ่ง เซลล์มีความกว้าง 60-70 µm ยาว 150-170 µm

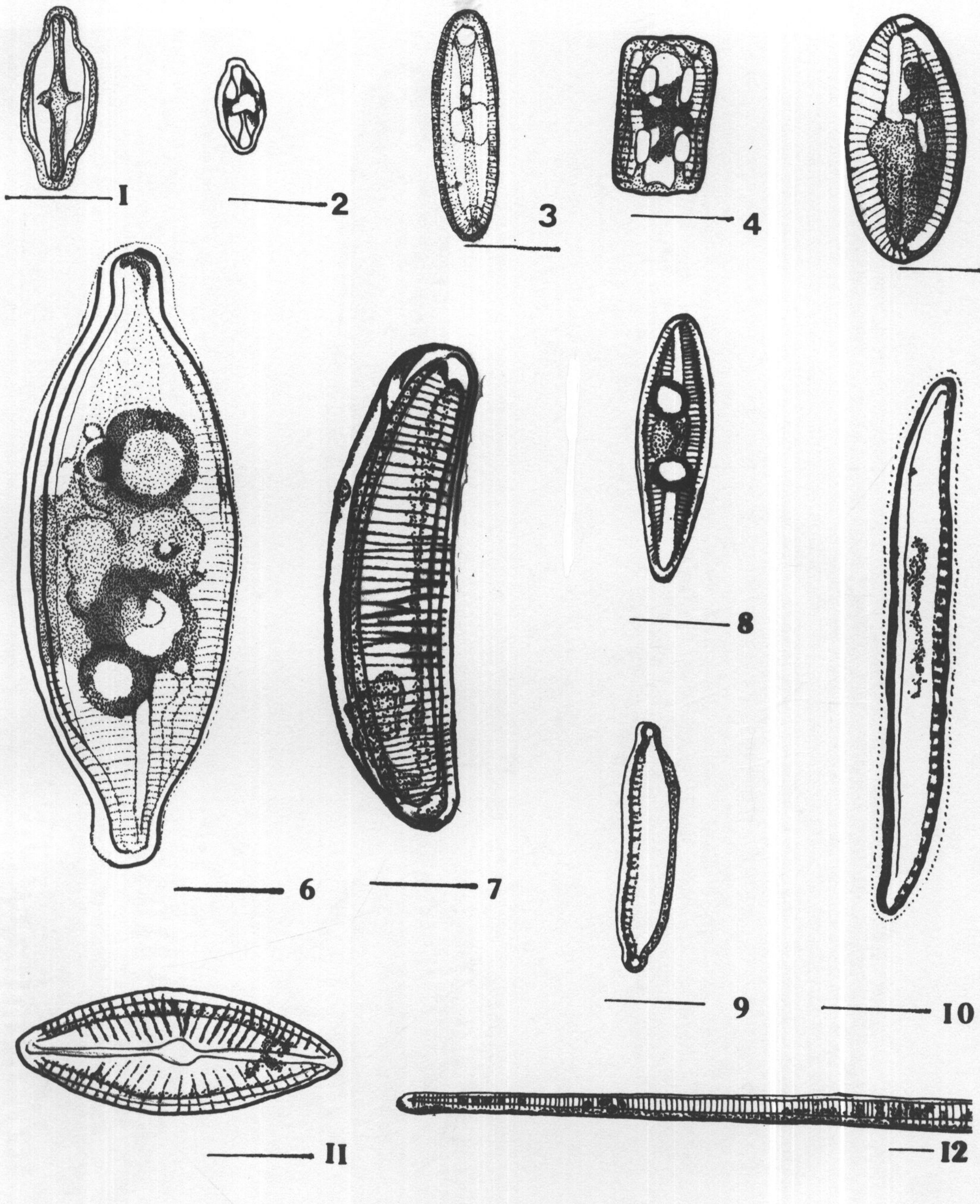
แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นท้องน้ำ บริเวณธารน้ำไหล อุณหภูมิ 25-40 °C



scale bar = 10 µm

ภาพ 19 ก ไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

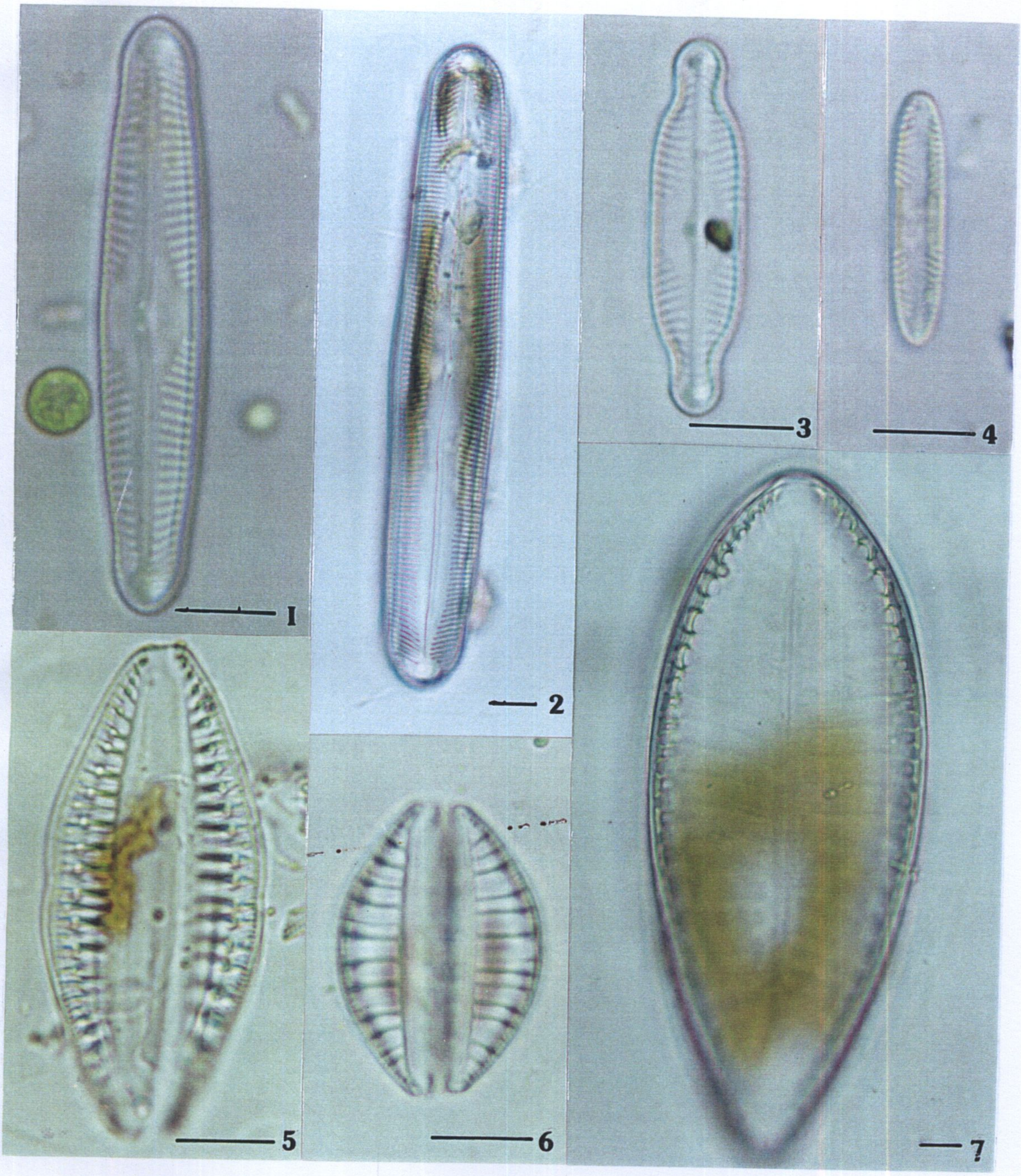
(1-12) Bacillariophyta : Pennales ; (1) *Achnanthes exigua* Grunow, (2) *Achnanthes* sp., (3) *Diatomella balfouriana* Grev. (valve view), (4) *Diatomella balfouriana* Grev. (girdle view), (5) *Diploneis elliptica* (Kützing) Cleve, (6) *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg)Pfitzer, (7) *Eunotia* sp., (8) *Gomphonema gracile* Ehrenberg, (9) *Hantzschia* sp., (10) *Nitzschia scalpelliformis* (Grunow) Grunow, (11) *Navicula* sp., (12) *Fragilaria* sp.



ภาพ 19 ข ภาพวาดไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

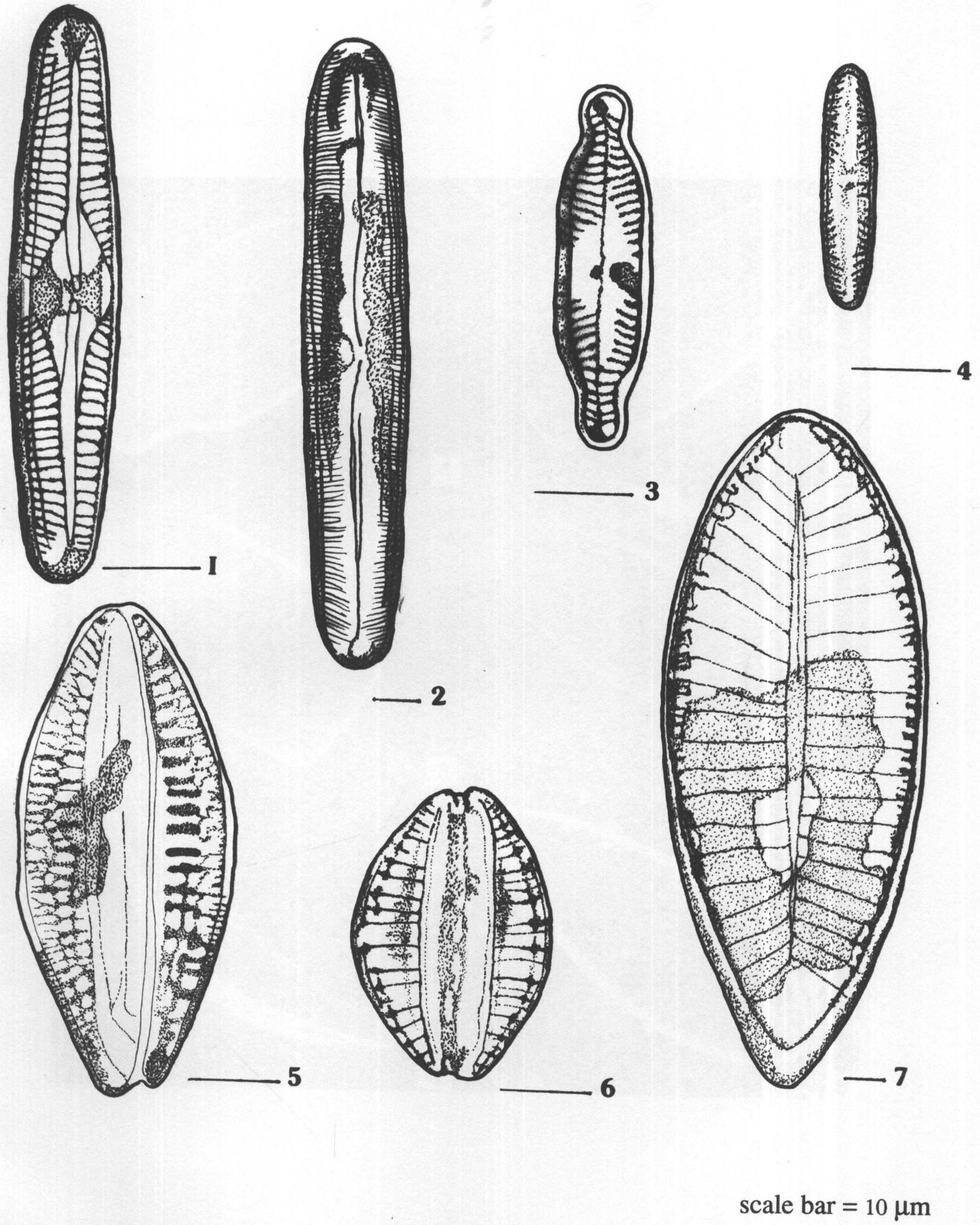
(1-12) Bacillariophyta : Pennales ; (1) *Achnanthes exigua* Grunow, (2) *Achnanthes* sp., (3) *Diatomella balfouriana* Grev. (valve view), (4) *Diatomella balfouriana* Grev. (girdle view), (5) *Diploneis elliptica* (Kützing) Cleve, (6) *Anomoeoneis sphaerophora* (Ehrenberg)Pfitzer, (7) *Eunotia* sp., (8) *Gomphonema gracile* Ehrenberg, (9) *Hantzschia* sp., (10) *Nitzschia scalpelliformis* (Grunow) Grunow, (11) *Navicula* sp., (12) *Fragilaria* sp.

ภาพ 20 ก ไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง



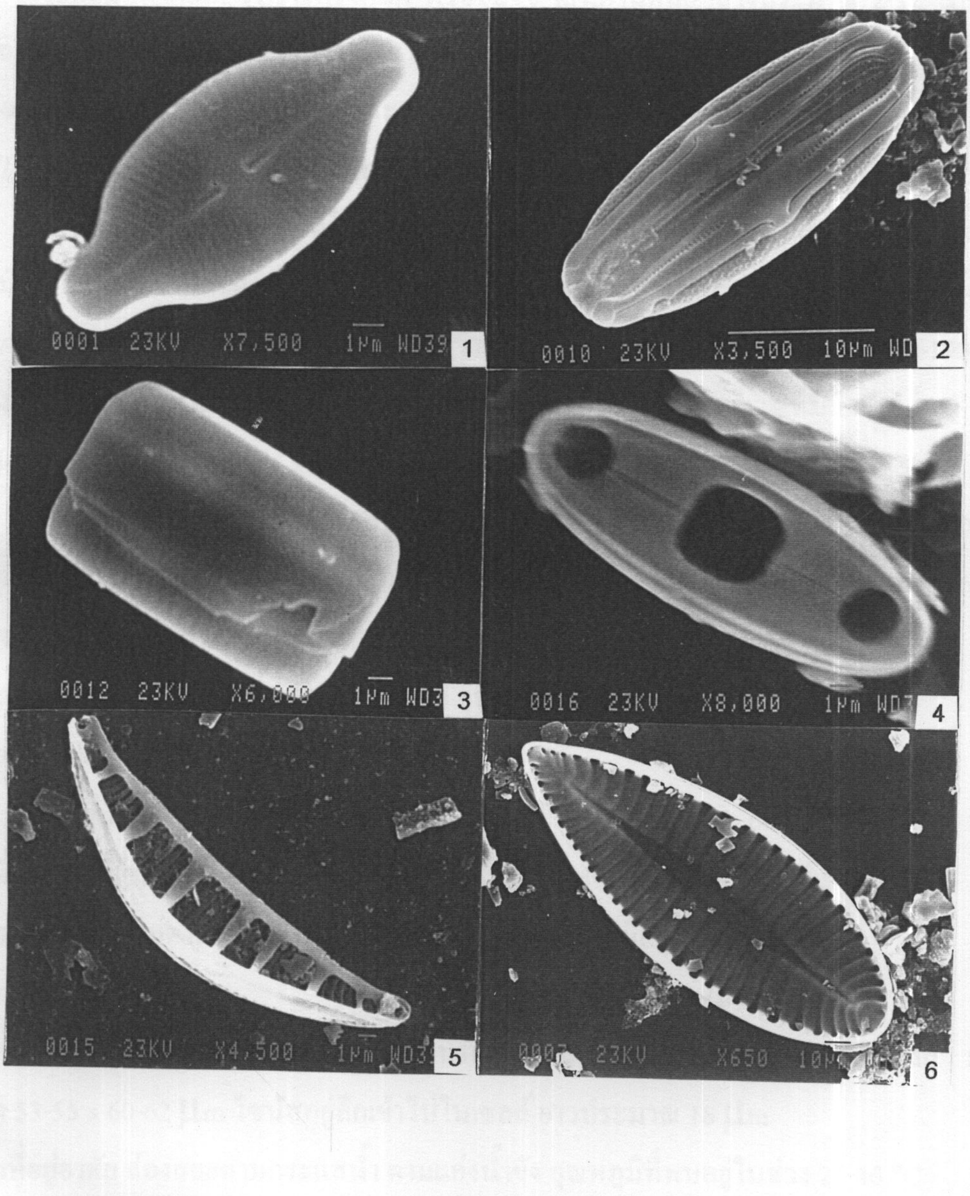
scale bar = 10 μm

(1-7) Bacillariophyta : Pennales ; (1) *Pinnularia divergens* W. Smith, (2) *Pi. viridis* (Nitzsch)Ehrenberg, (3) *Pinnularia* sp. 1, (4) *Pinnularia* sp., (5) *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O. Müller, (6) *Rhopalodia* sp., (7) *Surirella biseriata* Bré bisson



scale bar = 10 μm

ภาพ 20 ข ภาพวาดไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง (1-7) Bacillariophyta : Pennales ; (1) *Pinnularia divergens* W. Smith, (2) *Pi. viridis* (Nitzsch)Ehrenberg, (3) *Pinnularia* sp. 1, (4) *Pinnularia* sp., (5) *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O. Müller, (6) *Rhopalodia* sp., (7) *Surirella biseriata* Brébisson



ภาพ 21 ภาพถ่าย SEM ไดอะตอมที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง (1-6) Bacillariophyta : Pennales ; (1) *Achnanthes exigua* Grunow, (2) *Amphora* sp., (3) *Diatomella balfouriana* Grev. (girdle view), (4) *Diatomella balfouriana* Grev. (valve view), (5) *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O. Müller, (6) *Surirella biseriata* Brébisson

Division Chlorophyta (สาหร่ายสีเขียว)

1. *Chlorella vulgaris* Beyerinck (ภาพ 22 ก 1, 22 ข 1)

เซลล์มีขนาดเล็ก รูปร่างทรงกลม หรือรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-12 μm คลอโรพลาสต์มักอยู่ด้านข้าง หรือเป็นรูปถ้วย มีไพรีนอยด์

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน ที่น้ำกระเซ็นถึง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-35 °C

2 . *Cladophora glomerata* Kützing (ภาพ 22 ก 2, 22 ข 2)

เป็นสาหร่ายสีเขียว ขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นสายที่แตกแขนง แต่การแตกแขนงไม่เป็นพุ่ม มักเป็นแบบแตกทีละแขนง (dichotomous branching) คลอโรพลาสต์มีลักษณะเป็นร่างแห ผนังเซลล์ค่อนข้างหนา เซลล์มีความยาวมากกว่าความกว้าง ขนาดประมาณ 40-50 x 170-190 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามพื้นดิน หรือก้อนหินที่มีธานน้ำไหลผ่านหรือบริเวณที่มีน้ำขังอยู่

3. *Closterium ehrenbergii* Meneghini (ภาพ 22 ก 3, 22 ข 3)

เซลล์มีขนาดใหญ่ เซลล์มีลักษณะโค้งปานกลาง ขอบบริเวณกลางเซลล์โค้งเล็กน้อย ปลายขั้วทั้งสองด้านมน ผนังเซลล์เรียบ ไพรีนอยด์กระจายอยู่ทั่วทั้งเซลล์ เซลล์มีขนาดประมาณ 60-70 x 350-400 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบในแอ่งน้ำเล็ก ๆ ที่มีน้ำขัง อุณหภูมิประมาณ 30-35 °C

4. *Cosmarium* sp. 1 (ภาพ 22 ก 7, 22 ข 7)

เซลล์มีรูปร่างทรงกลม ผนังเซลล์ขรุขระเล็กน้อย เซลล์มีขนาด 60-65 x 100 μm รอยต่อของทั้งสองเซมิเซลล์หรือไซนัสจะคอดเข้ามา มีความยาว 50-55 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามแอ่งน้ำ บริเวณน้ำกระเซ็นถึง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-40 °C

5. *Cosmarium* sp. 2 (ภาพ 22 ก 6, 22 ข 6)

เซลล์มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า บริเวณขอบเซลล์มีหนามยื่นออกมารอบเซลล์ เซลล์มีขนาด 53-55 x 60-62 μm ไซนัสอยู่ลึกเข้าไปในเซลล์ ยาวประมาณ 18 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย ล่องลอยตามกระแสน้ำ ตามแอ่งน้ำขัง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 25-40 °C

6. *Cosmarium* sp. 3 (ภาพ 22 ก 4, 22 ข 4)

แต่ละเซมิเซลล์มีลักษณะคล้ายครึ่งวงกลมหรือรูปไข่ ผนังเซลล์มีหนามยื่นออกมาเล็กน้อย ไซนัสเว้าลึก เซลล์มีขนาด 45 x 50 μm

แหล่งที่อยู่อาศัย ล่องลอยตามกระแสน้ำ ตามแอ่งน้ำขัง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 25-40 °C

7. *Oedogonium areolatum* Lagerheim (ภาพ 22 ก 8, 22 ข 8)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง ลักษณะของเซลล์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาว คลอโรพลาสต์เป็นแบบร่างแห อะพิคอลแคป (apical cap) เกิดบริเวณปลายด้านหนึ่งด้านใดของเซลล์ เมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ เซลล์มีขนาด 20-25 x 70-80 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย ตามพื้นดิน พื้นซีเมนต์ ตามแอ่งน้ำขัง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-42 °C

8. *Pleurotaenium* sp. (ภาพ 22 ก 9, 22 ข 9)

เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอกยาว ปลายตัด ผนังเซลล์ค่อนข้างเรียบ ไม่ขรุขระมากนัก เซลล์มีขนาด 30 x 480-500 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามแอ่งน้ำ ล่องลอยตามกระแสน้ำ อุณหภูมิ 25-35 °C

9. *Spirogyra* sp. (ภาพ 22 ก 10, 22 ข 10)

เซลล์มีลักษณะเป็นเส้นสายยาว เซลล์มีรูปทรงกระบอก อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เมื่อจับจะรู้สึกลื่น ลักษณะคล้ายเส้นผมสีเขียวสด ภายในเซลล์มีคลอโรพลาสต์ลักษณะขดเป็นเกลียว เซลล์มีขนาดความกว้าง-ยาว ตั้งแต่เท่ากันจนถึงความยาวมากกว่าด้านกว้างหลายเท่า เซลล์มีความกว้าง 30 ยาวตั้งแต่ 30-200 µm

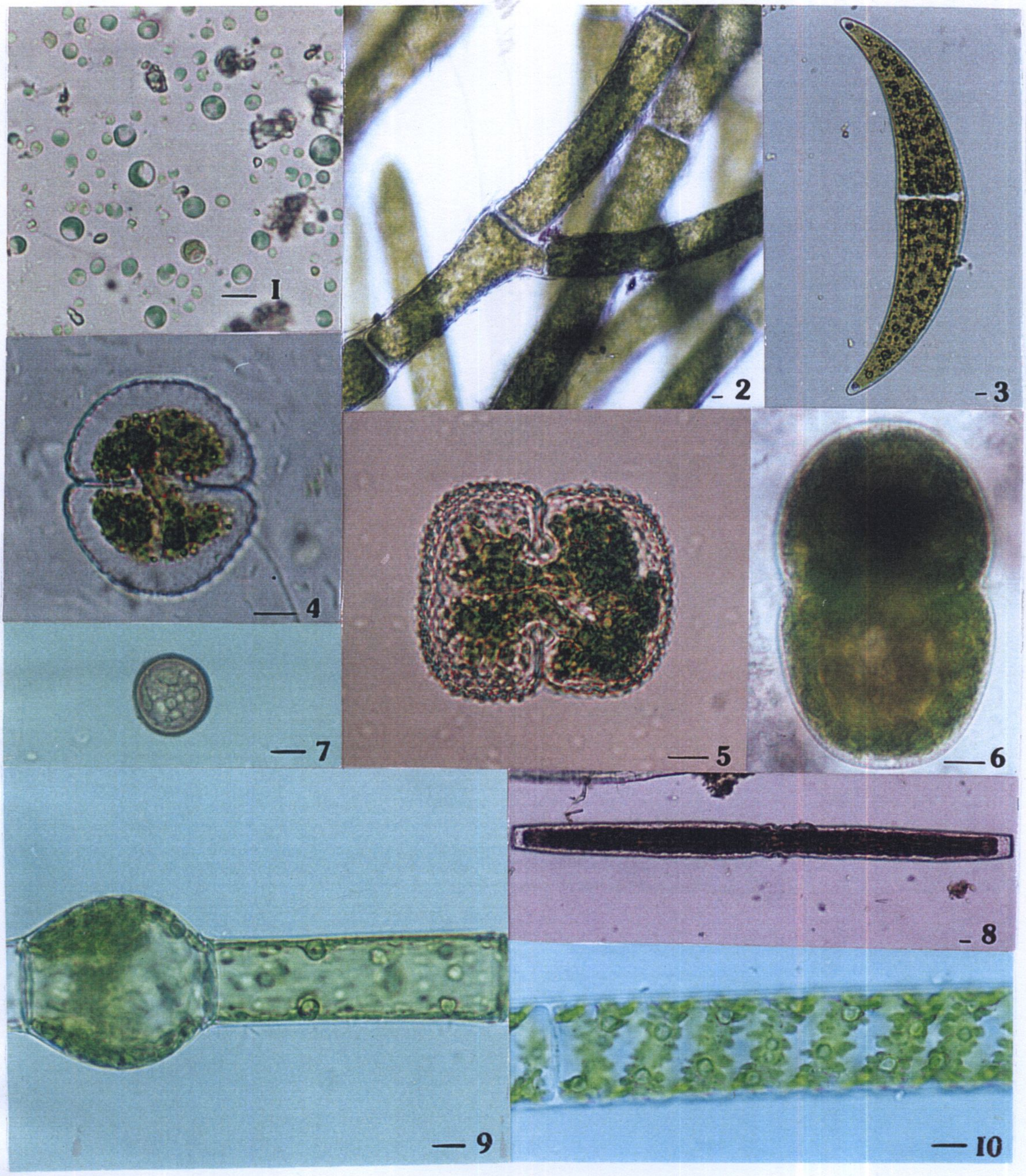
แหล่งที่อยู่อาศัย พบตามแอ่งน้ำนิ่ง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-40 °C

Division Euglenophyta

1. *Trachelomonas* sp. (ภาพ 22 ก 5, 22 ข 5)

เซลล์มีลักษณะทรงกลม มี flagellum 1 เส้น ยื่นออกมาภายนอก สามารถเคลื่อนที่ได้ เซลล์มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-25 µm

แหล่งที่อยู่อาศัย ตามแอ่งน้ำนิ่ง อุณหภูมิที่พบอยู่ในช่วง 30-40 °C

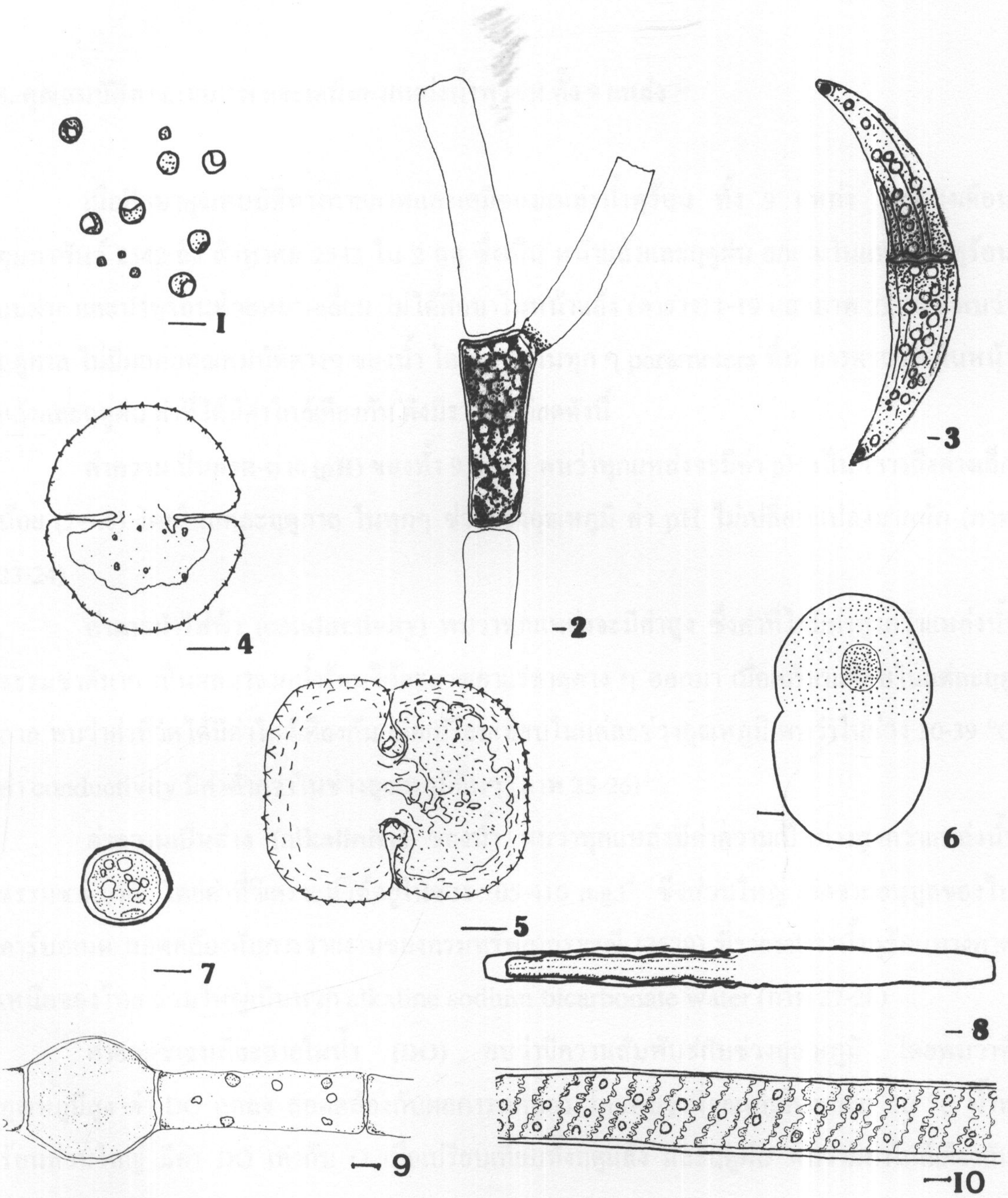


scale bar = 10 μm

ภาพ 22 ก สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

(1-6) Chlorophyta : (1) *Chlorella vulgaris* Beyerinck, (2) *Cladophora glomerata* Kützing, (3) *Closterium ehrenbergii* Meneghini, (4) *Cosmarium* sp.3, (5) *Cosmarium* sp.2, (6) *Cosmarium* sp.1, (7) Euglenophyta : *Trachelomonas* sp. (8-10) Chlorophyta : (8) *Oedogonium areolatum* Lagerheim, (9) *Pleurotaenium* sp., (10) *Spirogyra* sp.

ภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง



scale bar = 10 µm

ภาพ 22 ข ภาพวาดสาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ที่พบในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขต ภาคเหนือตอนบนทั้ง 9 แหล่ง

(1-6) Chlorophyta : (1) *Chlorella vulgaris* Beyerinck, (2) *Cladophora glomerata* Kützing, (3) *Closterium ehrenbergii* Meneghini, (4) *Cosmarium* sp.3, (5) *Cosmarium* sp.2, (6) *Cosmarium* sp.1, (7) Euglenophyta : *Trachelomonas* sp. (8-10) Chlorophyta : (8) *Oedogonium areolatum* Lagerheim, (9) *Pleurotaenium* sp., (10) *Spirogyra* sp.

4. คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแหล่งน้ำพุร้อน ทั้ง 9 แหล่ง

เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำพุร้อน ทั้ง 9 แหล่ง ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2542 ถึง สิงหาคม 2543 ใน 2 ฤดู ซึ่งเป็น หน้าแล้งและฤดูฝน ยกเว้นในแหล่งน้ำพุร้อนแม่ฝาง และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม ไม่ได้ศึกษาในหน้าแล้ง (ตาราง11-19 และภาพ 23-38) พบว่าฤดูกาล ไม่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำ โดยพบว่าในทุก ๆ parameters ที่ทำการตรวจวัดในหน้าแล้งและฤดูฝน ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังมีรายละเอียดดังนี้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของทั้ง 9 แหล่ง พบว่าทุกแหล่งจะมีค่า pH เป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย (7-9.6) โดยในแต่ละฤดูกาล ในทุกๆ ช่วงของอุณหภูมิ ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพ 23-24)

ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) พบว่าทุกแหล่งจะมีค่าสูง ซึ่งค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติมาก เป็นผลมาจากน้ำร้อนได้ละลายเอาแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมา เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละฤดูกาล พบว่าค่าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละช่วงอุณหภูมิ พบว่าในช่วง 30-39 °C ค่า conductivity มีค่าต่ำกว่าในช่วงอุณหภูมิอื่นๆ (ภาพ 25-26)

ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำ พบว่าทุกแหล่งมีค่าความเป็นด่างสูงกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติมาก โดยค่าที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 105-410 $mg.l^{-1}$ ซึ่งส่วนใหญ่ เกิดจากอนุมูลของไบคาร์บอเนต สอดคล้องกับการรายงานของกรมทรัพยากรธรณี (2529) ที่รายงานว่าน้ำพุร้อนทางภาคเหนือของไทย ส่วนใหญ่เป็นพวก alkaline sodium bicarbonate water (ภาพ 27-28)

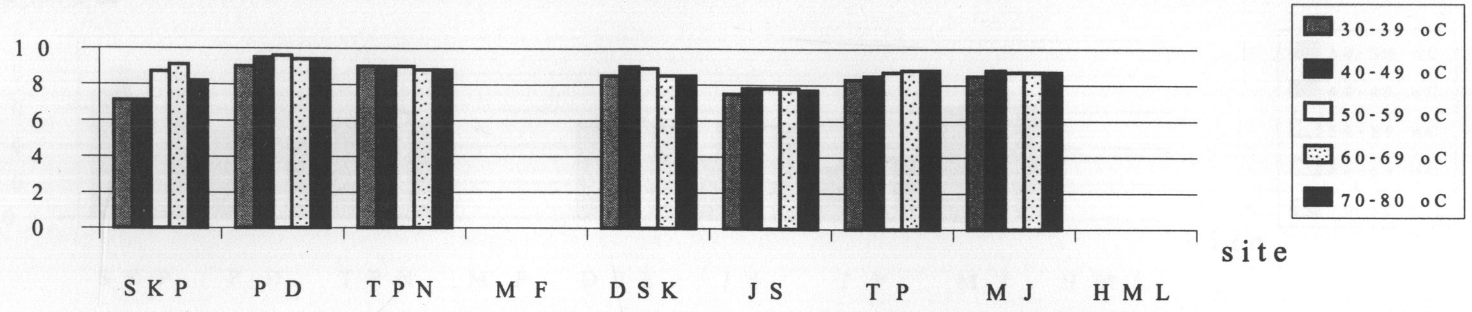
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบว่ามีความสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิ โดยพบว่าที่อุณหภูมิสูง ค่า DO ลดลง สอดคล้องกับผลการทดลอง โดยพบว่าที่อุณหภูมิมากกว่า 50 °C น้ำพุร้อนส่วนใหญ่ มีค่า DO เท่ากับ O เมื่อเปรียบเทียบทั้งฤดูแล้ง และฤดูฝน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพ 29-30)

ปริมาณซัลไฟด์ (S^{2-}) พบว่าค่าซัลไฟด์ในทุกแหล่งน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กับระดับอุณหภูมิโดยพบว่า ที่อุณหภูมิสูง ปริมาณซัลไฟด์มีค่าสูงตามไปด้วย และลดลงตามระยะทางของธารน้ำพุร้อน (อุณหภูมิน้ำลดลง) เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ฤดู ส่วนใหญ่พบว่าปริมาณซัลไฟด์ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเจือจางปริมาณซัลไฟด์ที่ละลายน้ำ ทำให้ค่าซัลไฟด์ที่วิเคราะห์ได้ในฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าในฤดูแล้ง (ภาพ 31-32)

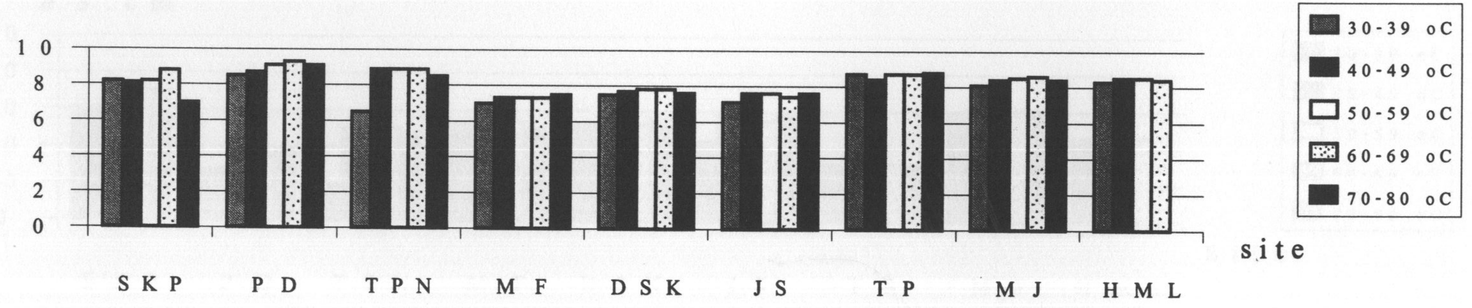
ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ soluble reactive phosphorus (SRP) ไนเตรทไนโตรเจน และแอมโมเนียมไนโตรเจน พบว่า ค่า SRP อยู่ในช่วง 0.12-1.7 $mg.l^{-1}$ ค่าไนเตรทไนโตรเจน อยู่ในช่วง 0.1-8.4 $mg.l^{-1}$ ค่าแอมโมเนียมไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.00-0.178 $mg.l^{-1}$ โดยเมื่อเปรียบเทียบในฤดูแล้ง

และฤดูฝน พบว่าค่ามีความใกล้เคียงกัน โดยปริมาณสารอาหารในน้ำพุร้อนมีค่ามากกว่าในแหล่งน้ำธรรมดา โดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิสูงๆ ค่าสารอาหารที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูง (ภาพ 33-38)

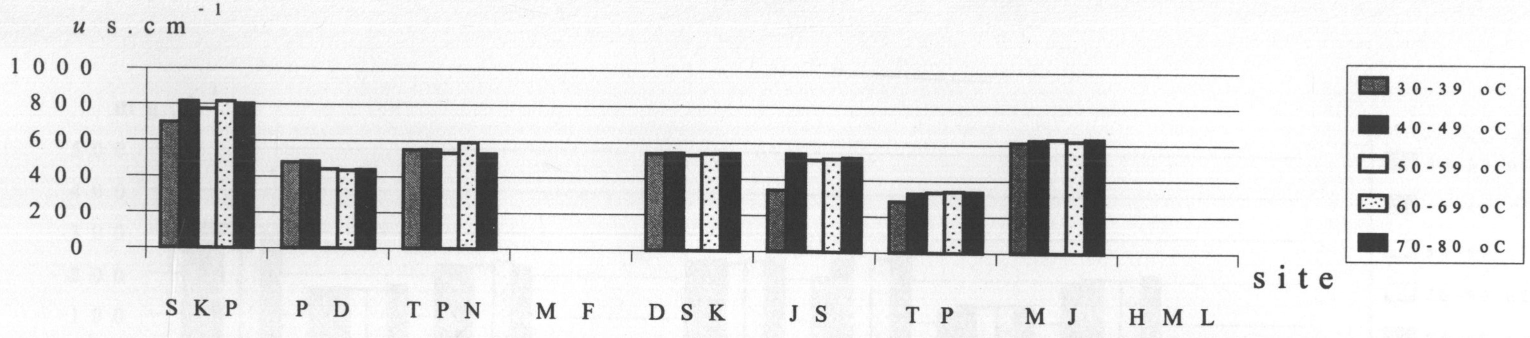
ความขุ่นของแหล่งน้ำ พบว่าน้ำพุร้อนเกือบทุกแหล่งมีความใสมาก ความขุ่นต่ำ ยกเว้นน้ำพุร้อนโป่งเดือดในฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ 30-49 °C และน้ำพุร้อนเทพนม ในฤดูฝน ช่วงอุณหภูมิ 30-39 °C พบว่ามีค่าความขุ่นสูง เนื่องจากกระแสน้ำไหลแรง และได้รับอิทธิพลจากน้ำภายนอกเข้ามาปน (ภาคผนวก ก ตาราง 13-19)



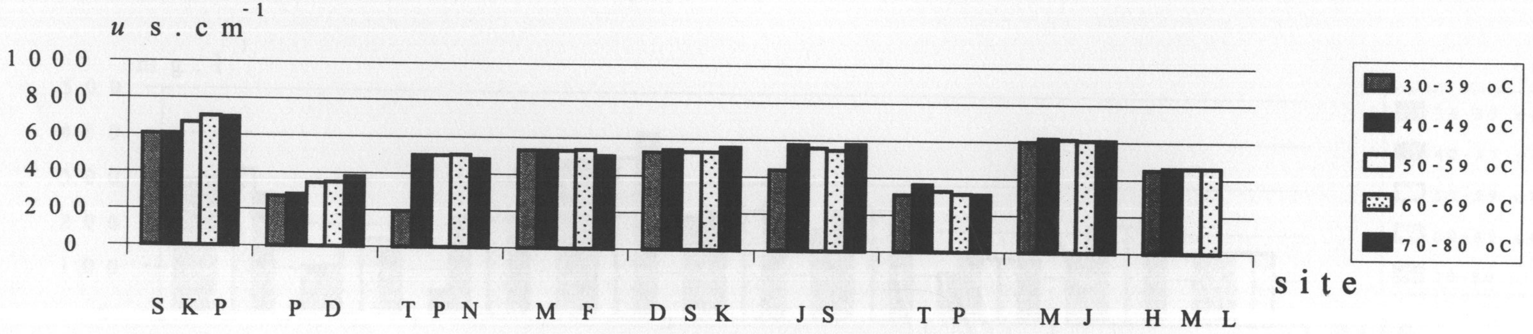
ภาพ 23 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูแล้ง



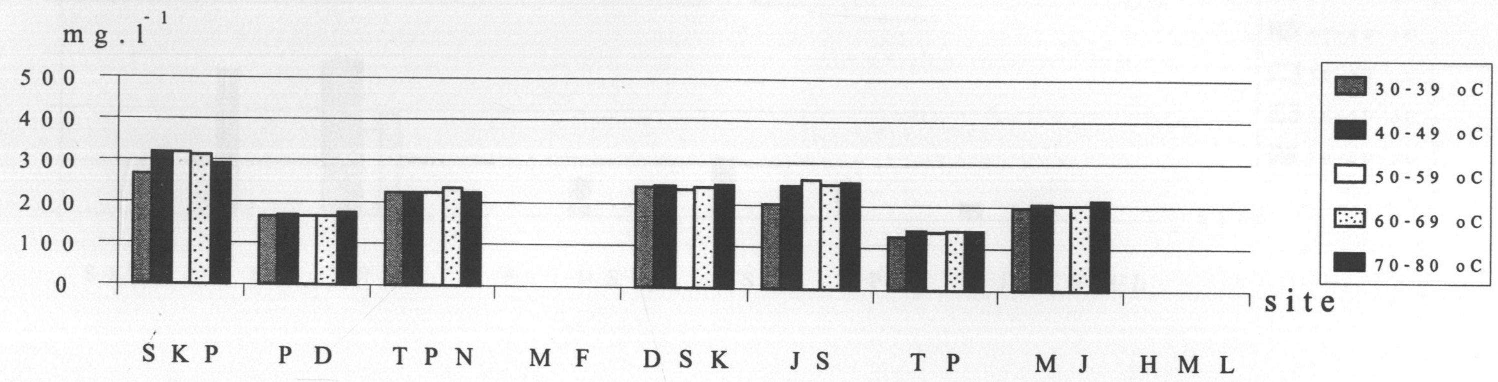
ภาพ 24 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูฝน



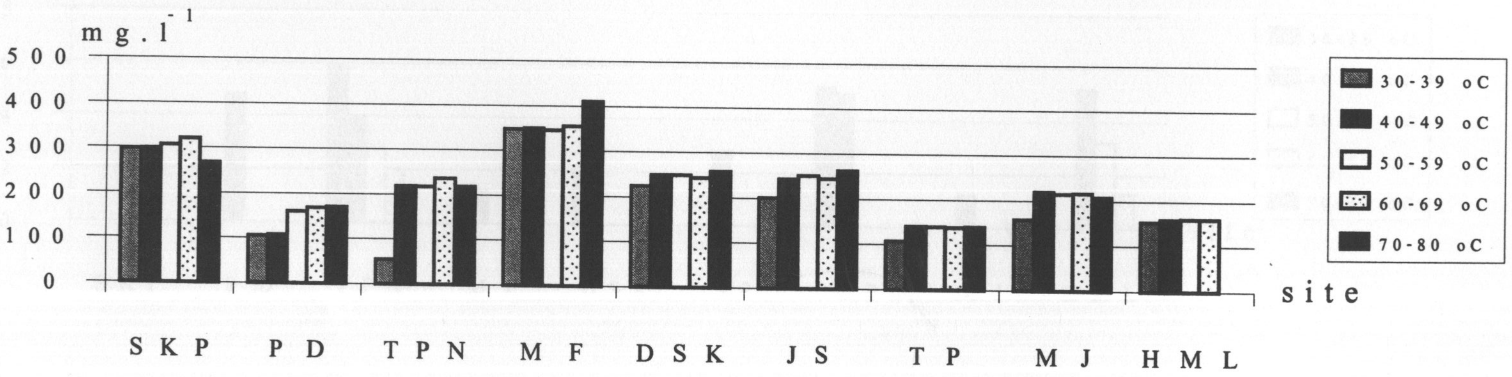
ภาพ 25 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu s.cm^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูแล้ง



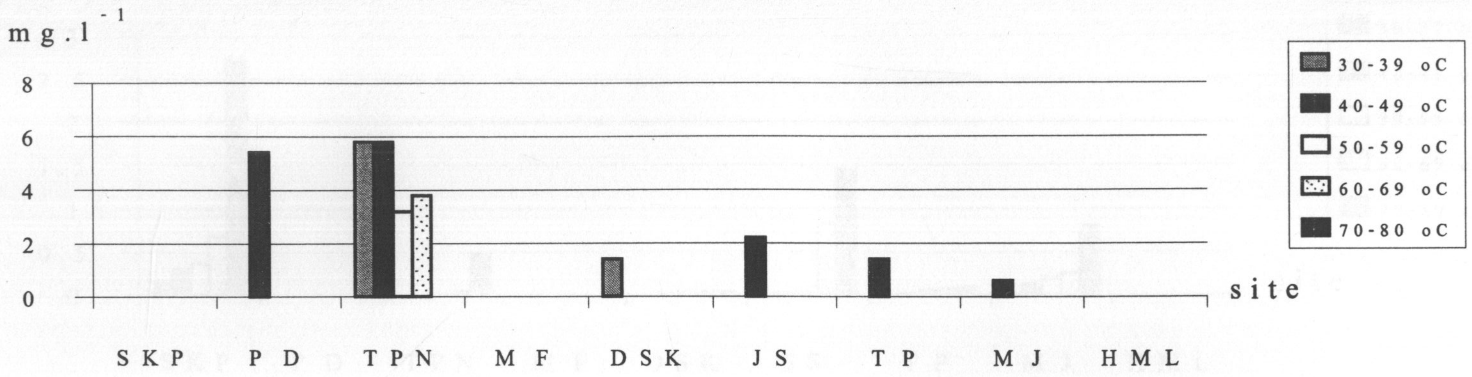
ภาพ 26 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu s.cm^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูฝน



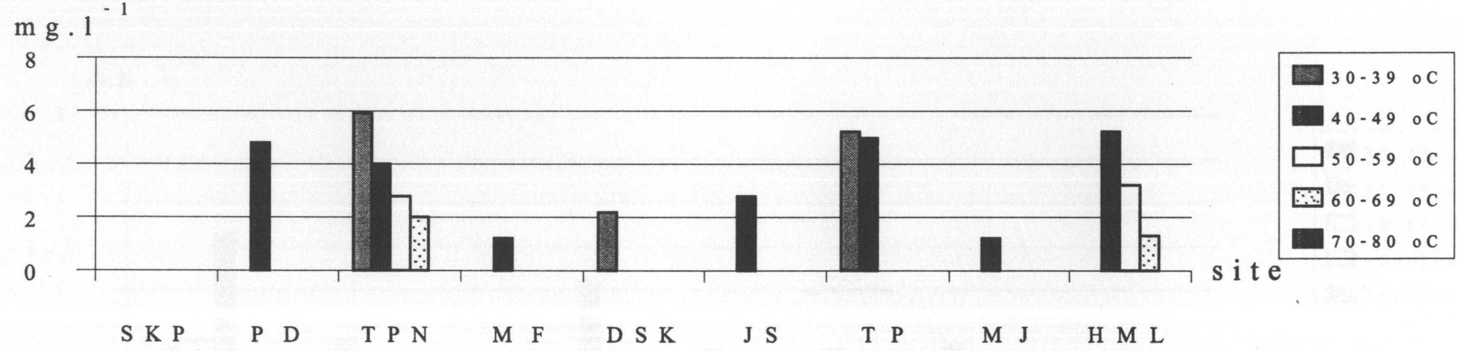
ภาพ 27 ความเป็นด่าง ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูแล้ง



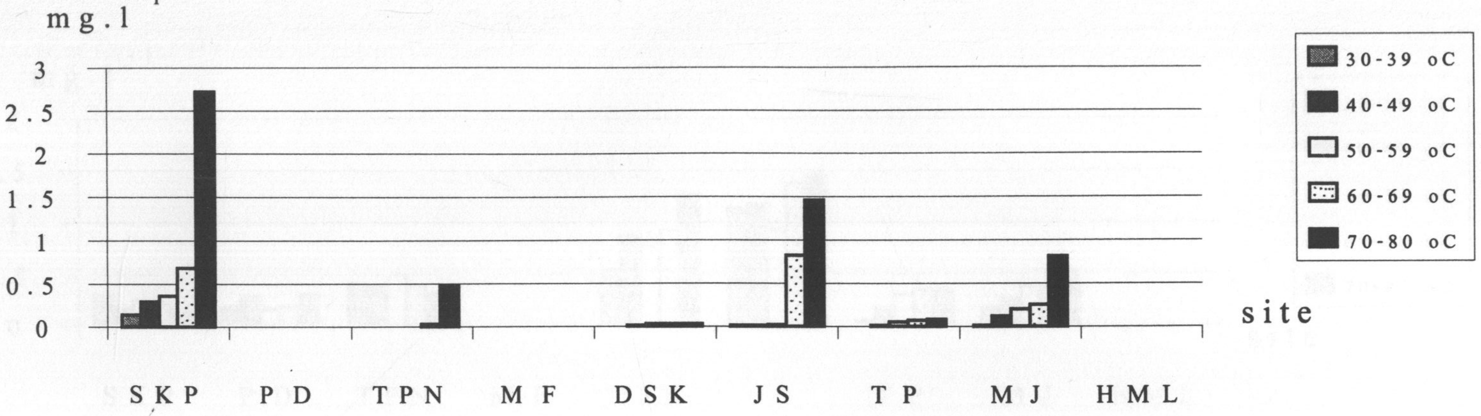
ภาพ 28 ความเป็นด่าง ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูฝน



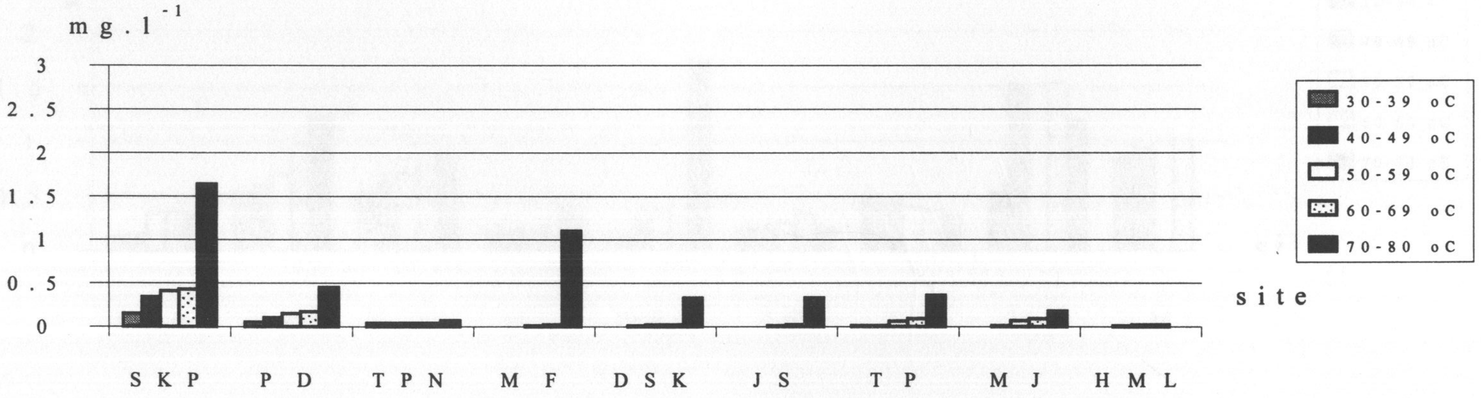
ภาพ 29 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{O}C ในฤดูแล้ง



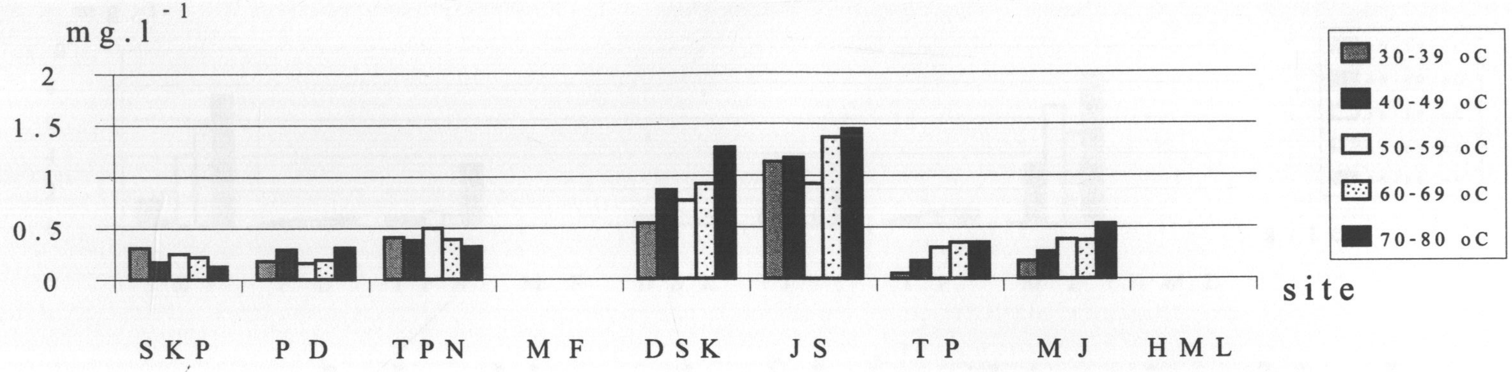
ภาพ 30 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{O}C ในฤดูฝน



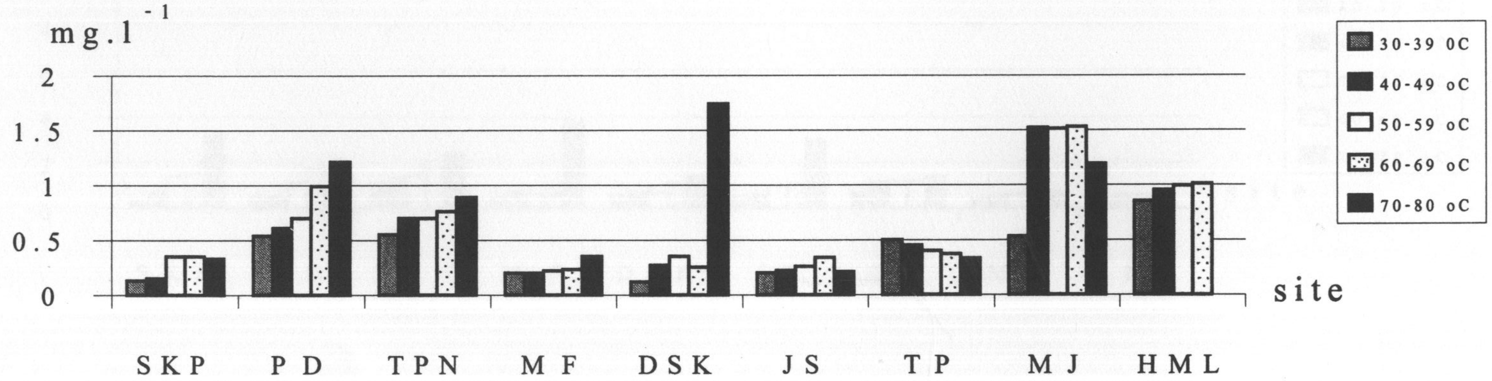
ภาพ 31 ปริมาณ sulfide ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูแล้ง



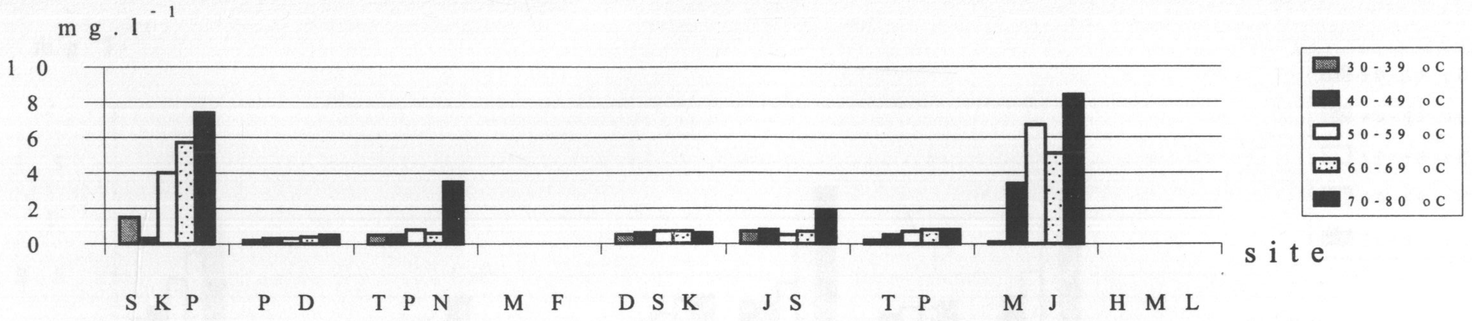
ภาพ 32 ปริมาณ sulfide ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูฝน



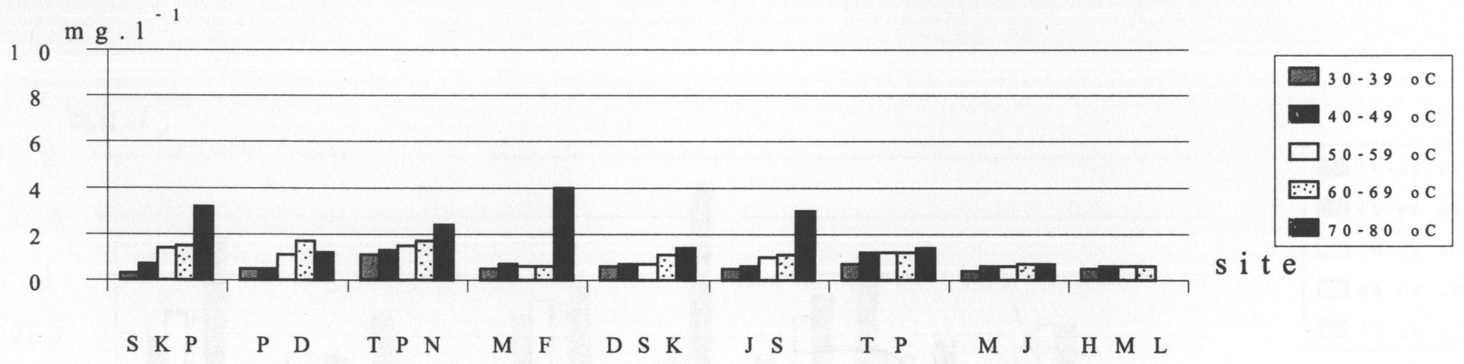
ภาพ 33 ปริมาณ SRP ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูแล้ง



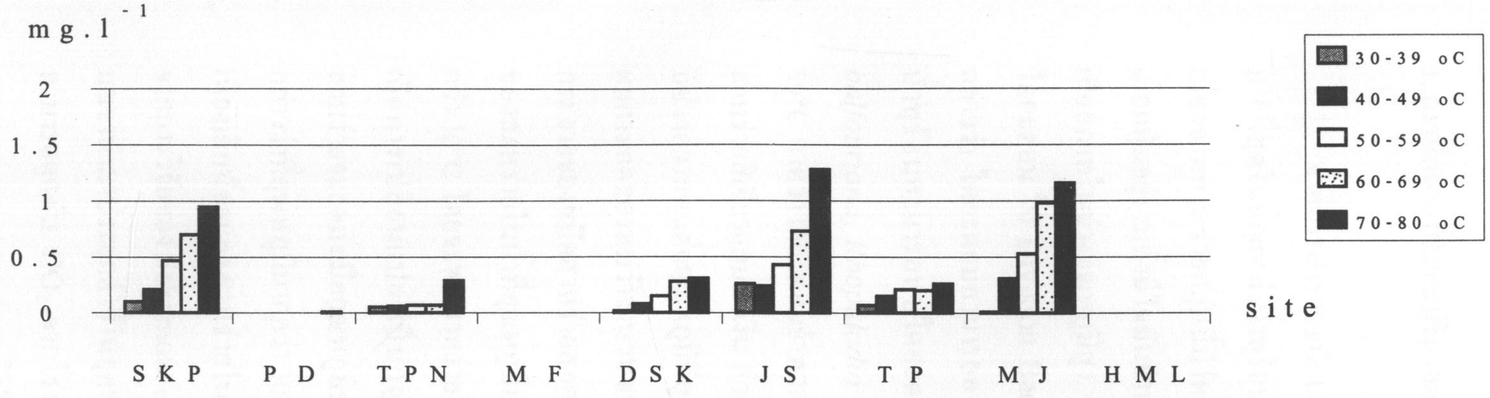
ภาพ 34 ปริมาณ SRP ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูฝน



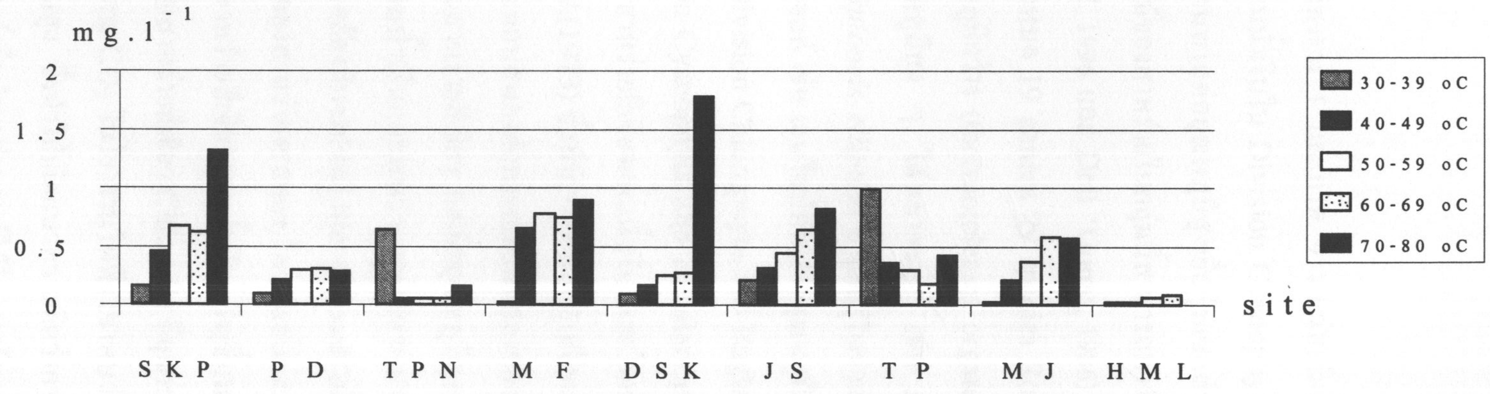
ภาพ 35 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (mg.l^{-1}) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูแล้ง



ภาพ 36 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (mg.l^{-1}) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูฝน



ภาพ 37 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูแล้ง



ภาพ 38 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$) ของน้ำพุร้อนทั้ง 9 แหล่งในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{o}C ในฤดูฝน

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาชนิดและปริมาณสาหร่าย

จากการสำรวจชนิดและปริมาณสาหร่ายดังตาราง 1 และภาพ 9 พบว่ากลุ่มสาหร่ายที่พบมากที่สุดในทุกแหล่งน้ำพุร้อนคือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใน Division Cyanophyta (ตาราง 1) เนื่องจากสาหร่ายกลุ่มนี้มีโครงสร้างของเซลล์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงเยื่อหุ้มเซลล์หนาและยังมีเมือกหุ้มอยู่รวมทั้งมีไขมันจำนวนมาก และเอนไซม์ของสาหร่ายในกลุ่มนี้สามารถทำงานได้และไม่เสียสภาพในช่วงอุณหภูมิสูง ๆ (Stevenson *et al.* 1996 และ Dell 'Uomo, 1986) รองลงมาคือไดอะตอม ใน Division Bacillariophyta พบทั้งหมด 19 genera 29 species Round (1975) กล่าวว่า ไดอะตอมสามารถอาศัยอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง (thermotolerant organisms) ซึ่งในน้ำพุร้อนสามารถพบไดอะตอมที่อาศัยอยู่ในอุณหภูมิสูง ๆ ได้หลายชนิด เช่น *Diatomella balfouriana, Rhopalodia gibberrula* และ *Diploneis elliptica* อาศัยอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 30-59°C คาดว่าไดอะตอมจำพวกนี้อาจมีลักษณะของเซลล์ เช่น เอนไซม์ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงเหมือนในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ส่วนสาหร่ายสีเขียวในDivision Chlorophyta และ Euglenophyta จะมีช่วงความทนต่ออุณหภูมิที่สูงน้อยกว่าในDivision Cyanophyta และ Bacillariophyta ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าจำนวนชนิดสาหร่ายน้อยกว่า สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดอะตอม การกระจายของชนิดสาหร่ายสอดคล้องกับ Fogg *et al.*(1973) ซึ่งทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสาหร่ายในน้ำที่อุณหภูมิปกติ พบว่าสาหร่ายจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 30°C โดยจะพบสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมและสาหร่ายสีเขียว แต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30°C จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและพบว่าความหลากหลายของชนิดสาหร่ายจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30°C ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Stevenson *et al.* (1996) ซึ่งกล่าวว่าที่อุณหภูมิมากกว่า 30°C ความหลากหลายของสาหร่ายจะลดลง โดยพบชนิดสาหร่ายสีเขียวเพียงเล็กน้อยและสาหร่ายในกลุ่มไดอะตอมและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญขึ้นมาแทนที่ แต่จากการวิจัยของ Sakamoto *et al.*(1995) สำรวจพบสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* ที่อุณหภูมิ 42°C ต่อมาเขานำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อลดปริมาณ CO_2 ในโรงงานไฟฟ้า เขาพบว่า *Chlorella* สามารถดูดซับ CO_2 จากโรงงานนี้ซึ่งใช้ความร้อนสูง ซึ่งทำให้เกิดแนวความคิดว่าการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายชนิดใหม่ๆ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านอุตสาหกรรม

การแพทย์ การเกษตร ตลอดจนลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่นักวิจัยรุ่นใหม่ ๆ ควรจะกระทำ

เมื่อนำข้อมูลจำนวนชนิดของสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิในทุกๆ ฤดูกาลมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนชนิดสาหร่าย โดยพบว่าที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจำนวนชนิดของสาหร่ายจะลดลง เป็นการยืนยันผลการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่าย นอกจากระดับอุณหภูมิจะเป็นตัวกำหนดการกระจายของชนิดของสาหร่ายแล้วลักษณะของ substrate เช่น ดิน ก้อนหิน กรวด เป็นต้น ก็เป็นตัวกำหนดชนิดของสาหร่ายดังจะเห็นว่าสาหร่ายบางชนิดเช่น *Calothrix* มีความจำเพาะต่อ substrate เช่นท่อนไม้ ก้อนหิน ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดมีความจำเพาะต่อ substrate แตกต่างกันไป นอกจากนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซัลไฟด์ ปริมาณสารอาหารได้แก่ SRP, NO_3^- และ NH_3 ก็ส่งผลถึงจำนวนชนิดสาหร่ายโดยพบว่าหากปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง จำนวนชนิดของสาหร่ายก็ลดลงตามไปด้วย ส่วนในเรื่องปริมาณของซัลไฟด์นั้น จากงานวิจัยในเรื่องนี้พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนชนิดของสาหร่าย กล่าวคือถ้าปริมาณซัลไฟด์มาก จำนวนชนิดของสาหร่ายจะลดลง และในทางกลับกัน ถ้าปริมาณซัลไฟด์ลดลง จำนวนชนิดของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dell'Uomo (1986) ซึ่งทำการศึกษาไดอะตอมและสาหร่ายจากน้ำพุร้อน Triponzo เมืองเปรูเจีย ในตอนกลางของประเทศอิตาลี น้ำพุร้อนแห่งนี้มีไฮโดรเจนซัลไฟด์และซัลเฟอร์ในรูปคอลลอยด์มาก พบว่าไดอะตอมจะไวต่อปริมาณซัลไฟด์ที่ละลายน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าซัลไฟด์ที่ละลายน้ำในปริมาณมากเป็นปัจจัยจำกัดของสาหร่ายบางชนิด ทำให้บริเวณที่ปริมาณซัลไฟด์ที่ละลายน้ำมาก ความหลากหลายของสาหร่ายจะน้อยตามไปด้วย นอกจากนี้ Castenholz (1976) ศึกษาผลกระทบของซัลไฟด์ที่มีต่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนประเทศนิวซีแลนด์ และไอซ์แลนด์ พบว่าความเข้มข้นของซัลไฟด์ที่ละลายน้ำจะเป็นตัวกำหนดชนิดของสาหร่าย โดยศึกษาในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Mastigocladus laminosus* ในประเทศนิวซีแลนด์พบว่าสาหร่าย species นี้จะไวต่อปริมาณซัลไฟด์เกิน 0.15 mg/l ส่วนการศึกษาในประเทศไอซ์แลนด์จะไวต่อปริมาณซัลไฟด์เกิน 0.25 mg/l และพบว่าไม่สามารถพบสาหร่ายชนิดนี้ในน้ำที่มีซัลไฟด์สูงมากๆ แสดงว่าซัลไฟด์มีผลต่อชนิดของสาหร่ายในน้ำพุร้อนค่อนข้างสูง

ส่วนการศึกษาปริมาณสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งได้แก่ SRP, NO_3^- และ NH_3 พบว่าเมื่อมีค่าเพิ่มขึ้น มีผลให้จำนวนชนิดของสาหร่ายลดลง ซึ่งโดยสภาพแหล่งน้ำทั่วไปแล้ว ชนิด และปริมาณของสาหร่ายจะแปรผันตามปริมาณสารอาหารดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นในแหล่งน้ำนิ่ง หรือแหล่งน้ำไหล แต่ในระบบนิเวศแบบน้ำพุร้อนนี้มีความพิเศษกว่าแหล่งน้ำที่กล่าวมาแล้ว โดยพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายของสาหร่าย

จนทำให้ปริมาณสารอาหารไม่ค่อยมีผลต่อจำนวนชนิด และการเจริญของสาหร่ายมากเท่าใดนัก โดยพบว่าปริมาณสารอาหารที่มากหรือน้อยไม่ค่อยมีผลต่อจำนวนชนิดของสาหร่าย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Dell'Uomo ในปี 1986 ที่ทำการศึกษาไดอะตอม และสาหร่ายในน้ำพุร้อน Triponzo ในประเทศอิตาลี พบว่า ในน้ำพุร้อนแห่งนี้มีปริมาณ NO_3^- และ PO_4^{3-} น้อยมากหรือแทบไม่มีเลย แต่ก็ยังสามารถพบสาหร่ายได้หลายชนิด โดยเฉพาะพวกไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และจากการศึกษาของ Jha ในปี 1992 โดยศึกษาคุณภาพน้ำ และสาหร่ายในน้ำพุร้อน Suraj Kund และ Chandrama Kund ในประเทศอินเดีย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปี 1986 ถึงเดือนเมษายน ปี 1987 พบว่าถึงแม้น้ำพุร้อนจะมีปริมาณ NO_3^- และ PO_4^{3-} น้อยมาก แต่ก็ยังพบสาหร่ายได้หลายชนิดโดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่า ในระบบนิเวศแบบน้ำพุร้อนนี้ ถึงแม้จะมีปริมาณสารอาหารมากก็ไม่จำเป็นที่ชนิดของสาหร่ายจะมากตามไปด้วย เนื่องจากปัจจัยทางด้านอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญของสาหร่าย จนสามารถควบคุมปัจจัยจำกัดอื่นๆ ไว้ได้

ปัจจัยอื่นๆ เช่น กระแสน้ำ กระแสลม รวมทั้งปริมาณแสงก็มีผลต่อการกระจายของสาหร่าย ซึ่ง Brock (1978); Stevenson *et al.* (1996) และ Sperling (1975) กล่าวว่ากระแสน้ำและกระแสลมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิของน้ำ หากกระแสน้ำแรงและมีความเร็วสูงระดับอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ซึ่งอัตราการเย็นตัวของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น อุณหภูมิอากาศ ความกว้างของลำธารและปริมาณของน้ำ ซึ่งจุดที่ทำให้อุณหภูมิลดลงเกิดตรงบริเวณจุดที่น้ำสัมผัสกับอากาศ ซึ่งถ้าหากมีกระแสลมเข้ามาช่วยพัดก็สามารถทำให้น้ำเย็นตัวลงได้ง่าย ซึ่ง Brock (1978) สรุปว่าความเร็วของลมมีความสำคัญต่ออัตราการเย็นตัวของน้ำได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้โดยอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลไม่ค่อยมีผลต่อความหลากหลายของสาหร่าย เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ จะเป็นตัวกำหนดมากกว่าอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมานั้นจะเป็นตัวกำหนดความหลากหลาย รวมทั้งปริมาณของสาหร่าย โดยจะส่งผลให้แต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายแตกต่างกัน

2. ลักษณะของน้ำพุร้อน

จากการศึกษาสภาพแหล่งน้ำพุร้อน ตลอดจนการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำ พบว่าแหล่งน้ำทั้ง 9 แหล่งที่ทำการศึกษาเป็นแบบ alkaline hot springs ตามการจัดจำแนกของ Fogg *et al.*(1973) โดยแบ่งตามสภาพความเป็นกรดด่าง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของกรมทรัพยากรธรณี(2529) และเกียรติศักดิ์และคณะ 2534 ซึ่งได้รายงานว่า น้ำพุร้อนในภาค

เหนือมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกันมีค่า pH ค่อนข้างสูง (7-9) ค่า total dissolved solids ต่ำ ค่า salinity ต่ำ องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโซเดียม 80-160 $mg.l^{-1}$ และไบคาร์บอเนต 200-500 $mg.l^{-1}$ ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษาเป็น alkaline sodium-bicarbonate water ซึ่งเกิดจากการละลายชั้นหินพวก calcareous sediments เมื่อทำปฏิกิกริยาเคมีทำให้น้ำเกิดการเปลี่ยนสภาพเป็น bicarbonate หรืออีกกรณีหนึ่งอาจเกิดจากการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของน้ำร้อน ทำให้เปลี่ยนสภาพน้ำเป็น bicarbonate ได้เช่นกัน (Davis and De Wiest,1966) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำกระแสไฟฟ้า พบว่ามีความสัมพันธ์กันโดย เกียรติศักดิ์และคณะ (2534) ได้รายงานว่าน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือมีปริมาณของแร่ธาตุบางตัวสูงเช่น โซเดียม โพแตสเซียม แคลเซียม ลิเธียม ฟลูออรีน และซิลิกา ซึ่งสารเหล่านี้หากละลายอยู่ในน้ำมากก็จะทำให้มีค่าการนำไฟฟ้ามากตามไปด้วย และเมื่อศึกษาปริมาณซัลไฟด์ และปริมาณสารอาหาร SRP, NO_3^- และ NH_4^+ ในน้ำพบว่าที่อุณหภูมิสูงๆ ค่าที่วิเคราะห์ได้จะสูงตามไปด้วย เนื่องจากการละลายของแร่ธาตุในชั้นหินและการออกซิไดซ์ของ จุลินทรีย์พวกไม่ใช้อากาศ (anaerobe) ทำให้ที่อุณหภูมิสูงปริมาณซัลไฟด์ และปริมาณสารอาหารจะสูงตามไปด้วย เมื่ออุณหภูมิลดลงตามระยะทางของน้ำร้อน ปริมาณของซัลไฟด์ลดลง เนื่องจากซัลไฟด์เมื่อถูกอากาศจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของซัลเฟตแทน ส่วนค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ (DO) จากผลการสำรวจพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิโดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณ DO จะลดลง (ตาราง 23) ซึ่งสอดคล้องกับ Brock (1978) ได้รายงานว่าปริมาณ DO จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จากผลการศึกษาน้ำพุร้อนบางแหล่ง เช่นน้ำพุร้อนโป่งเดือดพบว่าค่า DO ที่ช่วงอุณหภูมิ 40-49°C มีค่าสูง (DO เท่ากับ 4.8-5.4 $mg.l^{-1}$) เนื่องจากสภาพจุดเก็บตัวอย่างเป็นน้ำตก น้ำได้สัมผัสกับอากาศทำให้ค่า DO สูงขึ้น และในฤดูฝนค่า DO เพิ่มขึ้นจากฤดูแล้งเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำเย็นที่ไหลมาผสม

3. การจัดจำแนกชนิดของสาหร่ายน้ำพุร้อน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการจำแนกชนิดของสาหร่ายน้ำพุร้อนโดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแนวทางเดิม (classical approaches) โดยทำการพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา วงจรชีวิต การแบ่งเซลล์ ลักษณะที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (macroscopical aspects) ซึ่งในบางครั้งยังไม่สามารถจำแนกชนิดของสาหร่ายบางชนิดได้ซึ่งก็มีวิธีการศึกษาแนวทางใหม่ (modern approaches) ที่ยังคงทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา มีการศึกษาถึงโครงสร้างละเอียด (fine structure) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (transmission electron microscope:TEM) ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของของเซลล์จากการเพาะเลี้ยง รวมทั้งการศึกษาอณูชีวโมเลกุล

(Molecular biology) โดยใช้ลำดับยีน 16S rRNA รวมทั้งศึกษาสายพันธุกรรม (phylogeny) ศึกษาถึงแผนการการวิวัฒนาต่าง ๆ (Anagnostidis and Komárek,1985) ซึ่ง Ward *et al.* (1998) ได้ตั้งสมมติฐานโดยใช้เทคนิค culture-independent 16S rRNA เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และรูปแบบของกลุ่มสาหร่ายและความหลากหลายของกลุ่มสาหร่ายโดยศึกษาการกระจายของลำดับยีน 16S rRNA ที่ตรวจพบซึ่งจะเป็นแนวทางที่ดีในการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนต่อไปในอนาคต

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2542 ถึง เดือนสิงหาคม 2543 ใน 9 แหล่ง คือ น้ำพุร้อนสันกำแพง น้ำพุร้อนโป่งเดือด น้ำพุร้อนเทพนม น้ำพุร้อนแม่ฝาง และโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน จังหวัดลำปาง น้ำพุร้อนท่าปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โป่งน้ำร้อนแม่จัน และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม จังหวัดเชียงราย โดยทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 ฤดู คือ ฤดูแล้ง และฤดูฝน ยกเว้นน้ำพุร้อนแม่ฝาง และน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม เก็บเฉพาะในฤดูฝน แบ่งจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละแหล่งออกเป็น 5 ช่วงระดับอุณหภูมิ คือ 30-39°, 40-49°, 50-59°, 60-69°และ 70-80°C พบสาหร่ายทั้งหมด 48 genera 78 species จัดอยู่ใน 4 Divisions คือ Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta และ Euglenophyta ซึ่งชนิดสาหร่ายที่พบส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใน Division Cyanophyta สาหร่ายที่เป็น dominant species ของทุกแหล่งน้ำ คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.)-Anagn. Et Kom. และ *Synechococcus* spp. ซึ่งพบมากในอุณหภูมิช่วง 55-57° และ 65-72°C ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบไดอะตอมใน Division Bacillariophyta ที่พบมากคือ *Diatomella balfouriana* Grev. และ *Rhopalodia gibberrula* (Ehrenberg) O.Müller ซึ่งพบมากที่อุณหภูมิ 30-59°C ส่วนสาหร่ายใน Division Chlorophyta และ Euglenophyta พบเพียง 10 species เท่านั้น ในช่วงอุณหภูมิ 30-39°C มีจำนวนชนิดสาหร่ายมากที่สุดคือ 47 genera 75 species รองลงมาคือช่วง 40-49 °C พบสาหร่าย 38 genera 65 species ช่วงอุณหภูมิ 50-59°C พบสาหร่าย 18 genera 28 species ช่วงอุณหภูมิ 60-69°C พบสาหร่าย 3 genera 5 species และช่วงอุณหภูมิ 70-80°C พบสาหร่าย 1 genus 3 species สาหร่ายในน้ำพุร้อนเทพนมมีความหลากหลายมากที่สุด

แหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษาทุกแหล่งเป็นแบบ alkaline-bicarbonate spring เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนชนิดสาหร่ายที่พบตามช่วงระดับอุณหภูมิ และฤดูกาล พบว่ามีความสัมพันธ์กัน โดยพบว่าอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดการกระจายชนิดสาหร่าย นอกจากนั้นปัจจัยทางกายภาพ และเคมีบางประการคือปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และปริมาณซัลไฟด์ โดยความหลากหลายของสาหร่ายที่พบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ และปริมาณซัลไฟด์ที่พบในน้ำ

บรรณานุกรม

กาญจนา ชาญสง่าเวช สุทธิรักษ์ นิยมฤทธิ์ และศิริเพ็ญ เวชชการัณย์. 2532. การวินิจฉัยชนิดของแบคทีเรียสีน้ำเงินแกมเขียว ประเภทที่เจริญ ณ อุณหภูมิสูงในบ่อน้ำพุร้อนทางภาคเหนือของประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. โปสเตอร์ B133.

กาญจนา ชาญสง่าเวช และ สุทธิรักษ์ นิยมฤทธิ์. 2535. แบคทีเรียสีเขียวแกมน้ำเงินที่เจริญ ณ อุณหภูมิสูง. วารสารวิทยาศาสตร์. 2. 71 – 75.

กรมทรัพยากรธรณี. 2529. การสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์.

กรมทรัพยากรธรณี. 2530. แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย. รายงานการสำรวจฉบับที่ 1. 40-42.

เกียรติศักดิ์ พลสงคราม พลยุทธ ศุขสมิท เจนศิริ จันทร์ศิริ และคณะ. 2534. การศึกษาน้ำแร่ในภาคเหนือของประเทศไทย : ประโยชน์และการนำไปใช้. รายงานการวิจัยฉบับที่ 93 สถาบันชีวิตวิทยาและสถาบันวิจัยและพัฒนา.

ประวิทย์ พิทักษ์วาปี. 2533. นิเวศวิทยาของสาหร่ายบริเวณน้ำพุร้อนบ้านโป่งฮ่อม อ. สันกำแพง จ. เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2542. สาหร่ายตอนที่ 1 : ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียว . ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิรัชนีย์ ภูษิตวิทย์. 2534. การศึกษาชนิดและชีววิทยาของสาหร่ายในน้ำพุร้อน อ.เขาชัยสน จ. พัทลุง. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สระบุรี ไชยมงคล. 2523. จุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนโป่งฮ่อม ตำบลออนหลวย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การสอนชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุจิตร พิตรากูล และพินิจ กุลสิงห์. 2522. น้ำพุร้อนและการศึกษาพุน้ำร้อนในประเทศไทย. งานวิจัย.

Anagnostidis K., Economou-Amilli A., Makris K. 1988. The morphotypes of *Phormidium boryanum* (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom. and *Phormidium janthiphorum* (Fior.-Mazz. ex Gom.) Elenk. Arch. Hydrobiol. Suppl., 80(1-4), 71-91.

Anagnostidis K., Komárek J. 1985. Modern approach to the classification system of cyanobacteria 1. Introduction. Arch. Hydrobiol. Suppl., 38/39, 291-302.

Anagnostidis K., Komárek J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanobacteria 3. Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 50/53, 327-472.

Anagnostidis K., Komárek J. 1990. Modern approach to the classification system of cyanobacteria 5. Stigonematales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 59, 1-73

Anna C. L. Azevedo M. T. P. 1995. Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from São Paulo State, Brazil. Nova Hedwigia, 60,19-58.

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Washington DC, American Public Health Association.

Brock T. D. 1966. Principle of Microbial Ecology. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Gersey.

Brock T.D. 1978. Thermophilic Microorganisms and Life at High Temperatures. Springer-Verlag. New York.

Brock T.D. 1994. Up the Temperature Gradient : Life at High Temperatures. Yellowstone Association for Natural Science, History & Education, Inc. Available : http:// www.bact.wisc.edu/bact303/b10.

Campbell L.L., Pace B. 1968. Physiology of growth at high temperatures. J. appl. Bact., 31, 24 – 35.

Castenholz R.W. 1973. Ecology of blue - green algae in hot springs. In Carr, N.G., Whitton, B.A. (eds.), The biology of blue - green algae. Blackwell Scientific Publications. New York.

Castenholz R.W. 1976. The Effect of Sulfide on the Bluegreen Algae of Hot Springs, I. New Zealand and Iceland. Phycol., 12, 54 – 68.

Compère P., Delmotte A. 1986. Diatoms in Two Hot Springs in Zambia (Central Africa). 9th Diatom symposium, 29 - 39.

Croasdale H. Flint E. A.1986. Flora of New Zealand: Volume I. V. R. Ward, Government Printer , Wellington.

Croasdale H. Flint E. A.1988. Flora of New Zealand: Volume II. Caxton Press, Cristchurch.

Davis S.N., De Wiest R. J. M. 1966. Hydrogeology. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Dell' Uomo A. 1986. Diatoms and Other Algae from the Thermal-Sulphur Springs of Triponzo (Central Italy). Arch Hydrobiol. Suppl., 73(1), 79 – 91.

Desikachary T.U. 1959. Cyanophyta, Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.

Fish S.A., Codd G.A. 1994. Bioactive compound production by thermophilic and thermotolerant cyanobacteria (blue-green algae). World Journal of Microbiology & Biotechnnology, 10, 338-341.

Foged N. 1974. Freshwater Diatoms in Iceland. A.R. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft, Vadus, Leutershausev.

Fogg G.E., Stewart W.D.P., Fay P., Walsby A.E. 1973. The Blue-Green Algae. Acadimic Press-London and New York, New York.

Hayashi N., Peerapornpisal Y., Nishihara H., Ishii M., Igarashi Y., Komada T. 1994. Isolation and Cultivation of Thermophilic Cyanobacteria from Hot Springs of Northern Thailand. Journal of Fermentation and Bioengineering, 78(2), 179 - 181.

Hindák F. 1983. Morphological variability and taxonomy of some coccoid green algae (Cyanophyta). Schweiz. Z. Hydrol., 45(1), 311-320.

Hoffmann L. 1988. Criteria for the classification of blue-green algae (cyanobacteria) at the genus and at the species level. Arch. Hydrobiol. Suppl., 80(1-4), 131-139.

Hefley G. 2000. Algae to the Rescue of Power Plants, In Cosmiverse Online. Available : http : // www.cosmiverse.com/science 080302.html [2001, Feb. 27].

Huber-Pestalozzi G. 1938. Das Phytoplankton des Suβwassers: Blaualgen, Bakterien,Pilze 1. Teil, E. Schweizerbart, sche Verlags Buch Handlung, Stuttgart.

Huber-Pestalozzi G. 1942. Das Phytoplankton des Suβwassers: Diatomeen, 2. Teil, E. Schweizerbart, sche Verlags Buch Handlung, Stuttgart.

Huber-Pestalozzi G. 1955. Das Phytoplankton des Suβwassers: Euglenophyceen, 4. Teil. E. Schweizerbart, sche Verlags Buch Handlung, Stuttgart.

Huber-Pestalozzi G. 1983. Das Phytoplankton des Suβwassers: Chlorophyceae (Grunglgen) Ordnung Chlorococcales, 7. Teil. 1. Hälfte, E. Schweizerbart, sche Verlags Buch Handlung, Stuttgart.

Jha M. 1992. Hydrobiology Studies Suraj Kund and Chandrama Kund, Hot Springs of Rajgir, Bihar, India. Int.-Rev.-Gesamt.-Hydrobiol, 77(3), 435-443.

Komárek J., Anagnostidis K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanobacteria 4. Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 56, 247-345.

Komarek J., Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota : Chroococcales, 1 . Teil, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.

Kovácik L. 1988. Cell division in simple coccal cyanophytes. Arch. Hydrobiol. Suppl., 80(1-4), 149-190.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophycae. Teil 1. Naviculacae.* Süßwasserflora van Mitteleuropa, Bd. 2, berg. Von A. Pascher. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. *Bacillariophycae. Teil 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae.* Süßwasserflora van Mitteleuropa, Bd. 2, berg. Von A. Pascher. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991 a. *Bacillariophycae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae.* Süßwasserflora van Mitteleuropa, Bd. 2, berg. Von A. Pascher. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991 b. *Bacillariophycae. Teil 4. Achnanthaceae. Kritische Ergünzungen zu Navicula.* Süßwasserflora van Mitteleuropa, Bd. 2, berg. Von A. Pascher. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

Leghari S.M., Thebo S.N. 1983 . Cyanophyceae of Hot Spring at Laki Shah Sadar , Sind Pakistan. Sind Univ. Res. Jour. (Sci. Ser.), 15, 147 – 150.

Lynnch J. M., Poole N. J. 1979. Extreme Environment: Microbial Ecology: a Conceptual Approach, Halsted Press, New York.

Miyake J., Miyake M., Asada Y. 1999. Biotechnological Hydrogen Production : Research for Efficient Light Energy Conversion. Journal of Biotechnology, 70, 89-101.

Odum E.A. 1971. Fundamental of Ecology. 3rd. ed. W.B. Saundress Company, Philadelphia.

Pentecost A. 1995. British Thermophilic Cyanobacteria. Arch. Hydrobiol. Suppl., 132, 404 – 419.

Prescott G.W. 1970. How to Know the Freshwater Algae, Iowa, Wm.C. Brown Company Publishers, Dubuque.

Ramingwong T., Ratanasthien B., Wattananikorn K., Tantisukrit C., Pitragool S., Thanasuthipitak T. 1979. Geothermal Energy Resources of Amphoe Fang and San Kampaeng, Chiang Mai. Report of Department of Geological Sciences and Department of Physics, Faculty of Science, Chiang Mai University.

Ramingwong T., Ratanasthien B., Wattananikorn K., Tantisukrit C., Lerdthusnee S., Thanasuthipitak T., Pitragool S.1980. Geothermal Resources of Northern Thailand: San Kampaeng, Fang and Mae Chan Geothermal systems. A Final Report of Chiang Mai. Report Department of Geological Sciences and Department of Physics, Faculty of Science, Chiang Mai University.

Ramingwong T., Ratanasthien B., Tantisukrit C., Thanasuthipitak T. Lerdthusnee S., Wathananikon K. 1985. 1980-1981 Geochemical Data of Five Highest Potential Geothermal Systems in Northern Thailand: Fang, San Kamphaeng, Mae Chan, Pa Pae and Mae Chaem. Report of Department of Geological Sciences and Department of Physics, Faculty of Science, Chiang Mai University.

Roberts D. 1998. Eukaryotes in Extreme Environments. Department of Zoology,The Natural History Museum, London. Available : http: //www. nhm. ac. uk / zoology/extreme.

Round F. E. 1975. The Biology of the Algae. Edward Arnold (Publishers) Ltd.

Sakamoto Y., Sakai N., Kishimoto N., et.al. 1995. *Chlorella* Strains from Hot Springs tolerant to High Temperature and High CO_2 (1) Isolation and Growth Characteristics. Energy Conversion and Management . 36(6-9) :693-696.

Sperling J.A. 1975. Algal Ecology of Southern Icelandic Hot Springs in Winter. Ecology, 56(1), 183 – 190.

Stevenson R.S., Max L.B., Rex L.L. 1996. Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press, San Diego California.

Ward D. M., Ferris M. J., Nold S. C. *et al.* 1998. A Natural View of Microbial Biodiversity within Hot Spring Cyanobacterial Mat Communities. Microbiology and Molecular Biology Reviews, Vol.62, No. 4, p. 1353-1370.

Whitford L.A., Schumacher G.J. 1969. A manual of the freshwater algae in North Carolina. The North Carolina Agriculture Expreiment Station, North Carolina.

ภาคผนวก ก

ตาราง 11 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนสันกำแพง (SKP) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูแล้งและฤดูฝน

(เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 14 ม.ค. 2543 ฤดูฝน : 21 พ.ค. 2543)

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity (TPN)	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	7.1	8.2	698	605	267	297	-	-	0.14	0.15	0.31	0.13	1.5	0.3	0.10	0.16	1.4	1.2
40 – 49	7.1	8.1	815	607	320	298	0	0	0.29	0.34	0.17	0.15	0.3	0.7	0.21	0.45	3.5	3.3
50 – 59	8.7	8.2	773	667	318	306	0	0	0.36	0.41	0.25	0.35	4.0	1.4	0.47	0.67	2.1	3.4
60 – 69	9.1	8.8	815	704	313	320	0	0	0.68	0.43	0.22	0.35	5.7	1.5	0.70	0.62	0.4	0.5
70 – 80	8.2	7.0	801	698	291	267	0	0	2.72	1.64	0.13	0.33	7.4	3.2	0.95	1.32	1.2	0.5

ตาราง 12 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนโป่งเดือด (PD) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูแล้งและฤดูฝน

(เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 10 มี.ค. 2542 ฤดูฝน : 3 มิ.ย. 2543)

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity (TPN)	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	9.0	8.5	480	270	165	105	-	-	-	0.05	0.18	0.54	0.2	0.5	0	0.1	2.0	97
40 – 49	9.5	8.7	485	280	168	107	5.4	4.8	-	0.1	0.29	0.61	0.3	0.5	0	0.21	6.0	108
50 – 59	9.6	9.1	442	345	163	160	0	0	-	0.15	0.16	0.70	0.3	1.1	0	0.3	1.0	2.5
60 – 69	9.4	9.3	436	350	164	169	0	0	-	0.17	0.19	0.99	0.4	1.7	0	0.31	0.5	0.5
70 – 80	9.4	9.1	439	380	172	171	0	0	-	0.45	0.31	1.21	0.5	1.2	0.01	0.28	0.4	0.5

ตาราง 13 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนเทพนม (TPN) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูแล้งและฤดูฝน (เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 2 เม.ย. 2542 ฤดูฝน : 4 มิ.ย. 2543)

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity (TPN)	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	9.0	6.5	550	194	222	55	5.8	5.9	0	0.04	0.41	0.55	0.5	1.1	0.05	0.64	7.0	97
40 – 49	9.0	8.9	552	500	222	219	5.8	4.0	0	0.04	0.38	0.70	0.5	1.3	0.06	0.05	6.3	1.5
50 – 59	9.0	8.9	533	500	222	218	3.2	2.8	0	0.04	0.50	0.70	0.8	1.5	0.07	0.05	0.4	0.5
60 – 69	8.8	8.9	592	503	235	236	3.8	2.0	0.03	0.04	0.39	0.76	0.6	1.7	0.07	0.05	0.5	0.2
70 – 80	8.8	8.5	532	480	222	219	0	0	0.47	0.07	0.32	0.89	3.5	2.4	0.29	0.16	3.1	0.3

ตาราง 14 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนแม่ฝาง (MF) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูฝน (เก็บตัวอย่างวันที่ 27 พ.ค. 2542)

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	-	7.0	-	530	-	348	-	-	-	0	-	0.20	-	0.5	-	0.02	-	5.0
40 – 49	-	7.3	-	530	-	350	-	1.2	-	0	-	0.20	-	0.7	-	0.65	-	8.0
50 – 59	-	7.3	-	530	-	346	-	0	-	0.01	-	0.22	-	0.6	-	0.78	-	6.9
60 – 69	-	7.3	-	535	-	355	-	0	-	0.02	-	0.23	-	0.6	-	0.75	-	6.7
70 – 80	-	7.5	-	505	-	410	-	0	-	1.10	-	0.35	-	4.0	-	0.90	-	0.9

ตาราง 15 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด (DSK) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูแล้งและฤดูฝน
(เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 19 ก.พ. 2542 ฤดูฝน : 19 มิ.ย. 2542)

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	8.5	7.5	540	527	240	225	1.4	2.2	0	0	0.54	0.12	0.5	0.6	0.02	0.10	1.0	7.0
40 – 49	9.0	7.7	543	540	244	250	0	0	0.01	0.01	0.86	0.27	0.6	0.7	0.08	0.17	0.7	1.5
50 – 59	8.9	7.8	530	530	233	250	0	0	0.03	0.02	0.76	0.35	0.7	0.7	0.15	0.25	0.7	1.0
60 – 69	8.5	7.8	540	530	240	244	0	0	0.03	0.02	0.92	0.25	0.7	1.1	0.28	0.27	0.5	0.7
70 – 80	8.5	7.6	541	557	246	258	0	0	0.03	0.33	1.27	1.74	0.6	1.4	0.31	1.78	0.4	2.9

ตาราง 16 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน (JS) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 °C ในฤดูแล้งและฤดูฝน
(เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 29 ม.ค. 2543 ฤดูฝน : 18 มิ.ย. 2542)

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	7.5	7.1	340	438	201	201	-	-	0.01	0	1.13	0.20	0.7	0.5	0.26	0.21	10.0	5.0
40 – 49	7.8	7.6	543	576	245	243	2.2	2.8	0.01	0	1.17	0.22	0.8	0.6	0.24	0.32	2.0	2.1
50 – 59	7.8	7.6	510	557	260	251	0	0	0.02	0.01	0.92	0.26	0.5	1.0	0.43	0.44	1.0	5.7
60 – 69	7.8	7.4	517	545	250	245	0	0	0.82	0.02	1.37	0.34	0.7	1.1	0.73	0.64	0.5	0.4
70 – 80	7.7	7.6	523	580	255	262	0	0	1.46	0.33	1.45	0.21	1.9	3.0	1.28	0.82	0.5	1.7

ตาราง 17 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนท่าปาย (TP) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{O}C ในฤดูแล้งและฤดูฝน
(เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 7 ม.ค. 2543 ฤดูฝน : 13 ส.ค. 2542)

ช่วงอุณหภูมิ (^{O}C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	8.3	8.7	285	309	125	108	-	5.2	0	0.01	0.05	0.50	0.2	0.7	0.07	0.99	7.2	6.2
40 – 49	8.5	8.4	330	365	140	141	1.4	5.0	0.01	0.01	0.17	0.45	0.5	1.2	0.15	0.36	5.0	2.9
50 – 59	8.7	8.7	335	330	138	140	0	0	0.05	0.06	0.30	0.40	0.7	1.2	0.21	0.30	2.5	2.0
60 – 69	8.8	8.7	340	315	140	139	0	0	0.07	0.09	0.35	0.37	0.8	1.2	0.20	0.18	2.0	2.5
70 – 80	8.8	8.8	337	314	139	140	0	0	0.08	0.36	0.35	0.33	0.8	1.4	0.26	0.42	2.0	2.2

ตาราง 18 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของโป่งน้ำร้อนแม่จัน (MJ) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 80 ^{O}C ในฤดูแล้งและฤดูฝน
(เก็บตัวอย่างฤดูแล้ง : 21 ธ.ค. 2542 ฤดูฝน : 31 พ.ค. 2543)

ช่วงอุณหภูมิ (^{O}C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	8.5	8.1	610	600	195	158	-	-	0.01	0	0.17	0.53	0.1	0.4	0.01	0.02	2.5	4.8
40 – 49	8.8	8.4	625	620	205	220	0.6	1.2	0.12	0.01	0.26	1.52	3.4	0.6	0.31	0.21	1.0	1.2
50 – 59	8.7	8.5	630	615	202	215	0	0	0.20	0.07	0.38	1.51	6.7	0.6	0.53	0.37	0.5	1.0
60 – 69	8.7	8.6	620	610	201	217	0	0	0.25	0.09	0.37	1.53	5.1	0.7	0.98	0.58	0.4	0.4
70 – 80	8.7	8.4	630	610	212	208	0	0	0.81	0.18	0.53	1.19	8.4	0.7	1.16	0.57	0.4	0.6

ตาราง 19 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนห้วยหมากเลี่ยม (HML) ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 70 ^{o}C ในฤดูฝน (เก็บตัวอย่างวันที่ 31 พ.ค. 2543)

ช่วงอุณหภูมิ (^{o}C)	pH		Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)		Alkalinity ($mg.l^{-1}$)		DO ($mg.l^{-1}$)		Sulfide ($mg.l^{-1}$)		SRP ($mg.l^{-1}$)		NO_3^- ($mg.l^{-1}$)		NH_4^+ ($mg.l^{-1}$)		Turbidity	
	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน	แล้ง	ฝน
30 – 39	-	8.3	-	450	-	154	-	-	-	0	-	0.85	-	0.5	-	0.02	-	2.5
40 – 49	-	8.5	-	460	-	160	-	5.2	-	0.01	-	0.95	-	0.6	-	0.02	-	1.0
50 – 59	-	8.5	-	460	-	161	-	3.2	-	0.02	-	0.99	-	0.6	-	0.06	-	0.6
60 – 70	-	8.4	-	460	-	161	-	1.3	-	0.02	-	1.01	-	0.6	-	0.08	-	0.5

ตาราง 20 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาล โดยใช้ Non parametric Statistic โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Kruskal Wallis Test

Kruskal-Wallis Test

Test Statistics[a,b]

	DRYSKP	WETSKP	DRYPD	WETPD	DRYTPN	WETTPN	WETMP
Chi-Square	10.354	10.469	12.739	14.192	14.642	13.670	10.971
df	4	4	4	4	4	4	4
Asymp. Sig.	.035	.033	.013	.007	.006	.008	.027

Test Statistics[a,b]

	WETHML	DRYDSK	WETDSK	DRYJS	WETJS	DRYTP	WETTP
Chi-Square	9.161	7.209	9.803	11.898	11.176	11.710	12.128
df	3	4	4	4	4	4	4
Asymp. Sig.	.027	.125	.044	.018	.025	.020	.016

Test Statistics[a,b]

	DRYMJ	WETMJ
Chi-Square	9.840	7.071
df	4	4
Asymp. Sig.	.043	.132

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Water Temperatures

Median Test

ตาราง 21 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาล โดยใช้ Non parametric Statistic โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Mann-Witney Test

Mann-Whitney Test

Test Statistics[b]

	SKP30	SKP40	SKP50	SKP60	SKP70	PD30	PD40
Mann-Whitney U	20.500	14.000	14.500	3.500	2.000	6.500	4.500
Wilcoxon W	48.500	42.000	35.500	9.500	5.000	21.500	25.500
Z	-.072	-1.003	-.565	-.471	.000	-1.261	-1.921
Asymp. Sig. (2-tailed)	.943	.316	.572	.637	1.000	.207	.055
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.945[a]	.366[a]	.589[a]	.700[a]	1.000[a]	.222[a]	.052[a]

	PD50	PD60	PD70	TPN30	TPN40	TPN50	TPN60
Mann-Whitney U	4.500	2.000	3.000	13.500	3.500	10.500	4.500
Wilcoxon W	19.500	8.000	9.000	28.500	24.500	25.500	10.500
Z	-1.697	-.609	-.745	-.276	-2.124	-.427	.000
Asymp. Sig. (2-tailed)	.090	.543	.456	.783	.034	.669	1.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.095[a]	.800[a]	.700[a]	.792[a]	.030[a]	.690[a]	1.000[a]

	TPN70	DSK30	DSK40	DSK50	DSK60	DSK70	JS30
Mann-Whitney U	2.000	6.000	4.500	2.000	.500	1.000	4.500
Wilcoxon W	5.000	16.000	14.500	8.000	3.500	4.000	14.500
Z	-.609	-.584	-1.023	-1.124	-1.225	-1.000	-1.029
Asymp. Sig. (2-tailed)	.543	.559	.306	.261	.221	.317	.304
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.800[a]	.686[a]	.343[a]	.400[a]	.333[a]	.667[a]	.343[a]

	JS40	JS50	JS60	JS70	TP30	TP40	TP50
Mann-Whitney U	9.500	5.000	3.500	2.000	3.500	9.000	6.500
Wilcoxon W	19.500	15.000	9.500	5.000	13.500	19.000	16.500
Z	-.125	-.877	-.471	.000	-1.340	-.247	-.436
Asymp. Sig. (2-tailed)	.900	.381	.637	1.000	.180	.805	.663
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.905[a]	.486[a]	.700[a]	1.000[a]	.200[a]	.905[a]	.686[a]

	TP60	TP70	MJ30	MJ40	MJ50	MJ60	MJ70
Mann-Whitney U	2.000	3.000	5.500	6.000	4.000	1.000	1.500
Wilcoxon W	8.000	9.000	15.500	16.000	10.000	4.000	4.500
Z	-1.291	.000	-1.126	-.988	-.720	-1.000	-.408
Asymp. Sig. (2-tailed)	.197	1.000	.260	.323	.471	.317	.683
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.400[a]	1.000[a]	.286[a]	.413[a]	.629[a]	.667[a]	.667[a]

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: Season of sampling

ตาราง 22 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาล โดยหาความสัมพันธ์ Correlations

Correlations

Correlations

		Water Temperatures	DRYSKP	WETSKP
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.553**	-.587**
	Sig. (2-tailed)	.	.006	.002
	N	26	23	25
DRYSKP	Pearson Correlation	-.553**	1.000	.617**
	Sig. (2-tailed)	.006	.	.002
	N	23	23	23
WETSKP	Pearson Correlation	-.587**	.617**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.002	.002	.
	N	25	23	25

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		Water Temperatures	DRYPD	WETPD
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.725**	-.619**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.002
	N	26	20	22
DRYPD	Pearson Correlation	-.725**	1.000	.468*
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.037
	N	20	20	20
WETPD	Pearson Correlation	-.619**	.468*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.002	.037	.
	N	22	20	22

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

		Water Temperatures	DRYTPN	WETTPN
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.668**	-.661**
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.001
	N	26	20	23
DRYTPN	Pearson Correlation	-.668**	1.000	.445*
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.050
	N	20	20	20
WETTPN	Pearson Correlation	-.661**	.445*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	.050	.
	N	23	20	23

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

		Water Temperatures	DRYDSK	WETDSK
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.542*	-.787**
	Sig. (2-tailed)	.	.037	.001
	N	26	15	15
DRYDSK	Pearson Correlation	-.542*	1.000	.635*
	Sig. (2-tailed)	.037	.	.011
	N	15	15	15
WETDSK	Pearson Correlation	-.787**	.635*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	.011	.
	N	15	15	15

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		Water Temperatures	DRYJS	WETJS
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.722**	-.838**
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.000
	N	26	18	17
DRYJS	Pearson Correlation	-.722**	1.000	.765**
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.000
	N	18	18	17
WETJS	Pearson Correlation	-.838**	.765**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
	N	17	17	17

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

		Water Temperatures	DRYTP	WETTP
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.658**	-.850**
	Sig. (2-tailed)	.	.003	.000
	N	26	18	18
DRYTP	Pearson Correlation	-.658**	1.000	.602*
	Sig. (2-tailed)	.003	.	.011
	N	18	18	17
WETTP	Pearson Correlation	-.850**	.602*	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.011	.
	N	18	17	18

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

		Water Temperatures	DRYMJ	WETMJ
Water Temperatures	Pearson Correlation	1.000	-.701**	-.709**
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.003
	N	26	18	15
DRYMJ	Pearson Correlation	-.701**	1.000	.500
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.058
	N	18	18	15
WETMJ	Pearson Correlation	-.709**	.500	1.000
	Sig. (2-tailed)	.003	.058	.
	N	15	15	15

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

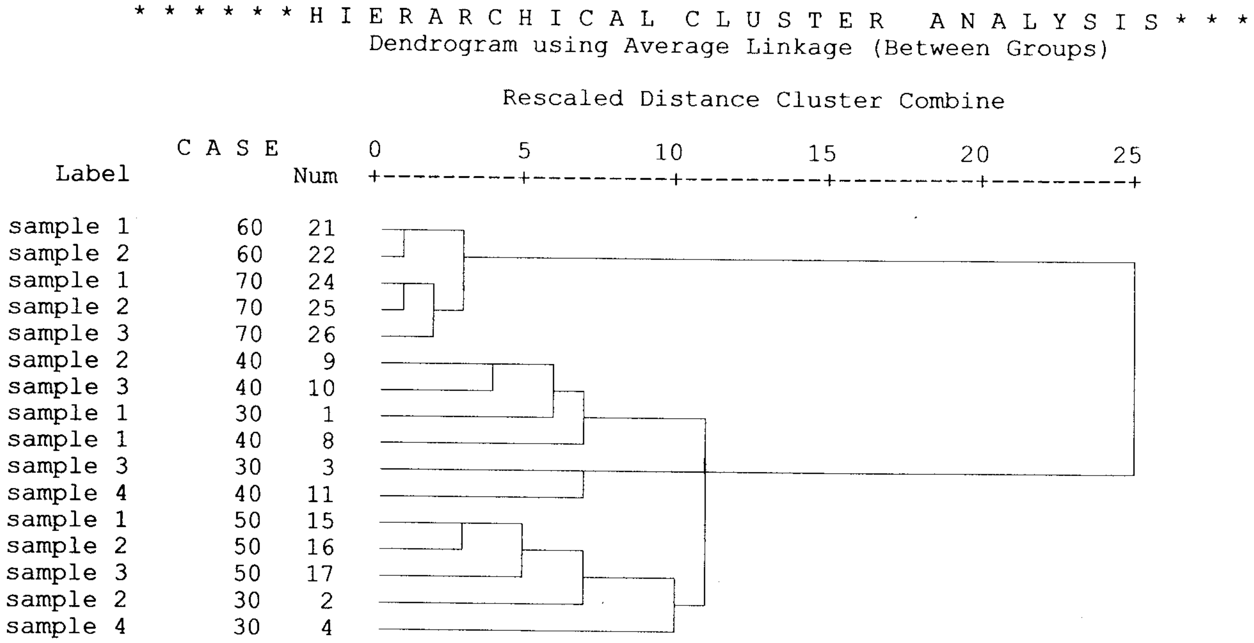
ตาราง 23 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่าย เปรียบเทียบกับปัจจัยทางกายภาพ และเคมีที่ทำการศึกษา โดยหาความสัมพันธ์แบบ Correlations Analysis
Correlations

Correlations

		number of algae types	water temperature	water pH	conductivity	alkalinity	DO	SULFIDE	SRP	NO_3^-	NH_3	turbidity
number of algae types	Pearson Correlation	1.000	-.634**	-.083	.010	-.065	.460**	-.302**	-.229**	-.305**	-.319**	.115*
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.155	.868	.266	.000	.000	.000	.000	.000	.049
	N	297	297	295	295	295	246	275	295	295	295	295
water temperature	Pearson Correlation	-.634**	1.000	.227**	.122*	.162**	-.584**	.475**	.242**	.418**	.435**	-.281**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.036	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	297	297	295	295	295	246	275	295	295	295	295
water pH	Pearson Correlation	-.083	.227**	1.000	-.114*	-.338**	.076	-.058	.067	.091	-.358**	-.180**
	Sig. (2-tailed)	.155	.000	.	.050	.000	.234	.335	.255	.121	.000	.002
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295
conductivity	Pearson Correlation	.010	.122*	-.114*	1.000	.777**	-.351**	.345**	-.115*	.368**	.178**	-.488**
	Sig. (2-tailed)	.868	.036	.050	.	.000	.000	.000	.048	.000	.002	.000
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295
alkalinity	Pearson Correlation	-.065	.162**	-.338**	.777**	1.000	-.438**	.288**	-.149*	.196**	.287**	-.448**
	Sig. (2-tailed)	.266	.005	.000	.000	.	.000	.000	.010	.001	.000	.000
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295
DO	Pearson Correlation	.460**	-.584**	.076	-.351**	-.438**	1.000	-.313**	.011	-.270**	-.284**	.459**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.234	.000	.000	.	.000	.860	.000	.000	.000
	N	246	246	246	246	246	246	231	246	246	246	246
SULFIDE	Pearson Correlation	-.302**	.475**	-.058	.345**	.288**	-.313**	1.000	-.023	.582**	.572**	-.095
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.335	.000	.000	.000	.	.703	.000	.000	.116
	N	275	275	275	275	275	231	275	275	275	275	275
SRP	Pearson Correlation	-.229**	.242**	.067	-.115*	-.149*	.011	-.023	1.000	-.089	.131*	.006
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.255	.048	.010	.860	.703	.	.127	.025	.916
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295
NO_3^-	Pearson Correlation	-.305**	.418**	.091	.368**	.196**	-.270**	.582**	-.089	1.000	.484**	-.116*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.121	.000	.001	.000	.000	.127	.	.000	.047
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295
NH_3	Pearson Correlation	-.319**	.435**	-.358**	.178**	.287**	-.284**	.572**	.131*	.484**	1.000	.012
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.002	.000	.000	.000	.025	.000	.	.832
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295
turbidity	Pearson Correlation	.115*	-.281**	-.180**	-.488**	-.448**	.459**	-.095	.006	-.116*	.012	1.000
	Sig. (2-tailed)	.049	.000	.002	.000	.000	.000	.116	.916	.047	.832	.
	N	295	295	295	295	295	246	275	295	295	295	295

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



ภาพ 39 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาล โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแบบ Cluster analysis

ภาคผนวก ข

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษ GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ curvette 1 อัน และตวงน้ำ deionized ปริมาตร 25 ml ใส่ใน cuvette อีก 1 อัน

2. เปิดเครื่อง Spectrophotometer DR/2000 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 380 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 425 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 425 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l NNH_3Ness

3. ใส่ Mineral Stabilizer ลงไปใน cuvette 3 หยด เขย่าเบา ๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกันหลังจากนั้นใส่ Polyvinyl Alcohol Dispersing Agent 3 หยด เขย่าเบา ๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกันแล้วตวง Nessler Reagent 1 ml ลงใน cuvette ทั้งสองอันเขย่าให้ผสมกัน กด SHIFT TIMER เมื่อครบ 1นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือน

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่เป็นน้ำ deionized ลงไปในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิทแล้วกด ZERO เครื่องมือจะแสดง WAIT และ 0.00 mg/l NH_3Ness. ให้เปลี่ยน cuvette น้ำตัวอย่างเข้าไป กด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งเครื่องมือน้ำสามารถวัดปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจนได้ในช่วง 0.00-2.50 mg/l NH_3N

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษ GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ curvette 2 อัน อันแรกใส่ NitraVer 5 Nitrate Powder Pillow อีกอันหนึ่งเอาไว้เปรียบเทียบไม่ต้องเติมสารใด ๆ

2. เปิดเครื่อง Spectrophotometer DR/2000 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 355 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 500 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 500 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l N NO_3^- H

3. ใส่ NitraVer 5 Nitrate Power Pillow ลงใน cuvette น้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้กด SHIFT TIMER แล้วเขย่า cuvette เมื่อครบ 1 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือนให้หยุดเขย่า กด SHIFT TIMER อีกครั้งและตั้ง cuvette ทิ้งไว้เมื่อครบ 5 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือนอีกครั้ง และจะแสดง mg/l N NO_3^- H

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่ไม่ได้เติมสารใด ๆ ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิท แล้วกด ZERO เครื่องมือแสดง WAIT และ 0.00 mg/l N NO_3^- H ให้เปลี่ยน cuvette ที่ใส่ NitraVer 5 Nitrate power Pillow เข้าไปกด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณไนเตรท ได้ในช่วง 0.00-3.00 NitraVer 5 Nitrate power Pillow

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณ Soluble reactive phosphorus (SRP)

1. ก่อนทำการวิเคราะห์ปริมาณ SRP ทุครั้ง ควรล้างเครื่องแก้วที่จะใช้ด้วย HCL 10 % กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ cuvette 2 อัน อันแรกสำหรับใส่ PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillow อีกอันหนึ่งเอาไว้เปรียบเทียบไม่ต้องเติมสารใดๆ

2. เปิดเครื่อง Spectrophometer DR/2000 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 490 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 890 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 890 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l N PO_4^{3-} PV หรือ mg/l P PV

3. ใส่ PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillow ลงใน cuvette น้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ กด SHIFT TIMER แล้วเขย่า cuvette เมื่อครบ 1 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือน

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่ไม่ได้เติมสารเคมีใด ๆ ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิท กด ZERO เครื่องมือจะแสดง WAIT และ 0.00 mg/l N PO_4^{3-} PV หรือ mg/l P PV ให้เปลี่ยน cuvette ที่ใส่ PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillow เข้าไป แล้วกด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณ SRP ได้ในช่วง 0.00-2.50 mg/l N PO_4^{3-}

การวิเคราะห์ปริมาณซัลไฟด์

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษ GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ curvette 1 อัน และตวงน้ำ deionized ปริมาตร 25 ml ใส่ใน cuvette อีก 1 อัน

2. เปิดเครื่อง Spectrophotometer DR/2000 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 690 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 665 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 425 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l NNH_3Ness

3. ใส่ sulfide 1 reagent 1 ml. ลงไปใน cuvette เขย่าเบา ๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกันหลังจากนั้นใส่ sulfide 1 reagent 1 ml. เขย่าเบา ๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกัน กด SHIFT TIMER เมื่อครบ 5 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือน

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่เป็นน้ำ deionized ลงไปในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิทแล้วกด ZERO เครื่องมือจะแสดง WAIT และ 0.000 mg/l S^{2-} ให้เปลี่ยน cuvette น้ำตัวอย่างเข้าไป กด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณซัลไฟด์ ซึ่งเครื่องมือนำสามารถวัดปริมาณซัลไฟด์ ได้ในช่วง 0.000-0.600 mg/l S^{2-}

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ(APHA,1992)

2.1 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยวิธี Azide modification

1. ล้างขวด DO ด้วยน้ำตัวอย่าง(rinse) 2-3 ครั้ง

2. เก็บน้ำตัวอย่างด้วยขวด DO ที่ระดับความลึก 30 cm. โดยไม่ให้มีฟองอากาศ และ ปิดฝาขวดให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ

3. เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 ml (ห้ามเขย่าขวด) และสารละลาย alkali- iodide azide reagent 1 ml ปิดฝา

4. เขย่าขวดแล้วตั้งทิ้งไว้จนได้ตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายทั้งหมด เขย่าอีกครั้งและตั้งทิ้งไว้ให้เกิดตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายใหม่

5. เติม conc.H_2SO_4 1 ml ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน

6. นำสารละลายจากข้อ 5 มา 100 ml. ไตเตรทด้วย $Na_2S_2O_3$ 0.021 M จนได้สีเหลืองซีดแล้วเติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน ไตเตรทต่อไปเรื่อย ๆ ทีละหยด จนสีน้ำเงินจางหายไปจดปริมาตรที่ใช้และนำไปคำนวนในสูตร

DO (mg/l) = จำนวน ml ของสารละลายมาตรฐาน 0.021 M $Na_2S_2O_3 \times 2$

2.2 วิธีการวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำโดยวิธี Phenolphtaein methyl orange indicator

1. ตวงน้ำ 100 ml. ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 ml. และน้ำกลั่นปริมาณเท่ากันใน erlenmeyer flask อีกหนึ่งในสำหรับทำเป็น blank

2. เติม Phenophtalein indicator 3 หยด ลงใน flask แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3. ถ้าตัวอย่างเป็นสีชมพูอ่อน ให้ไตเตรทด้วย 0.02 N H_2SO_4 จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจางหายไปและบันทึกปริมาตรที่ใช้

4. เติม methyl orange indicator 3 หยด ลงใน flask

5. ถ้าตัวอย่างเป็นสีเหลืองให้ไตเตรทด้วย 0.02 N H_2SO_4 จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจาก blank และค่อย ๆ ไตเตรททีละหยดได้ end piont เป็นสีเหลืองแดง จดปริมาตรที่ใช้แล้วนำไปคำนวนในสูตร

(methyl orange จะให้สีเหลืองในสารละลายที่เป็นด่าง สีส้มในสารละลายที่เป็นกลาง และสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด)

Total alkalinity (mg/l as$CaCO_3$) = จำนวนกรดที่ใช้เป็น ml $\times$ 10

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวอุดมลักษณ์ สมพงษ์

วัน เดือน ปีเกิด 7 พฤศจิกายน 2519

ภูมิลำเนา จังหวัดลำพูน

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน จังหวัดลำพูน เมื่อปีการศึกษา 2536

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี (วท.บ)จุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 88/2 หมู่ 2 ตำบลบ้านธิ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน 51180

โทร (053)-501421