การสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประโยชน์ทางการสอน

ณัฐจีรา ขยัน

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการสอนชีววิทยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ธันวาคม 2557

การสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประโยชน์ทางการสอน

ณัฐจีรา ขยัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การค้นคว้าแบบอิสระนี้เสนอต่อมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ธันวาคม 2557

การสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประโยชน์ทางการสอน

ณัฐจีรา ขยัน

การค้นคว้าแบบอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนชีววิทยา

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.พงษ์พันธุ์ ลีพหเกรียงไกร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. จีรพร เพกเกาะ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เทิด ดิษยธนูวัฒน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(อาจารย์ ดร. จีรพร เพกเกาะ)

15 ธันวาคม 2557

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าแบบอิสระนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.จีรพร เพกเกาะ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไข จนทำให้การค้นคว้าแบบอิสระเสร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พงษ์พันธุ์ ลีพหเกรียงไกร และ อาจารย์ ดร. เทิด ดิษย-ธนูวัฒน์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบการค้นคว้าแบบอิสระและให้คำแนะนำแก้ไขจน วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณ สมาชิกห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ (AARL) ทุกคนที่คอยให้คำแนะนาตลอดจนช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และการทำงานในห้องปฏิบัติการ และขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยเป็นห่วงและเป็นกำลังใจอยู่เสมอ

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูง ในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และผู้เขียนหวังว่าการค้นคว้าแบบอิสระนี้คงมีประโยชน์บ้างไม่มากก็น้อยสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ และรายวิชาชีววิทยาตลอดจนผู้ที่สนใจ ที่จะศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายในน้ำพุร้อนต่อไป

ณัฐจีรา ขยัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวข้อการค้นคว้าแบบอิสระ	การสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประโยชน์ทางการสอน
ผู้เขียน	นางสาวณัฐจีรา ขยัน
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การสอนชีววิทยา)
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. จีรพร เพกเกาะ

บทคัดย่อ

การสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2556 โดยเก็บตัวอย่างในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 ºC รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำ พบสาหร่ายทั้งหมด 1 ดิวิชัน 5 ออเดอร์ 6 แฟมิลี 8 จีนัส 8 สปีชีส์ สาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยสาหร่ายที่พบมากที่สุดอยู่ใน แฟมิลี Oscillatoriaceae ซึ่งพบทุกช่วงอุณหภูมิ

ในช่วงอุณหภูมิ 45-50 ºC และ 51-55 ºC จะพบจำนวนชนิดสาหร่ายมากที่สุด คือ 8 และ 7 ชนิดตามลำดับ และช่วงอุณหภูมิ 56-60 ºC จะพบจำนวนชนิดสาหร่ายน้อยที่สุดคือ 2 ชนิด ความหลากหลายของสาหร่ายที่พบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ และปริมาณซัลไฟด์ที่พบในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

งานวิจัยในครั้งนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อเรื่องระบบนิเวศและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต โดยจัดทำเป็นคู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน พบว่าคู่มือประกอบกิจกรรมทำให้คะแนนทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านห้วยจะค่าน ตชด. อนุสรณ์ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงขึ้น และระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเรียนโดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความพึงพอใจในระดับพึงพอใจมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Independent Study Title	Survey of Algae in Pong Ang Hot Spring, Chiang Dao District, Chiang Mai Province for Teaching Purposes
Author	Miss Nutjeera Kayan
Degree	Master of Science (Teaching Biology)
Advisor	Lecturer Dr. Jeeraporn Pekkoh

ABSTRACT

Survey of algae in Pong Ang hot spring Chiang Dao district, Chiang Mai province during January – March 2013 was show water temperature ranged from 45 ºC to 60 ºC and the physical, chemical properties of water were also examined. The algae in 1 division 5 order 6 familes 8 genera 8 species were found in this site. All algae were classified in to Division Cyanophyta and the most common algae were in the Family Oscillatoriaceae that found in wide temperature ranges.

At the temperature ranges of 45-50 ºC and 51-55 ºC were found blue green algae 8, 7 species respectively. At temperature ranges of 56-60 ºC were found various types of macroalgae at least 2 species. The biodiversity of algae were shown positive correlated with dissolved oxygen but shown negatively correlated with temperature and sulfide ion (confidence level of 95%.)

This research was applied for biological science teaching of and in high school course that described in the topic of ecology and biodiversity. The complementary activity manuals for study the variety of algae in hot springs were constructed and applied to science subjects in ninth grades student of Ban Hoay Jakan Border Patrol Police Memorial School. The results were revealed the

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

higher up averages scores in topic of ecology and biodiversity after used this manual. In term of satisfaction level of these manuals were shown the higher level after used.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
ABSTRACT	ฉ
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	3
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการวิจัย	20
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย	33
บทที่ 6 คู่ประกอบกิจกรรม การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน	37
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก ก	68
ภาคผนวก ข	75
ประวัติผู้เขียน	79

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ชนิดและปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง	21
ตารางที่ 2	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	59
ตารางที่ 3	ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนโดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน	60
ตารางที่ 4	คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนโป่งอางในช่วงอุณหภูมิ 45-60 ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม	68
ตารางที่ 5	การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาลโดยใช้ Non parametric Statistic โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Kruskal Wallis Test	69
ตารางที่ 6	การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนชนิดของสาหร่ายเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละเดือนโดยใช้ Non parametric statistic โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Friedman Test	70
ตารางที่ 7	การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับช่วงอุณหภูมิโดยหาความสัมพันธ์ Correlations Analysis	71
ตารางที่ 8	การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายเปรียบเทียบกับปัจจัยทางกายภาพและเคมีที่ทำการศึกษา โดยหาความสัมพันธ์แบบ Correlation Analysis	72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	การเกิดน้ำพุร้อน ต้นกำเนิดน้ำร้อน และต้นกำเนิดความร้อน	4
ภาพที่ 2	ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่าง	15
ภาพที่ 3	ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด	16
ภาพที่ 4	แสดงสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง	20
ภาพที่ 5	เปอร์เซ็นต์ชนิดของสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่	22
ภาพที่ 6	จำนวนชนิดสาหร่าย แต่ละ family ที่พบในแต่ละช่วงอุณหภูมิ	23
ภาพที่ 7	จำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอางในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม	24
ภาพที่ 8	สาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง	25
ภาพที่ 9	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	26
ภาพที่ 10	ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	27
ภาพที่ 11	ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	28
ภาพที่ 12	ปริมาณซัลไฟด์ (S^{2-}) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	29
ภาพที่ 13	ปริมาณ soluble reactive phosphorus (SRP) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	30
ภาพที่ 14	ปริมาณ ไนเตรทไนโตรเจน ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	31
ภาพที่ 15	ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556	31

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำและวัตถุประสงค์

น้ำพุร้อน (hot spring) เป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพที่สำคัญ ซึ่งปัจจุบันสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์มากมาย โดยเฉพาะคุณประโยชน์ที่มนุษย์นำมาใช้อาบ และรักษาโรคทางการแพทย์แผนโบราณ เช่น โรคปวดตามข้อ กล้ามเนื้ออักเสบ โรคผิวหนัง เป็นต้น น้ำร้อนที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่างๆ จนมีอุณหภูมิต่ำลงยังสามารถระบายลงสู่แปลงเพาะปลูก เป็นประโยชน์ต่อการเกษตรได้โดยตรงอีกด้วย

จากรายงานการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยกรมทรัพยากรธรณี (2529) พบว่าน้ำพุร้อนทางภาคเหนือของประเทศไทยเกิดจากการที่น้ำผิวดินไหลซึมลงมาผ่านรอยแตกของเปลือกโลก เกิดการถ่ายเทของความร้อนของหินหนืดร้อนใต้ผิวโลกทำให้กลายเป็นน้ำร้อนพุ่งขึ้นมาตามรอยแตก และรอยเลื่อนของหินกลายเป็นน้ำพุร้อน เมื่อน้ำร้อนใต้พื้นดินไหลขึ้นสู่ผิวดิน ทำให้เกิดการละลายของแร่ธาตุตามชั้นหิน ทำให้น้ำพุร้อนมีปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งบางชนิดสามารถสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงได้เอง และเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นได้รับแสงอย่างเพียงพอจะทำให้สามารถสังเคราะห์แสงได้ดี ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตเบื้องต้นของระบบนิเวศนั้นๆ

สาหร่าย (algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดตั้งแต่เล็กมาก ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ไปจนถึงขนาดใหญ่ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก มีลักษณะเป็นทัลลัส (thallus) โดยทั่วๆ ไปแล้วมักอาศัยอยู่ในน้ำ สาหร่ายในน้ำพุร้อนจะมีโครงสร้างของเซลล์ที่มีลักษณะพิเศษโดยเยื่อหุ้มเซลล์มีลิปิดจำนวนมากทำให้เยื่อหุ้มเซลล์คงตัวได้ แม้ว่าบางส่วนของเซลล์จะถูกทำลายไปก็ตาม แต่เซลล์ก็สามารถสร้างส่วนประกอบเหล่านั้นขึ้นมาทดแทนได้อย่างรวดเร็ว จัดได้ว่าสาหร่ายกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี (กาญจภาชน์, 2527)

สาหร่ายในน้ำพุร้อนส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งบางชนิดสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม โดยมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ สารปฏิชีวนะ นอกจากนี้ได้มีการนำเอาสาหร่ายในน้ำพุร้อนนี้มาใช้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาถึงชนิดที่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยปรับปรุงสภาพสิ่งแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น (อุดมลักษณ์, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำพุร้อนโป่งอางเป็นแหล่งน้ำพุร้อนในตำบลทุ่งข้าวพวง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งปัจจุบันการศึกษาสาหร่ายในแหล่งน้ำพุร้อนแห่งนี้ยังไม่ค่อยมีการศึกษา ทั้งที่เป็นทรัพยากรและแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์ที่จะสำรวจความหลากหลายของสาหร่ายจากแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ในด้านความหลากหลายของสาหร่าย และนิเวศวิทยาบางประการของบริเวณน้ำพุร้อน และเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ ช่วยให้รักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา และได้ลงมือปฏิบัติจริง พร้อมทั้งสร้างทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดแก่นักเรียน รวมไปถึงการสร้างเจตคติที่ดีในการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษา ในหัวข้อเรื่องระบบนิเวศและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาความหลากหลายของสาหร่าย ที่พบบริเวณน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
2. เพื่อนำผลจากการวิจัยมาใช้ประโยชน์ในสื่อการสอนในหัวข้อเรื่องระบบนิเวศและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และงานวิจัยระดับสูงต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย

สาหร่าย (algae) เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งที่มีลักษณะโครงสร้างแบบง่ายๆ คือ ประกอบด้วยเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ แต่การจัดเรียงตัวของเซลล์ไม่ซับซ้อน ไม่มีเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เฉพาะจึงไม่มีท่อลำเลียงสาร ราก ลำต้น และใบที่แท้จริง (สมภพ, 2525) สาหร่ายมีรงควัตถุสำหรับสังเคราะห์แสงจึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ (Smith, 1950) สาหร่ายส่วนใหญ่มีคลอโรฟิลล์จึงดำรงชีวิตแบบ autotroph ส่วนพวกที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ก็จะดำรงชีวิตแบบ heterotroph ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพและสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ (อักษร, 2529)

ในบริเวณน้ำพุร้อนซึ่งมีการไหลของน้ำพุร้อนไปยังลำธารคลอง ทำให้มีระดับความร้อนแตกต่างกัน ปัจจัยต่างๆ ก็ย่อมแตกต่างกันไปด้วย สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจึงมีการปรับตัว (adaptation) ให้สามารถอยู่ในอุณหภูมิสูงๆ ได้ รวมทั้งสาหร่ายเหล่านี้ด้วยซึ่งแต่ละชนิดจะเจริญได้ในระดับของอุณหภูมิที่ต่างกัน และแต่ละชนิดย่อมมีความทนต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในปริมาณไม่เท่ากัน (ยุวดี, 2549)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) จัดอยู่ใน Division Cyanophyta หรือ cyanobacteria สาหร่ายกลุ่มนี้มีกำเนิดมาก่อนสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ และมีความคล้ายคลึงกับแบคทีเรียโดยเป็นพวกที่มีนิวเคลียสไม่มีเยื่อหุ้มหรือพวกโพรคาริโอต พบได้ทั่วไปในที่มีความชื้น ในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ทั้งในน้ำที่มีคุณภาพดีและไม่ดี พบอยู่ทั้งในดินและผิวดิน แม้แต่ในหิมะหรือน้ำพุร้อน เช่น ในบ่อน้ำร้อนธรรมชาติ สาหร่ายพวกนี้ก็ยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีจำนวนมากมายในแหล่งน้ำทั่วไป และสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในสายใยอาหาร เรามักเรียกสาหร่ายประเภทนี้ว่า “ตะไคร่น้ำ” พวกที่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำจืดทั่วไปอาจจะเจริญและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูงหรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วสร้างสารพิษออกมาซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบริเวณนั้นได้

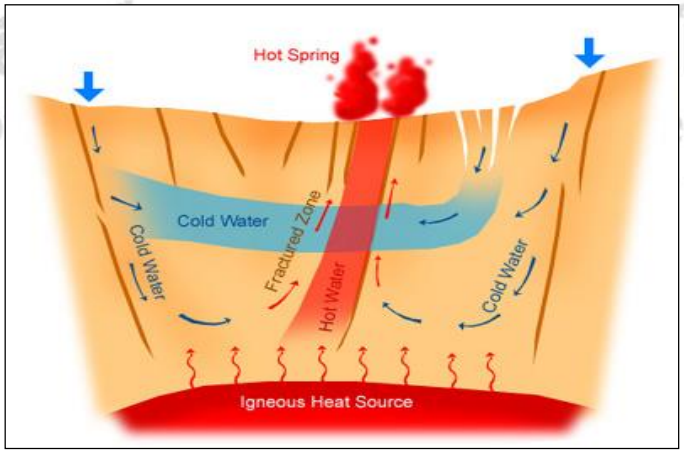
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ

1. การเรียงตัวของเซลล์ อาจเป็นเซลล์เดียว , กลุ่ม หรือ เซลล์ต่อกันเป็นสาย มักมีเมือกหุ้ม
2. วิธีการสืบพันธุ์ ปกติจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ
3. การสร้างเซลล์พิเศษขึ้นในสาย ได้แก่ เอกโซสปอร์ (Exospore) อะคินีต (Akinete) เฮเทอโรซีสต์ (Heterocyst) และเดดเซลล์ (Dead cell) อะคินีทสามารถทนทานต่อสภาวะไม่เหมาะกับการเจริญได้ เพราะมีผนังหนา และมีอาหาร สะสมอยู่ในเซลล์มาก ส่วนเฮเทอโรซีสต์ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนได้ (ยุวดี, 2549)

ความรู้เกี่ยวกับน้ำพุร้อน

น้ำพุร้อน (hot spring) เป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพที่สำคัญ ซึ่งปัจจุบันสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์มากมาย ในประเทศไทยมีแหล่งน้ำพุร้อนจำนวนมากและบริเวณที่มีน้ำพุร้อนมากที่สุดคือบริเวณภาคเหนือ จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี (2530) รายงานว่าแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในภาคเหนือบางแห่งเกิดในบริเวณที่หินเกิดรอยเลื่อนและรอยแตกซึ่งมีขนาดใหญ่และมีการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการแผ่ความร้อนระหว่างรอยเลื่อนและรอยแตกของหิน จากนั้นเกิดการถ่ายเทความร้อนของหินหนืดร้อนใต้ผิวโลก ไปยังน้ำเย็นจากผิวดินซึ่งไหลซึมลงไปใต้ผิวโลก ทำให้น้ำเย็นเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำร้อนแล้วพุ่งขึ้นมาตามรอยแตก และรอยเลื่อนของหิน มักจะเกิดในบริเวณที่น้ำจะต้องไหลออกมาตามธรรมชาติ (ภาพ 1)



ภาพ 1 การเกิดน้ำพุร้อน ต้นกำเนิดน้ำร้อน และต้นกำเนิดความร้อน

ที่มา http://teenet.cmu.ac.th/sci/survey01.php

แหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบแรกคือ ระบบน้ำพุร้อน (hot spring system) อุณหภูมิของน้ำพุอยู่ระหว่าง 50-100 ºC และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างสูง ระบบที่ 2 คือระบบน้ำพุอุ่น (worm spring system) คือระบบที่อุณหภูมิของน้ำพุร้อนต่ำกว่า 50 ºC และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับระบบแรก ระบบสุดท้ายคือ ระบบน้ำพุร้อนไกเซอร์ (Geyser) คือระบบน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิและแรงดันสูงมาก น้ำพุร้อนจะพุ่งขึ้นเหนือระดับพื้นดินตลอดเวลา หรือเป็นครั้งคราว (อำนวย, 2524)

ประเภทของน้ำพุร้อน

แบ่งได้หลายประเภทตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

Fogg *et al.* (1973) ได้แบ่งน้ำพุร้อนตามสภาพความเป็นกรด-ด่างและมวลชีวภาพของสาหร่าย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. Alkaline spring ค่า pH ประมาณ 9 มีมวลชีวภาพของสาหร่ายมีมากที่สุด
2. Calcium carbonate spring มี calcium carbonate ทับถมเป็นชั้นๆ มีมวลชีวภาพของสาหร่ายมีน้อยกว่าประเภทที่ 1
3. Acid spring pH ตั้งแต่ 2.1-6.0 ไม่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่มีสาหร่ายเซลล์เดียวเป็นจำนวนมาก

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย จากการสำรวจของภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกองเศรษฐธรณี กรมทรัพยากรธรณี พบว่าบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดสัมพันธ์กับหินอัคนีที่เย็นตัวนอกผิวโลก (trusive igneous rock) หรือหินภูเขาไฟ (volcanic rock) น้ำพุร้อนที่เกิดในบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำไหลออกมาตามธรรมชาติ (natural discharge point) โดยผสมกับน้ำบาดาลใกล้ผิวดินขึ้นมาตามผิวดินในบริเวณที่หินเกิดรอยเลื่อนและรอยแตก ทำให้ความร้อนแผ่เข้าไปในหินสองข้างรอบๆ รอยเลื่อนและรอยแตก ซึ่งน้ำพุร้อนบริเวณภาคเหนือจะมีลักษณะเป็นแบบ alkaline spring

น้ำพุร้อนโป่งอาง ตั้งอยู่ที่บ้านโล๊ะป่าหาญ ในเขตอุทยานแห่งชาติผาแดง เป็นบ่อน้ำร้อนที่ผุดขึ้นมาจากใต้ดินตามธรรมชาติ มีจำนวน 2 บ่อ มีความกว้างประมาณ 4-5 เมตร มีกลิ่นกำมะถันอ่อนๆ บ่อน้ำร้อนบ่อแรกมีอุณหภูมิความร้อนอยู่ที่ 58 องศาเซลเซียส บ่อน้ำร้อนที่ 2 มีอุณหภูมิความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ร้อนอยู่ที่ 51 องซาเซลเซียส จากคำบอกเล่าของผู้เฒ่าผู้แก่ในหมู่บ้าน คำว่า "โป่ง" หมายความว่า เป็นแหล่งแร่ธาตุทำให้สัตว์ป่าต่าง ๆ เข้ามากินในบริเวณนี้เป็นจำนวนมากเป็นประจำ ส่วนคำว่า "อาง" ภาษาไทยใหญ่ หมายถึงคำว่า "ยันต์" เนื่องจากเคยมีผู้พบเห็นกวางทอง ชาวบ้านเชื่อกันว่าเป็นกวางศักดิ์สิทธิ์ที่เข้ามาปรากฏตัว จึงได้มีการล่ากวางทองเกิดขึ้น แต่ไม่มีใครสามารถจับกวางทองได้ จึงได้ทำการสลักคาถา (ลงยันต์) ซึ่งเป็นยันต์ราศรี คือการสลักยันต์เพื่อปล่อยวางโดยจะไม่ทำการล่ากวางทองตัวนี้อีกต่อไป ยันต์มีสภาพเป็นตัวอักขระโบราณ และรูปสัตว์ต่างๆ เป็นตัวอักขระสีน้ำตาลแดง ชาวบ้านจึงเรียกสถานที่แห่งนี้ว่า "โป่งอาง" นับตั้งแต่บัดนั้นเป็นต้นมา (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช , 2555)

นิเวศวิทยาของน้ำพุร้อน

เนื่องจากบริเวณที่เป็นน้ำพุร้อนจะมีการไหลของน้ำพุร้อนไปยังลำธาร คลอง ทำให้มีระดับความร้อนแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจึงมีการปรับตัว (adaptation) ให้สามารถอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงๆ สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่สามารถเจริญได้ในน้ำพุร้อนซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามระดับของอุณหภูมิและปัจจัยด้านต่างๆ อันได้แก่

ปัจจัยทางกายภาพ (physical facter)

1. แสงสว่าง เป็นปัจจัยที่ควบคุมการผลิต ความเข้มข้นของแสงสว่างจะมีผลต่อผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary producer) สระบุรี (2523) อ้างถึง Odum (1971) ว่าในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ที่มีอุณหภูมิคงที่ เช่น น้ำพุร้อน Iceland ที่มีอุณหภูมิคงที่ในช่วงฤดูหนาวเหมาะแก่การเจริญของสาหร่าย แต่มีแสงสว่างเพียงเล็กน้อยในการสังเคราะห์แสง ทำให้สาหร่ายมีความหนาแน่นน้อยลง

2. อุณหภูมิ น้ำพุร้อนที่มีช่วงอุณหภูมิคงที่ทำให้สิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้นอยู่รอดได้ แต่สิ่งมีชีวิตใหม่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ แต่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะปรับตัวให้ทนต่ออุณหภูมิและสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมได้ดี เช่น *Mastigocladus laminosus* ซึ่งจัดเป็นพวก polythermal organism (Odum, 1971) เมื่อวัดการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์ โปรตีน และ RNA เป็นเครื่องบ่งชี้โดยกำหนดให้สิ่งแวดล้อมอื่นๆ คงที่ สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายในน้ำพุร้อน คือ 54 ºC (Brock, 1966)

3. ความเป็นกรดด่าง (pH) การเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนจะถูกกำจัดด้วยค่าความเป็นกรดแก่หรือด่างแก่ ในสภาพของน้ำพุร้อนจะมีการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้กลายเป็นกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กำมะถัน น้ำพุร้อนที่เป็นกรดแก่จะกำจัดการกระจายของสิ่งมีชีวิต ในสภาพเช่นนี้สาหร่ายที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ได้แก่ สาหร่ายสีแดง *Cyanidium caldarium* (Fogg, 1973, Lynch and Poole, 1979)

ปัจจัยทางเคมี (chemical facter) สระบุรี (2523) อ้างถึง Lynch and Poole, (1979) ว่าปัจจัยดังกล่าว ได้แก่

1. การละลายของออกซิเจนในน้ำ ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำแปรผันตามอุณหภูมิกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อน

2. ความเข้มข้นของอนินทรีย์สารในน้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นของอินทรีย์สารต่ำจึงเป็นปัจจัยจำกัดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญแต่มีผลต่อสาหร่ายน้อย

3. สารอาหาร (nutrients) เนื่องจากสาหร่ายสามารถที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ใช้ในกิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมในเมตาบอลิซึม (ลัดดา, 2538) โดยแร่ธาตุหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายประกอบด้วยไนโตรเจนซึ่งจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และฟอสฟอรัสซึ่งมักอยู่ในรูปของฟอตเฟตที่ละลายน้ำ คือ soluble reactive phosphorus (SRP) หรือ ออร์โธฟอสเฟต (Wetzel, 2001)

3.1 ไนเตรท – ไนโตรเจน (nitrate nitrogen) Chapman and Chapman (1973) กล่าวว่าสาหร่ายสามารถใช้ไนเตรท เกลือแอมโมเนีย และไนโตรเจนอินทรีย์เป็นแหล่งสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตและสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้ไนไตรต์ และตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีเฮเทอโรซิสต์ ตามปกติแล้วพบว่าไนเตรท – ไนโตรเจนจะมีปริมาณค่อนข้างต่ำในธรรมชาติ โดยจะพบความเข้มข้นของไนเตรท – ไนโตรเจน ไม่เกิน 10 $mg.l^{-1}$ นอกจากนั้น ไนเตรท – ไนโตรเจน ยังเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิดที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ เช่น เป็นองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันบางชนิด (Fogg, 1971; กรมอนามัย, 2534)

3.2 แอมโมเนียม – ไนโตรเจน (ammonium nitrogen) เป็นไนโตรเจนอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งตามธรรมชาติแล้วในแหล่งน้ำทั่วไปจะมีปริมาณแอมโมเนียมและสารประกอบแอมโมเนียมละลายอยู่เพียงเล็กน้อย หรือน้อยกว่า 1 $mg.l^{-1}$ นอกจากนั้นแอมโมเนียม – ไนโตรเจนสามารถละลายน้ำได้ดีและมักถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ – ไนโตรเจน (nitrite nitrogen) และกลายเป็น ไนเตรต – ไนโตรเจน (nitrate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

nitrogen) ในที่สุด

3.3 ฟอสฟอรัส (Phosphorus) เป็นธาตุที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการแปรรูปพลังงาน เช่น เป็นส่วนประกอบของ deoxyribonucleic acid (DNA) และ ribonucleic acid (ลัดดา, 2538) ตามปกติแล้วจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนน้อยในแหล่งน้ำ ฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำมีอยู่หลายรูปด้วยกัน รูปของฟอสฟอรัสที่พบมากและเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศแหล่งน้ำและการเจริญของสาหร่าย ได้แก่ soluble reactive phosphorus และ partical organic phosphorus ฟอสเฟตในรูปต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งออร์โธฟอสเฟตมีผลโดยตรงต่อความยาวของทัลลัสของสาหร่าย ซึ่งในแหล่งน้ำต่างๆ นั้น ฟอสเฟตจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม pH อาจนำมาใช้เป็นเครื่องชี้วัดว่าฟอสเฟตจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดใด เช่น ถ้า pH ของน้ำเป็นด่างเล็กน้อยก็จะมี calcium phosphate ละลายอยู่มาก ถ้า pH เป็นด่างมากเราจะพบ sodium phosphate ละลายอยู่มาก แต่ถ้า pH เป็นกรดมากจะพบ ferric phosphate ละลายในปริมาณที่มาก นอกจากนี้ฟอสเฟตสามารถที่จะละลายน้ำหรืออยู่ในรูปของซากพืชซากสัตว์ และเข้ามาปะปนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติได้หลายทาง

ปัจจัยทางชีวภาพ (biological facter) สระบุรี (2523) อ้างถึง Odum (1971) กล่าวถึงปัจจัยทางชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อน ดังนี้

1. การสมดุลทางชีวภาพ ในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่จะมีความสมดุลของมวลชีวภาพ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการแทนที่ของสิ่งมีชีวิตอยู่เสมอ จึงทำให้สิ่งมีชีวิตอยู่ในสภาวะคงตัว ซึ่ง Campbell and Pace (1968) กล่าวว่าจุลินทรีย์พวก thermophile สามารถมีชีวิตอยู่รอดและเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากมีเอนไซม์ และโครงสร้างที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ มีคุณสมบัติทนต่อความร้อนสูง เอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มแรกเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 50-60 ºC เช่น malic dehydrogenase, adenosine triphosphate, inorganic pyrophosphatase, aldolase และ peptidase

กลุ่มที่สองคือ กลุ่มเอนไซม์ที่จะทำงานเมื่อมีสารเริ่มต้นในปฏิกิริยาเท่านั้น เช่น asparagines deaminase, catalase, pyruvic acid oxidase และ isocitratelyase

กลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มเอนไซม์และโปรตีนที่ต้านทานต่อความร้อนสูง เช่น α – amylase, glyceraldehydes – 3 – phosphate dehydrogenase และเอนไซม์ที่กระตุ้นการทำงานของกรดอะมิโน

2. การถ่ายทอดพลังงานในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ ห่วงโซ่อาหารจะประกอบด้วยผู้ผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลายเช่นเดียวกับระบบนิเวศทั่วไป โดยส่วนใหญ่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเป็นผู้ผลิต และ brine fly จะเป็นผู้บริโภค

นอกจากนั้นจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีเยื่อหุ้มเซลล์คงตัวเมื่อความร้อนสูง เนื่องจากพวก thermophile จะมีลิปิด (lipid) ที่มีในกรดไขมัน (fatty acid) จำนวนมาก ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์คงตัวจึงสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้จุดหลอมเหลวของลิปิดพวก thermophile จะสูง เยื่อหุ้มเซลล์ยืดหยุ่นได้บ้างเมื่อได้รับความร้อน รูมีขนาดใหญ่ขึ้น และเอนไซม์สามารถทำงานได้ดีจึงยอมให้สารผ่านได้และทนต่อ osmotic shock ทั้งยังสามารถสร้างส่วนประกอบของเซลล์ขึ้นใหม่ได้อย่างรวดเร็ว เซลล์จะมีอัตราเมตาโบลิซึมสูงในสภาพที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีการขนส่ง substrate และของเสียเข้าออกเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจะปรับตัวทางสรีรวิทยาให้ทำงานได้ดีในสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ และมีบางชนิดที่สามารถปรับตัวให้ทำงานได้ดีมากกว่าสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เช่น สาหร่ายสีแดง *Cyanidium caldarium* โดย Robert (1998) ศึกษาพบว่าสามารถอาศัยอยู่ได้ในอุณหภูมิสูง และในที่ๆ มี pH ต่ำ และสามารถอาศัยอยู่ได้ถึงอุณหภูมิ 57 ºC

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยมีนักวิจัยได้ทำการสำรวจความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนไม่มากนัก สำหรับในภาคเหนือ สระบุรี (2523) ได้ทำการสำรวจจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนโป่งฮ่อม ตำบลออนหลวย อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ พบสาหร่าย 10 สปีชีส์ ได้แก่ *Anacystis* sp., *Chroococcus turgidus*, *Anabaena* sp., *Navicula* sp., *Oscillatoria* sp., *Scenedesmua dimorphus*, *Closterium* sp., *Spirogyra* sp. และ *Stigeoclonium* sp. ต่อมากาญจนา และคณะ (2532) ได้ทำการสำรวจและศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนภาคเหนือ ได้แก่ น้ำพุร้อนแม่ฝาง อำเภอฝาง น้ำพุร้อนโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ และน้ำพุร้อนบ้านท่าไม้แดง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบสาหร่ายชนิดเด่น ได้แก่ *Calothrix* sp., *Oscillatoria terebriformis* และ *Synechococcus* sp. เมื่อศึกษาโครงสร้างของเซลล์โดยทำการตรึงเซลล์ของ *Oscillatoria terebriformis* และ *Synechococcus* sp. ด้วยวิธี DeVecchi ก่อนนำมาตัด thin section และศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน พบว่ามีการเรียงตัวของ thylakoids ติดกัน และเห็น nuclear fibrils ชัดเจน ต่อมาประวิทย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2533) ทำการศึกษาสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2530 ถึงเดือนเมษายน 2531 โดยศึกษาจากบ่อน้ำร้อนธรรมชาติ 5 บ่อ และลำธารน้ำร้อน 1 แห่ง พบว่ามีอุณหภูมิระหว่าง 31 – 77 ºC พบสาหร่ายทั้งหมด 98 สปีชีส์ เช่น *Oscillatoria* sp., *Diploneis mauleri*, *Epithemia cistula*, *Synechococcus aeruginosus* และ *Navicula* sp. เป็นต้น โดยพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และปริมาณแร่ธาตุ มีอิทธิพลต่อการกระจายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน ต่อมาอุดมลักษณ์ (2544) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน 9 แหล่งในเขตภาคเหนือตอนบน โดยเก็บตัวอย่างจากน้ำพุร้อนสันกำแพง กิ่งอำเภอแม่ออน น้ำพุร้อนโป่งเดือด อำเภอแม่แตง น้ำพุร้อนเทพพนม อำเภอแม่แจ่ม น้ำพุร้อนแม่ฝาง อำเภอฝาง และโป่งน้ำร้อนดอยสะเก็ด อำเภอดอยสะเก็ด จังหมัดเชียงใหม่ น้ำพุร้อนแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง น้ำพุร้อนท่าปาย อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน โป่งน้ำร้อนแม่จัน อำเภอแม่จัน และน้ำพุร้อนห้วยหมากเหลี่ยม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบสาหร่ายทั้งหมด 48 จีนัส 78 สปีชีส์ สาหร่ายที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ใน Division Cyanophyta พบทั้งหมด 21 จีนัส 39 สปีชีส์ รองลงมาคือไดอะตอมใน Division Bacillariophyta 19 จีนัส 29 สปีชีส์ รองลงมาสาหร่ายสีเขียวใน Division Chlorophyta 9 สปีชีส์ และสาหร่ายใน Division Euglenophyta 1 สปีชีส์ ความหลากหลายของสาหร่ายที่พบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ และปริมาณซัลไฟด์ที่พบในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ส่วนพื้นที่ในภาคกลาง กาญจนา และสุทธิรักษ์ (2535) ได้ทำการสำรวจชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในบ่อน้ำร้อนหินดาด อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และบ่อน้ำร้อนท่าไม้แดง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 40 – 49 องศาเซลเซียส pH 6.0 – 8.0 พบ *Oscillatoria* spp เป็นชนิดเด่นนอกจากนั้นยังพบ *Mastigocladus* sp., *Synechococcus* sp. และ *Calothrix* sp.

ในภาคใต้ วิรัชนีย์ (2534) ศึกษาชนิดและนิเวศวิทยาของสาหร่ายในน้ำพุร้อนที่ อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2534 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2535 โดยเก็บตัวอย่างที่ขึ้นตามขอบบ่อ ก้นบ่อ และสาหร่ายที่ลอยอยู่ในน้ำ พบว่าน้ำพุร้อนมีอุณหภูมิ 53 – 59 องศาเซลเซียส pH 7.3 พบสาหร่ายทั้งหมด 14 สปีชีส์ ตัวอย่างเช่น *Synechococcus elongateus*, *Synechococcus aquatilis*, *Phormidium ambigum*, *Dermocarpa sphaerica* และ *Stigonima hormoides* เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการคัดแยกตัวอย่างสาหร่ายที่พบ ซึ่งสามารถแยกได้ทั้งหมด 5 สปีชีส์ ได้แก่ *Chroococcus* sp., *Phormidium ambigum*, *Stigonema hormoides*, *Synechococcus elongates* และ *Synechocystis aquatilis*

ในต่างประเทศมีการศึกษากันหลายภูมิภาค เริ่มจากเขตร้อนซึ่งมีภูมิอากาศคล้ายประเทศไทย โดย Round (1975) ได้ทำการสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อน On Sunda ประเทศอินโดนีเซีย พบชนิดสาหร่ายแตกต่างกันตามช่วงระดับอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 45 – 55 ºC พบสาหร่าย *Mastigocladus laminosus*, *Phormidium laminosum*, *Pleurocapsa fluviatilis*, *Plectonema notatum* v. *africanum*, *Scytonema coactile* v. *thermale* ที่อุณหภูมิ 55 – 60 ºC พบสาหร่าย *Synechococcus elongates* f. *thermalis*, *Synechocystis aquatilis*, *Phormidium laminosum*, *Onconema thermal*, *O. compactum*, *Phormidium tenue*, *P. cebennese* f. *thermal*e, *Mastigocladus laminosus* ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 ºC พบสหร่าย *Synechococcus elongates* f. *thermalis*, *Synechosystis aquqtilis*, *Phormidium laminosum* ต่อมา Leghari and Thebo (1983) ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อน Laki Shah Sadar ประเทศปากีสถาน อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 32 – 42 ºC pH อยู่ในช่วง 6.6 – 8.2 พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งหมด 12 genera 21 species ซึ่งจัดอยู่ใน Order Chroococcales และ Nostocales สาหร่ายชนิดที่เด่นคือ *Oscillatoria* spp., *Phormidium* spp. และ *Synechococcus* spp. ซึ่งพบทุกช่วงอุณหภูมิ และ Compere and Delmotte (1986) ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างของสาหร่ายในน้ำพุร้อน 2 แหล่งในประเทศแซมเบีย ทวีปแอฟริกาซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 54 – 84 ºC แตกต่างกันไปตามฤดูกาล พบไดอะตอม 120 สปีชีส์ และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายสปีชีส์ ได้แก่ *Scytonema figuratum*, *Oscillatoria* spp., *Lyngbya angustissima*, *Synechococcus lividus*, *Rhopalodia gibberula*, *Pinnularia appendiculata*, *Cocconeis pediculus*, *Cymbella minuta* และ *Navicula cuspidate* เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในเขตอบอุ่นและเขตหนาวมีการศึกษาสาหร่ายในน้ำพุร้อนมาเป็นเวลายาวนาน และมีการศึกษามากกว่าพื้นที่อื่นๆ เช่น งานวิจัยของ Castenholz (1973) ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในน้ำพุร้อน Hunter รัฐโอริกอน และน้ำพุร้อน Yellowstone ในสหรัฐอเมริกา พบ *Synechococcus lividus* ในน้ำที่อุณหภูมิ 73 – 74 ºC และ *Oscillatoria terebriformis* ที่อุณหภูมิ 35 – 38 ºC ส่วนน้ำพุร้อนในประเทศไอซ์แลนด์ และนิวซีแลนด์ พบ *Mastigocladus laminosus* ที่อุณหภูมิ 63 – 64 ºC สองปีต่อมา Sperling (1975) ศึกษาระบบนิเวศของสาหร่ายในน้ำพุร้อน โดยทำการสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนทาง

ตอนใต้ของประเทศไอซ์แลนด์ ในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนธันวาคม 1968 ถึง เดือนมกราคม 1969 ในขณะเดียวกันก็ทำการวัดผลผลิตเบื้องต้นโดยใช้ C – 14 พบว่าผลผลิตเบื้องต้นมีค่าไม่เท่ากัน โดยในน้ำนิ่ง พบ *Mastigocladus laminosus* ที่อุณหภูมิสูง 55 ºC และในธารน้ำร้อนที่มีอัตราไหลปานกลางถึงแรงพบ *Phormidium corium* และ *Lyngbya martensiana* ที่อุณหภูมิ 31 – 41 ºC หลังจากนั้น Brock (1978) ทำการศึกษาความหลากหลายของชนิด และจำนวนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินตามระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 10 – 75 ºC จากน้ำพุร้อนหลายๆ แหล่ง พบว่าที่ช่วงอุณหภูมิ 30 – 35 ºC มีจำนวนและชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุดถึง 90 ชนิด ช่วงอุณหภูมิ 65 – 70 ºC และ 70 – 75 ºC มีจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินน้อยที่สุดคือ 1 สปีชีส์

ต่อมา Dell'Uomo (1986) ทำการศึกษาไดอะตอมและสาหร่ายจากน้ำพุร้อน Triponzo เมืองเปรูเจีย ในตอนล่างของประเทศอิตาลี ซึ่งน้ำมาจากแหล่งอาบน้ำร้อนแบบโรมัน อุณหภูมิประมาณ 28 ºC น้ำพุร้อนแห่งนี้มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ และซัลเฟอร์ในรูปคอลลอยด์มาก พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดเด่น คือ *Oscillatoria okenii* รองลงมาคือ *Phormidium* spp. และ *Aphanocapsa* spp. พบสาหร่ายไฟ คือ *Chara vulgaris* พบไดอะตอม 44 สปีชีส์ ชนิดเด่น คือ *Navicula cryptocephala* var. *veneta* และ *Navicula gregaria* ซึ่งเป็นชนิดที่เจริญในบริเวณที่มีความเค็มสูง (halophiles) โดยพบว่าไดอะตอมจะไวต่อปริมาณของ NaCl และ $MgCl_2$ นอกจากนั้นยังไวต่อปริมาณซัลไฟด์ งานวิจัยในเรื่องนี้ใช้ชนิดและปริมาณของไดอะตอมมาจัดคุณภาพของน้ำซึ่งจัดอยู่ในประเภท β-mesosaprobic

สำหรับปัจจัยจำกัดเกี่ยวกับอุณหภูมิต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำพุร้อนนั้น Brock (1994) ทำการศึกษาพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งระดับอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน พบว่าสิ่งมีชีวิตประเภท eucaryotes จะมีความทนต่ออุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าสิ่งมีชีวิตพวก prokaryotes โดยแบคทีเรียมีระดับความทนต่ออุณหภูมิสูงที่สุดคือ ประมาณ 115 ºC รองลงมาเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ในช่วงอุณหภูมิ 70 – 73 ºC ปีต่อมา Pentecost (1995) ทำการศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อน 3 แหล่ง ในประเทศอังกฤษ พบว่าน้ำพุร้อน Bath spa พบจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด สาหร่ายชนิดที่เด่นคือ *Phomidium* spp. เมื่อทำการศึกษาการใช้ C-14 เปรียบเทียบในแต่ละอุณหภูมิ พบว่า *P. luridum* และ *P. ambiguum* มีช่วงอุณหภูมิที่เจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดีที่ 30 และ 40 ºC ตามลำดับ แต่ไม่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิเกิน 47 ºC การศึกษาได้ผลเช่นเดียวกับ Brock (1978) ซึ่งศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพบว่ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 30 – 35 ºC มีจำนวนและชนิดของสาหร่ายมากและจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70 – 75 ºC มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพียงชนิดเดียวคือ *Synechococcus* sp. ที่สามารถเจริญได้

มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น Castenholz (1976) ศึกษาผลกระทบของซัลไฟด์ที่มีต่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อนประเทศนิวซีแลนด์ และไอซ์แลนด์ พบว่าความเข้มข้นของซัลไฟด์ที่ละลายน้ำจะเป็นตัวกำหนดชนิดของสาหร่าย นอกจากนี้ยังมีผลต่อปัจจัยทางเคมีในน้ำ ยกเว้นค่า pH การศึกษาพบว่า *Mastigocladus laminosus* ในประเทศนิวซีแลนด์จะไวต่อปริมาณซัลไฟด์เกิน 0.25 mg/l และพบว่าไม่สามารถพบสาหร่ายชนิดนี้ในน้ำที่มีซัลไฟด์สูงมากๆ

ในแง่ของการเพาะเลี้ยงที่ต้องการผลผลิตต่างๆ และการประยุกต์เพื่อนำไปใช้มีการวิจัยกันมากมาย ซึ่ง Hayashi *et al*. (1994) ทำการแยกสายพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 3 สายพันธุ์ จากน้ำพุร้อนบ้านโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า *Chroococcidiopsis* sp. สายพันธุ์ TS – 821 เจริญได้ในอาหารเพาะเลี้ยงในสภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 50 ºC, pH ประมาณ 8 พบว่าสามารถตรึงไนโตรเจนได้ ทนต่อไนไตรท์ ซัลไฟต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความเข้มข้นสูงๆ ได้ ปีเดียวกันนั้น Fish and Codd (1994) ศึกษาการผลิตสารต่อต้านแบคทีเรียซึ่งผลิตจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทนร้อน *Phormidium* sp. โดยเลี้ยงแบบ batch culture โดยสามารถยับยั้งการเจริญของ heterotrophic bacteria ชนิดแกรมบวก และแกรมลบหลายชนิด พร้อมกันนั้นยังสามารถยับยั้งเชื้อยีสต์และรา เช่น *Candida albicans* และ *Cladosporium resinae* ปีต่อมา Sakamoto *et al.* (1995) ศึกษาสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* จากน้ำพุร้อนในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงๆ ได้ โดยสาหร่ายชนิดนี้สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 42 ºC และสามารถเจริญได้ดีในชุดการทดลองที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 40% ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายชนิดนี้มีความเหมาะสมในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hefley (2000) รายงานว่าทีมวิศวกรจากมหาวิทยาลัย Ohio ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างตัวกรองแบบใหม่ที่ทำจากสิ่งมีชีวิต (new living filter) ซึ่งทำมาจาก culture

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสาหร่ายในน้ำพุร้อน Yellowstone Nation Park ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงงานได้ โดยตัวกรองจะยึดติดกับระบบเผาไหม้ของโรงงานเผาถ่านหิน สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 20% ซึ่งมีความเหมาะสมในการบำบัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับหนึ่งและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในแนวทางเดียวกันเดี่ยวกับงานวิจัยที่มุ่งแก้ไขสภาพแวดล้อมดังที่กล่าวมา โดย Miyake *et al*. (1999) ได้ทำการศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจน จากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การสำรวจแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง

สำรวจแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง (ภาพ 2 และ 3) โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่ที่มีอุณหภูมิต่างกัน ดังนี้

จุดที่ 1 ช่วงอุณหภูมิ 45 – 50 ℃

จุดที่ 2 ช่วงอุณหภูมิ 51 – 55 ℃

จุดที่ 3 ช่วงอุณหภูมิ 55 – 60 ℃

ภาพ 2 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 3 ลักษณะทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการศึกษาคุณภาพน้ำ และสาหร่าย

1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- เทอร์โมมิเตอร์
- กระดาษวัดความเป็นกรดด่าง (pH paper)
- เครื่อง pH meter
- เครื่อง conductivity meter
- สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissoved oxygen , DO) ได้แก่ $MnSO_4$, Alkaline iodide azide reagent (AIA) , H_2SO_4conc. และ $Na_2S_2O_3$ 0.025 N
- Spectrophometer

1.3 อุปกรณ์ศึกษาชนิด และปริมาณสาหร่าย

- กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบชนิดถ่ายภาพได้
- สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
- หนังสือในการจัดจำแนกชนิดสาหร่าย

2. ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อน

2.1 ศึกษาลักษณะของแหล่งน้ำ

2.2 วัดอุณหภูมิของน้ำและอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

2.3 วัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) โดยใช้ Conductivity meter ชุด electrode kit

2.4 วัด pH ของน้ำ โดยใช้ pH meter

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

2.7 วัดปริมาณสารอาหาร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR 2010 ของบริษัท Hach ตามวิธีการดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก)

- ไนเตรท ไนโตรเจน โดยวิธี cadmium reduction (APHA, 1998)
- แอมโมเนีย ไนโตรเจน โดยวิธี nesslerization (APHA, 1998)
- Soluble reactive phosphorus (SRP) โดยวิธี ascorbic acid method (APHA, 1998)
- ซัลไฟด์ (S^{2-}) โดยวิธี Methylene blue method (APHA, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การเก็บตัวอย่างสาหร่ายมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.1 สาหร่ายที่อยู่บริเวณท้องน้ำหรือผิวน้ำ ค่อยๆ เอาช้อนตักที่ผิว ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อน

3.2 สาหร่ายขนาดใหญ่ หรือสาหร่ายพวกเส้นสาย โดยเก็บสาหร่ายที่เกาะอยู่บน substrate ต่างๆ ใส่ในถุงพลาสติก หรือภาชนะที่ทนความร้อน

3.3 ทำการเก็บรักษาสาหร่ายด้วย formalin 5% หรือ glutaraldehyde 2% (วิรัชนีย์, 2534, Dell'Uormr, 1986)

4. วินิจฉัยชนิด และปริมาณสาหร่ายที่สำรวจพบ

4.1 วินิจฉัยชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ตรวจพบจากหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น

- Huber-Pestalozzi (1938)
- Desikachary (1959)
- Anagnostidis, Economou-Amilli and Makris (1988)
- Anagnostidis and Komarek (1985; 1988; 1990)
- Hoffman (1988)
- Kovaacik (1988)
- Komarek and Anagnostidis (1999)

4.2 ถ่ายรูปสาหร่าย จากกล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope เพื่อทำการวินิจฉัยถึงระดับชนิด ต่อไป

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

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลชนิด ปริมาณสาหร่าย และคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการ มา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติด้านนิเวศวิทยา ใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Non parametric statistic เพื่อหาองค์ประกอบทางด้านกายภาพ และเคมีของน้ำพุร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง species composition ของสาหร่าย โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Kruskal Willis Test, Friedman Test และ Correlations

6. สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

6.1 น้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

6.2 ห้องปฏิบัติการโรงเรียนบ้านห้วยจะค่าน ตชด. อนุสรณ์ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

6.3 ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

7. ระยะเวลาในการศึกษา

6 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการสำรวจสาหร่ายและคุณภาพน้ำบางประการของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระหว่างเดือนมกราคม 2556 ถึง เดือนมีนาคม 2556 เก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง โดยศึกษาจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 บริเวณตามระดับอุณหภูมิ ปรากฏผลดังนี้

1. สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษา

ผลการศึกษาสภาพทั่วไปน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีลักษณะเป็นธรรมชาติ มีการปรับปรุงพื้นที่เล็กน้อยเพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยว ไม่ค่อยมีการรบกวนจากภายนอกมากนัก ประกอบด้วยบ่อน้ำร้อน 2 บ่อ และ 1 ลำธาร ซึ่งทั้ง 3 แหล่ง อยู่กลางแจ้งได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน ลักษณะของน้ำใส ก้นบ่อมีตะกอนสีเขียวอยู่มาก ส่วนที่เป็นลำธารมีสาหร่ายปกคลุมอยู่ทั่วไป (ภาพ 4)

ภาพ 4 แสดงสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง

2. การกระจายของสาหร่ายในแหล่งน้ำพุร้อนที่ทำการศึกษา

จากการสำรวจสาหร่ายกลุ่มต่างๆ ในแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอางจำนวน 3 บริเวณ สาหร่ายที่พบทั้งหมดอยู่ใน Divisions Cyanophyta จำนวน 5 ออเดอร์ 6 แฟมิลี 8 จีนัส 8 สปีชีส์ (ตาราง 1) สาหร่าย

ที่เป็นกลุ่มเด่น คือสาหร่ายใน Family Oscilatoriaceae และ Merismopediaceae พบแฟมิลีละ 2 จีนัส

เมื่อศึกษาการกระจายของสาหร่ายตามช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 45 – 60 ºC โดยแบ่งเป็น 3 ระดับคือ 45 – 50, 51 – 55, และ 56 – 60 ºC พบสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิ และปริมาณสาหร่ายที่พบในแต่ละเดือนแสดงในตาราง 1 ภาพ 8

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง (พบบ่อย = +++, พบปานกลาง = ++, พบน้อย = +, ไม่พบ = -)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (ºC)								
	45 - 50			51 - 55			56 - 60		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Division Cyanophyta									
Order Chroococcales									
Family Chroococcaceae									
Chroococcus sp.	+	-	-	+	-	-	+	-	-
Order Nostocales									
Family Nostocaceae									
Nostoc sp.	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Order Oscillatoriales									
Family Oscillatoriaceae									
Phormidium sp.	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	-
Oscillatoria sp	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	-
Order Pseudanabaenales									
Famiy Merismopediaceae									
Aphanocapsa sp.	-	-	-	-	+	-	-	+	-
Merismopedia sp.	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Family Pseudanabaenaceae									
Pseudanabaena sp.	++	++	-	+++	+	-	+++	++	-

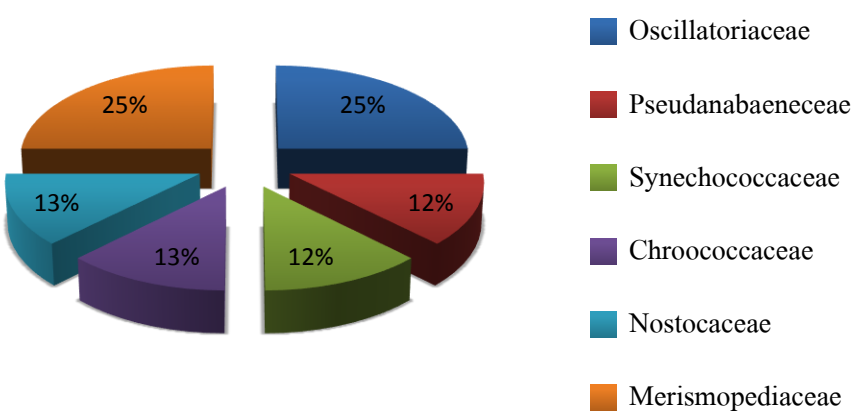
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดสาหร่าย	ช่วงอุณหภูมิ (ºC)								
	45 - 50			51 - 55			56 - 60		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
Order Synechococcales									
Family Synechococcaceae									
Synechococcus sp.	+	-	-	+	+	-	+	+	-

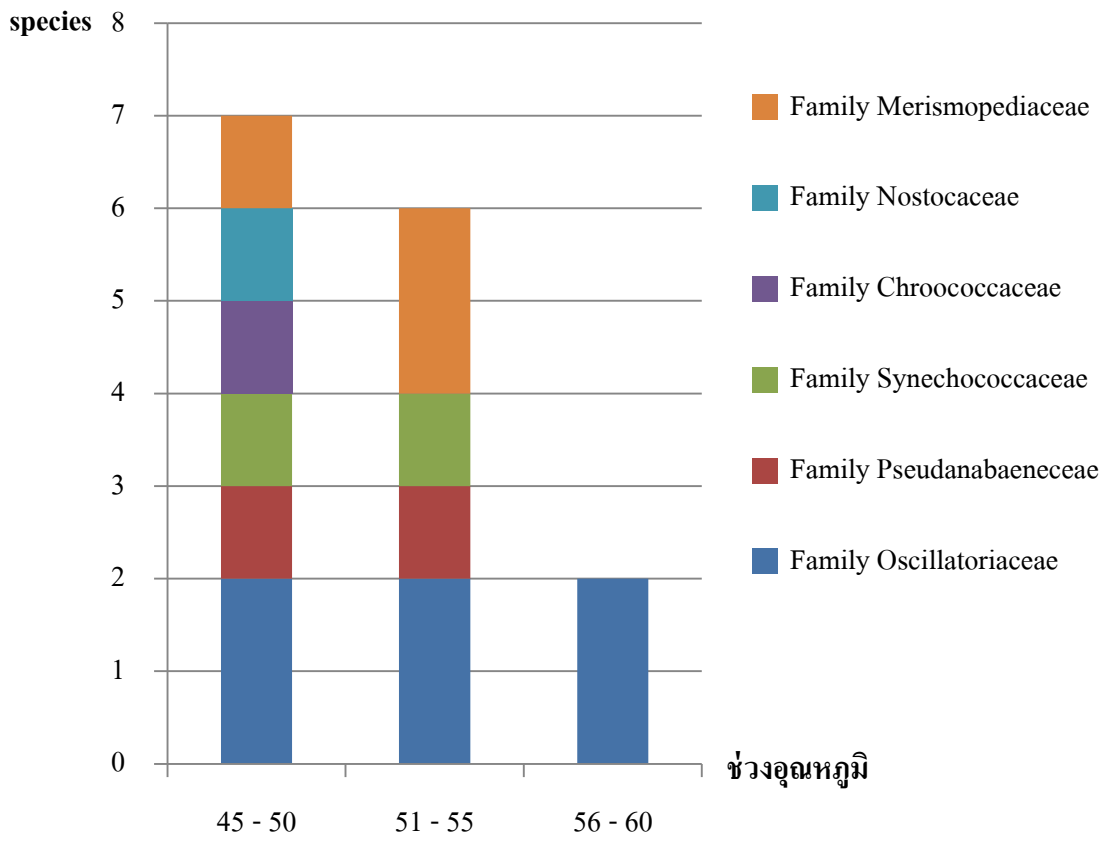
2.1 ความหลากหลายของสาหร่าย

จากการศึกษาสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอางพบว่าสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายใน Divisions Cyanophyta ทั้งหมด โดยที่ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 50 ºC มีจำนวนสาหร่ายมาที่สุด คือ 5 ออเดอร์ 6 แฟมิลี 7 จีนัส 7 สปีชีส์ คิดเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือช่วงอุณหภูมิ 51 – 55 ºC พบสาหร่าย 3 ออเดอร์ 4 แฟมิลี 6 จีนัส 6 สปีชีส์ คิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงอุณหภูมิ 56 – 60 ºC พบสาหร่าย 1 ออเดอร์ 1 แฟมิลี 2 จีนัส 2 สปีชีส์ คิดเป็น 13 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 5) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิสูงขึ้นจำนวนชนิดสาหร่ายจะลดลง



ภาพ 5 เปอร์เซ็นต์ชนิดของสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

ช่วงอุณหภูมิ 45 – 50 ºC มีความหลากหลายของสาหร่ายมากที่สุดโดยพบทั้งหมด 5 ออเดอร์ 5 แฟมิลี 7 จีนัส 7 สปีชีส์ รองลงมาคือ ช่วงอุณหภูมิ 51 – 55 ºC พบสาหร่าย 3 ออเดอร์ 4 แฟมิลี 6 จีนัส 6 สปีชีส์ และในช่วงอุณหภูมิ 56 – 60 ºC พบสาหร่าย 1 ออเดอร์ 1 แฟมิลี 2 จีนัส 2 สปีชีส์ ตามลำดับ (ภาพ 6)

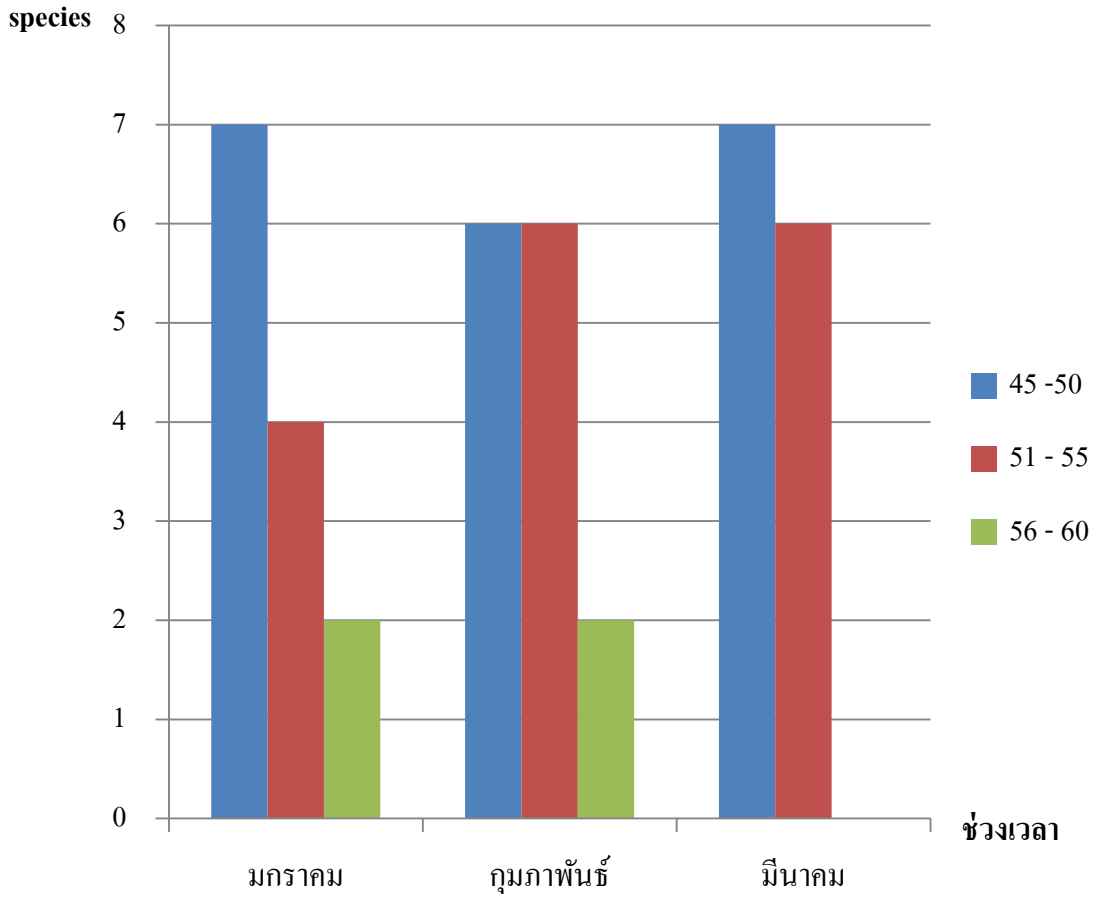


ภาพ 6 จำนวนชนิดสาหร่าย แต่ละแฟมิลีที่พบในแต่ละช่วงอุณหภูมิ

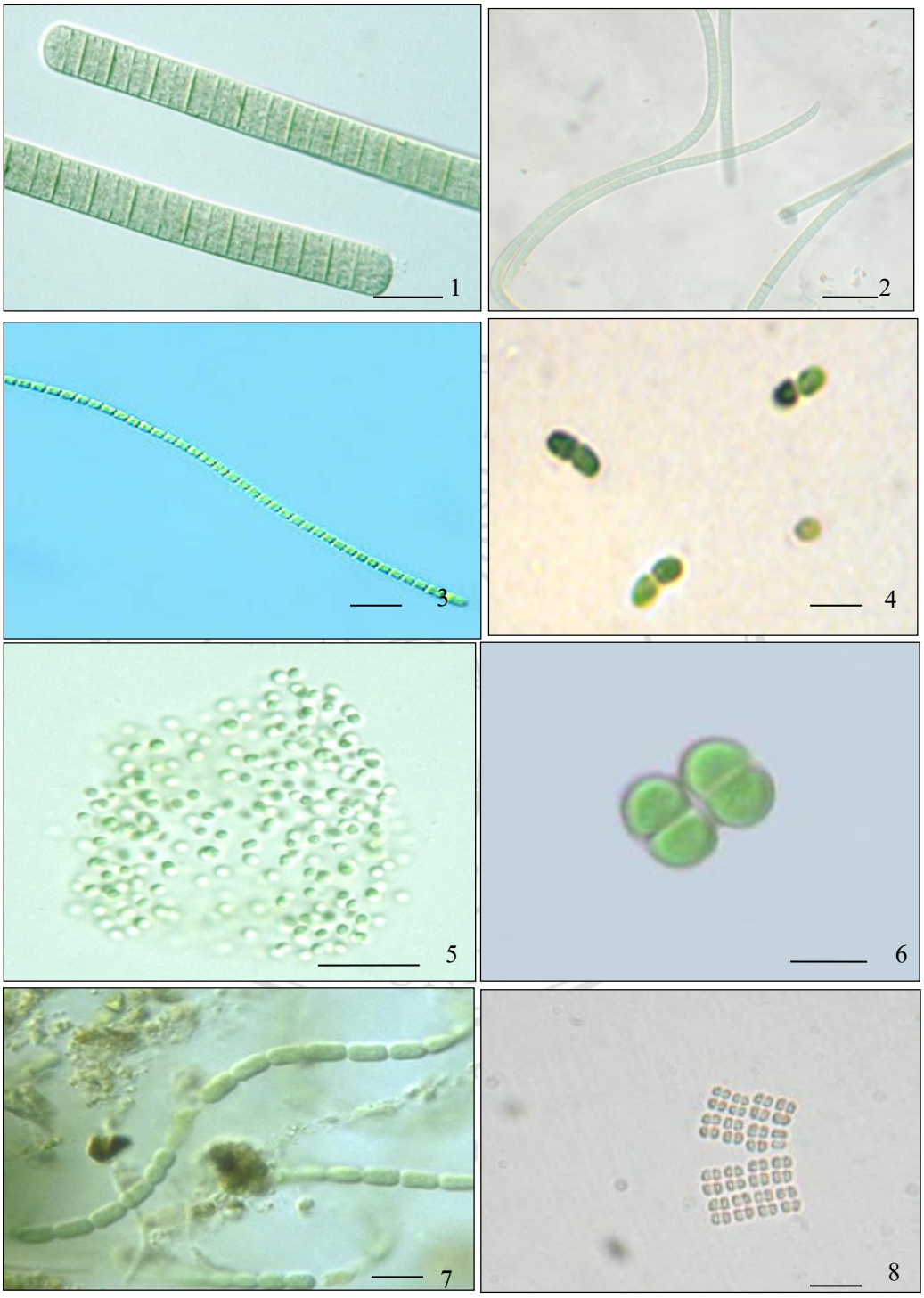
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ประชากรสาหร่าย

สาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอางเป็นสาหร่ายใน Division Cyanophyta ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งหมด สาหร่ายชนิดเด่นที่พบคือ *Oscillatoria* sp. และ *Phormidium* sp. โดยที่ช่วงอุณหภูมิ 45 – 50 ºC จะพบชนิดของสาหร่ายมากที่สุด รองลงมาคือ ช่วงอุณหภูมิ 51 – 55 ºC ส่วนในช่วงอุณหภูมิ 56 – 60 ºC พบสาหร่ายเพียง 2 สปีชีส์ ได้แก่ *Oscillatoria* sp. และ *Phormidium* sp. (ภาพ 7)



ภาพ 7 จำนวนชนิดสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอางในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม



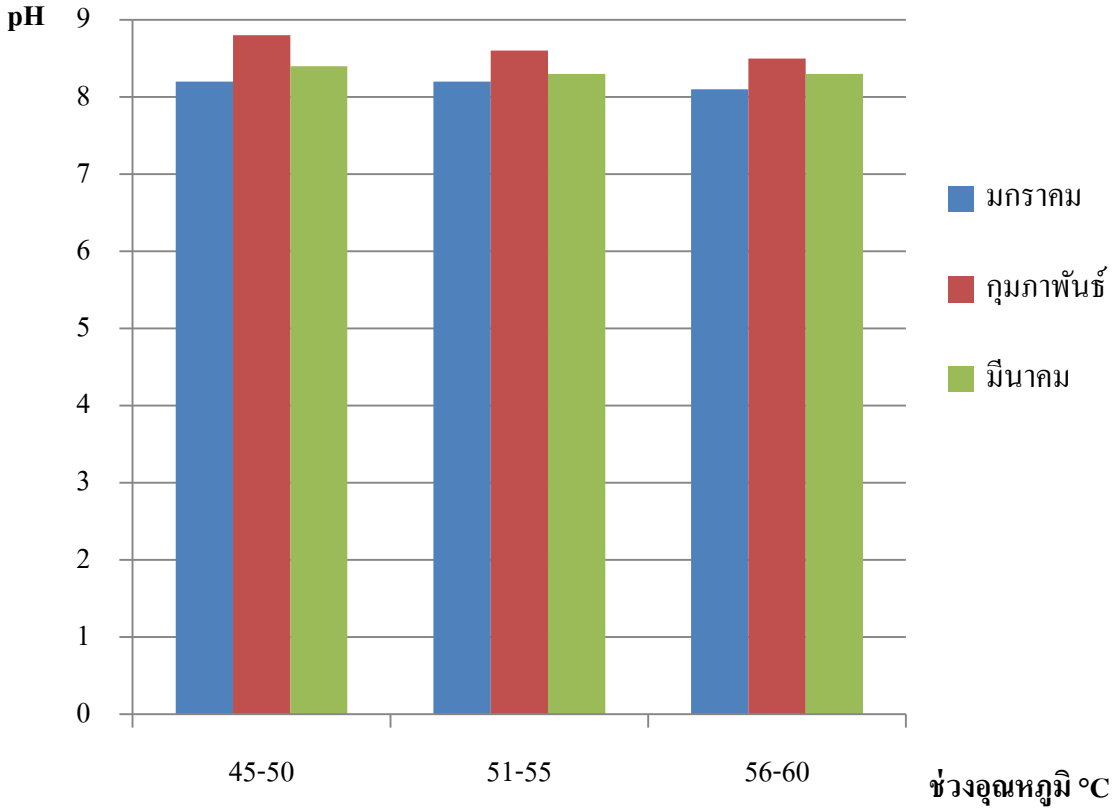
Scale bar = 10 µm

ภาพ 8 สาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง (1) *Oscilltoria* sp., (2) *Phormidium* sp., (3) *Pseudanabaena* sp., (4) *Synechococus* sp., (5) *Aphanocapsa* sp., (6) *Chroococcus* sp., (7) *Nostoc* sp., (8) *Merismopedia* sp.

3. คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำพุร้อนโป่งอาง

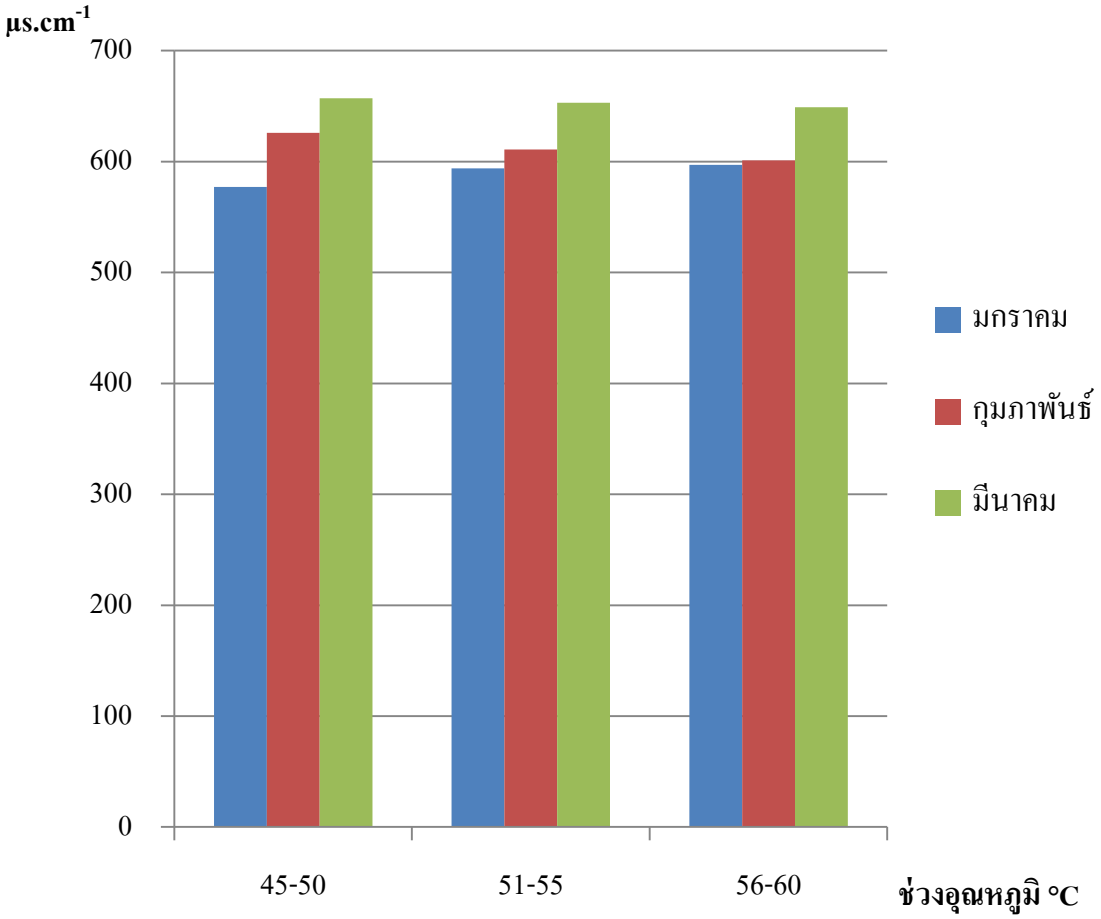
เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำพุร้อนโป่งอาง ระหว่างเดือนมกราคม 2556 ถึง เดือนมีนาคม 2556 ซึ่งในช่วงเดือนมกราคมสภาพอากาศหนาว ช่วงเดือนกุมภาพันธ์จะมีฝนตกในก่อนวันที่เก็บตัวอย่าง และในช่วงเดือนมีนาคมสภาพอาการค่อนข้างร้อนแต่ไม่ร้อนมาก พบว่าสภาพอากาศในแต่ละเดือนมีผลเล็กน้อยต่อคุณสมบัติของน้ำ ดังมีรายละเอียดดังนี้

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) พบว่าทุกจุดมีค่า pH เป็นด่างเล็กน้อย (8.1 – 8.8) โดยในแต่ละเดือน ในทุกๆ ช่วงอุณหภูมิ ค่า pH เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ภาพ 9)



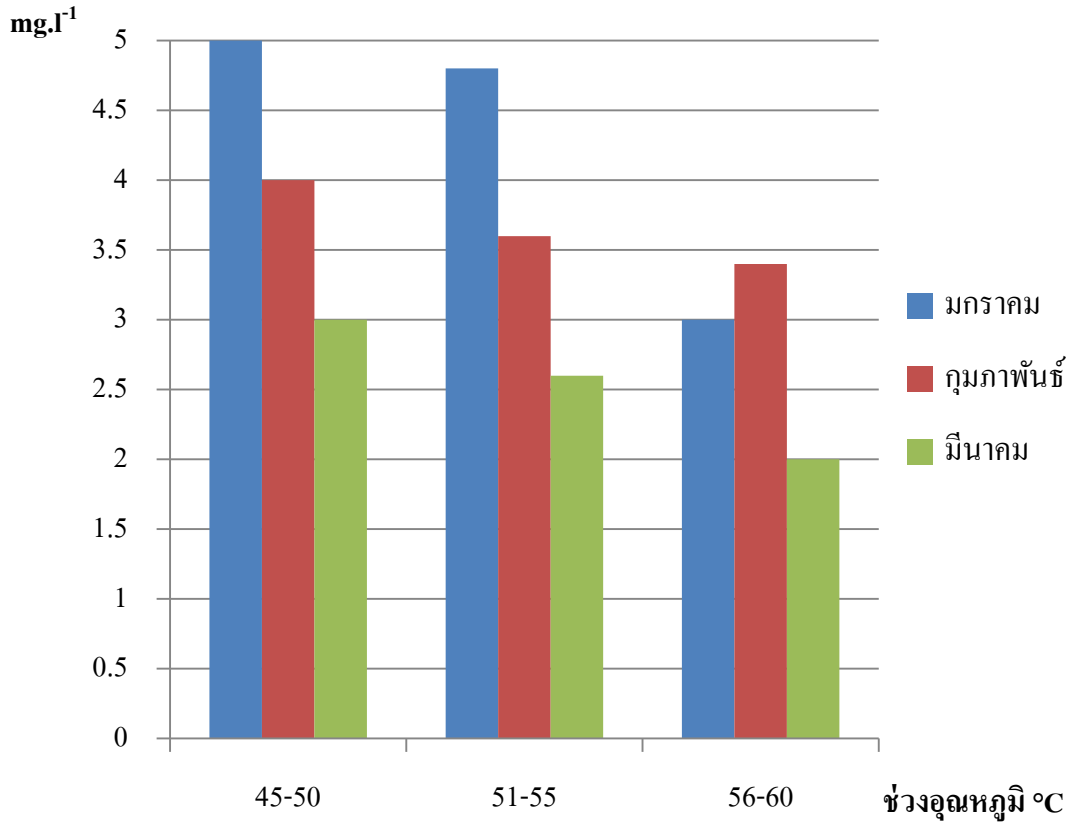
ภาพ 9 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556

ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) พบว่าทุกช่วงอุณหภูมิจะมีค่าสูง ซึ่งค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นผลมาจากน้ำร้อนได้ละลายเอาแร่ธาตุต่างๆ ออกมา เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละเดือน พบว่าสภาพอากาศในแต่ละเดือนมีความสัมพันธ์กับค่า conductivity พบว่าสภาพอากาศร้อนซึ่งมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จึงทำให้ค่า conductivity สูง ในช่วงเดือนมีนาคมมีค่า conductivity สูงกว่าเดือนอื่น รองลงมาคือเดือน กุมภาพันธ์ และมกราคม ตามลำดับ (ภาพ 10)



ภาพ 10 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556

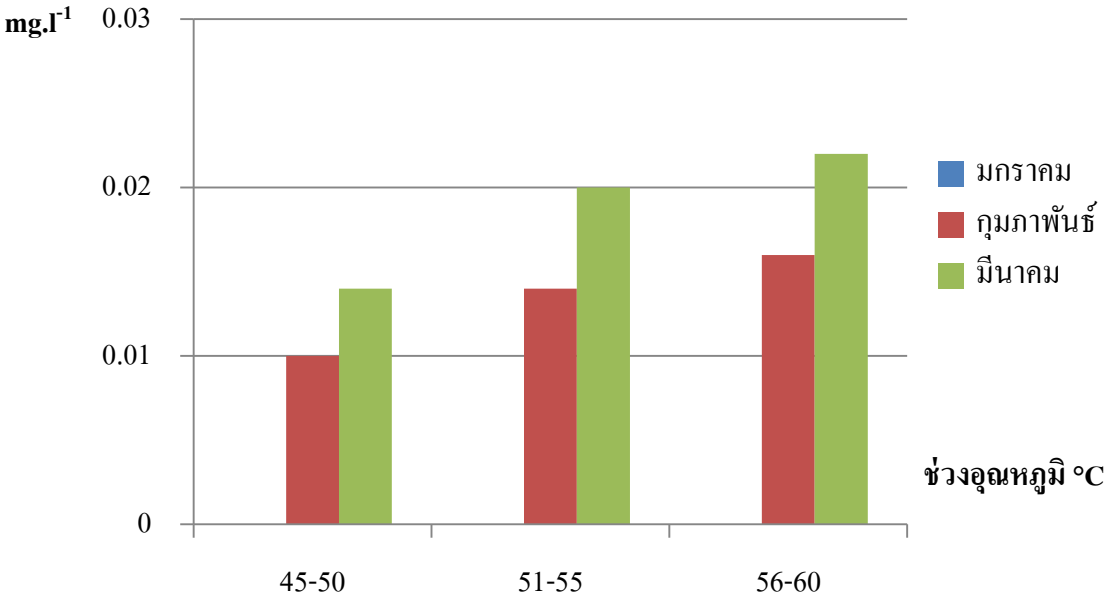
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบว่ามีความสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิ โดยพบว่าที่อุณหภูมิสูง ค่า DO ลดลง และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละเดือนพบว่าเดือนมกราคม จะมีค่า DO สูงสุด รองลงมาคือ เดือนกุมภาพันธ์ และ เดือนมีนาคม ตามลำดับ (ภาพ 11)



ภาพ 11 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

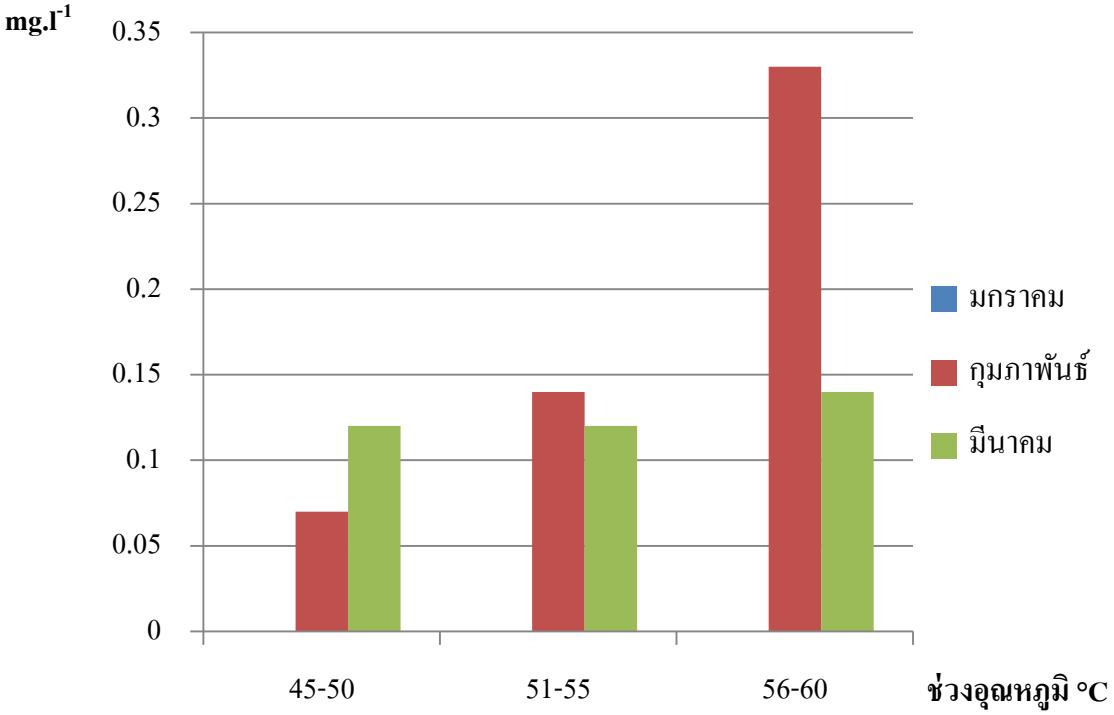
ปริมาณซัลไฟด์ (S^{2-}) พบว่าในแต่ละช่วงอุณหภูมิมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละเดือนพบว่าปริมาณซัลไฟด์ในเดือนมีนาคมมีค่าสูงกว่าเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมกราคม และยังพบว่าในเดือนมกราคมมีปริมาณซัลไฟด์ต่ำจนไม่สามารถตรวจวัดปริมาณได้ (ภาพ 12)



ภาพ 12 ปริมาณซัลไฟด์ (S^{2-}) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556

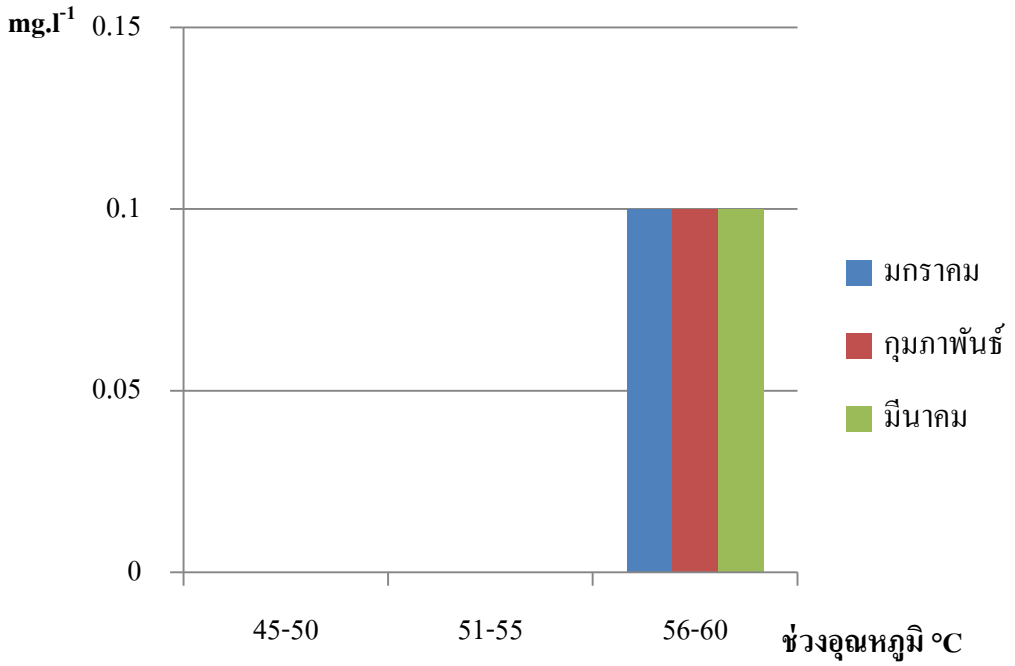
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ soluble reactive phosphorus (SRP) ไนเตรทไนโตรเจน และแอมโมเนียมไนโตรเจน พบว่าในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคมมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในเดือนมกราคมสามารถวัดปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนได้เท่านั้น ส่วนปริมาณสารอาหารอื่นไม่สามารถตรวจวัดได้ (ภาพ 13)

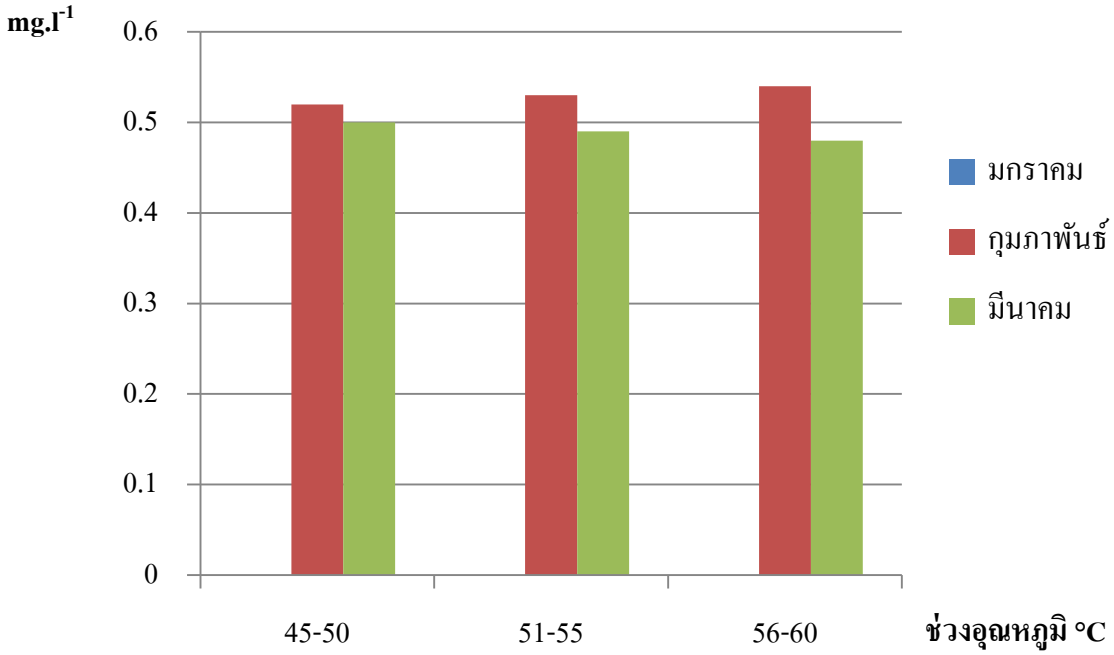


ภาพ 13 ปริมาณ soluble reactive phosphorus (SRP) ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 14 ปริมาณ ไนเตรทไนโตรเจน ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556



ภาพ 15 ปริมาณ แอมโมเนียมไนโตรเจน ของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45 – 60 °C ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อนำข้อมูลจำนวนชนิดของสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม มาวิเคราะห์วิธีทางสถิติด้วยวิธี Nonparametric Statistic ดังนี้ (ภาคผนวก)

4.1 การวิเคราะห์แบบ Kruskal Wallis Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนชนิดของสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิ พบว่าช่วงอุณหภูมิต่างๆ ของจุดเก็บตัวอย่าง มีจำนวนชนิดของสาหร่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% ค่า p เท่ากับ 0.033 ยกเว้นช่วงอุณหภูมิ 51-55 และ 56-60 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

4.2 การวิเคราะห์แบบ Friedman Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนชนิดของสาหร่ายในแต่ละเดือน พบว่าทุกช่วงอุณหภูมิในแต่ละเดือน จำนวนชนิดของสาหร่ายไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Correlation Analysis โดยวิธี Pearson ระหว่างช่วงอุณหภูมิ กับจำนวนชนิดสาหร่ายพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในเชิงลบ กล่าวคืออุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้จำนวนชนิดสาหร่ายลดลง และเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทางกายภาพ และเคมีอื่นๆ คือ pH , Conductivity , DO , ซัลไฟด์ , SRP , NO^-_3 และ NH_3 พบว่าจำนวนสาหร่ายมีความสัมพันธ์กับ pH , Conductivity , DO , ซัลไฟด์, SRP และ NO^-_3 ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยที่ชนิดของสาหร่ายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ pH , Conductivity และ DO และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ซัลไฟด์ , SRP และ NO^-_3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาชนิดและปริมาณสาหร่าย

จากการสำรวจชนิดและปริมาณสาหร่ายดังตาราง 1 และภาพ 3 พบว่าสาหร่ายที่พบในน้ำพุร้อนโป่งอาง คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินใน Division Cyanophyta สาหร่ายกลุ่มนี้จะปรับตัวให้ทนต่ออุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี จัดเป็นพวก polythermal organism (สระบุรี, 2523) อีกทั้งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีโครงสร้างของเซลล์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง เยื่อหุ้มเซลล์หนาและยังมีเมือกหุ้มอยู่ รวมทั้งมีไขมันจำนวนมาก และเอนไซม์ของสาหร่ายกลุ่มนี้สามารถทำงานได้ไม่เสียสภาพในช่วงอุณหภูมิสูงๆ (Stevenson *et al.* 1996 และ Dell 'Uomo, 1986) ซึ่งสาหร่ายที่พบมีทั้งหมด 5 ออเดอร์ 6 แฟมิลี 8 จีนัส 8 สปีชีส์ โดยสาหร่ายที่พบมากที่สุดอยู่ใน Family Oscillatoriaceae ซึ่งพบทุกช่วงอุณหภูมิ

เมื่อนำข้อมูลสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิ (45-60 ºC) มาวิเคราะห์พบว่า ช่วงอุณหภูมิ 45-50 ºC และ 51-55 ºC จะพบจำนวนชนิดสาหร่ายมากที่สุด คือ 7 และ 6 สปีชีส์ตามลำดับ และช่วงอุณหภูมิ 56-60 ºC จะพบจำนวนชนิดสาหร่ายน้อยที่สุดคือ 2 ชนิด แสดงให้เห็นว่าจำนวนชนิดสาหร่ายจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ โดยที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจำนวนชนิดสาหร่ายจะลดลง อุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนชนิดสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Round (1975) ซึ่งทำการสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อน On Sunda ประเทศอินโดนีเซีย พบชนิดสาหร่ายแตกต่างกันตามช่วงระดับอุณหภูมิ และจำนวนชนิดของสาหร่ายจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 45-55 ºC พบสาหร่าย 8 สปีชีส์ อุณหภูมิ 55-60 ºC พบสาหร่าย 5 สปีชีส์ และที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 ºC พบสาหร่ายเพียง 4 สปีชีส์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Brock (1987) ทำการศึกษาความหลากหลายของชนิด และจำนวนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินตามระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่าที่ช่วงอุณหภูมิ 30 - 35 ºC มีจำนวนและชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุดถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

90 สปีชีส์ ช่วงอุณหภูมิ 65 – 70 ºC และ 70 – 75 ºC พบชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินน้อยที่สุดเพียง 1 สปีชีส์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานของ Stevenson *et al.* (1996) ซึ่งกล่าวว่าความหลากหลายของสาหร่ายจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 ºC นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของ อุดมลักษณ์ (2544) ซึ่งทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบสาหร่ายทั้งหมด 48 จีนัส 78 สปีชีส์ สาหร่ายที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รองลงมาคือไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียวตามลำดับ และได้กล่าวไว้ว่าความหลากหลายของสาหร่ายที่พบมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของอุดมลักษณ์ ที่พบไดอะตอมด้วยนั้น อาจเนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน งานวิจัยของอุดมลักษณ์จะเก็บตัวอย่างที่เกาะอยู่ที่โขดหินด้วย แต่ในงานวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้เก็บตัวอย่างที่เกาะที่โขดหินทำให้ไม่พบไดอะตอม แสดงให้เห็นว่าวิธีการเก็บตัวอย่างมีผลต่อความหลากหลายของสาหร่ายด้วย

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่าย นอกจากระดับอุณหภูมิจะเป็นตัวกำหนดการกระจายของชนิดสาหร่ายแล้ว เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซัลไฟด์ ปริมาณสารอาหารได้แก่ SRP และ NO^{-}_{3} มีผลต่อจำนวนชนิดสาหร่าย โดยพบว่าค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดสาหร่ายในเชิงบวก โดยที่ค่าความเป็นกรด – ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง จำนวนชนิดของสาหร่ายก็จะลดลงตามไปด้วย ส่วนปริมาณซัลไฟด์ พบว่ามีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดของสาหร่ายในเชิงลบ โดยที่ปริมาณซัลไฟด์มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนชนิดของสาหร่ายลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุดมลักษณ์ (2544) ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน 9 แหล่ง ในเขตภาคเหนือตอนบน โดยพบว่าปริมาณซัลไฟด์นั้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนชนิดสาหร่าย กล่าวคือถ้าปริมาณซัลไฟด์ถ้าปริมาณซัลไฟด์มาก จำนวนชนิดของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dell'Uomo (1986) ทำการศึกษาไดอะตอมและสาหร่ายจากน้ำพุร้อน Triponzo เมืองเปรูเจีย ในตอนกลางของประเทศอิตาลี ซึ่งน้ำพุร้อนแห่งนี้มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ และซัลเฟอร์ในรูปคอลลอยด์มาก พบว่าไดอะตอมจะไวต่อปริมาณซัลไฟด์ที่ละลายในน้ำ อีกทั้งปริมาณซัลไฟด์ที่ละลายน้ำในปริมาณมากเป็นปัจจัยจำกัดของสาหร่ายบางชนิด ทำให้บริเวณที่มีปริมาณซัลไฟด์ที่ละลายน้ำมาก ส่งผลให้ความหลากหลายของสาหร่ายน้อยตามลงไปด้วย นอกจากนี้ Castenholz (1976) ศึกษาผลกระทบของซัลไฟด์ที่มีต่อสาหร่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำพุร้อน ประเทศนิวซีแลนด์ พบว่าความเข้มข้นของซัลไฟด์ที่ละลายในน้ำจะเป็นตัวกำหนดชนิดของสาหร่าย และมีผลต่อชนิดของสาหร่ายในน้ำพุร้อนค่อนข้างสูง

ส่วนการศึกษาปริมาณสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งได้แก่ SRP , NO_3^- , NH_3 พบว่าปริมาณ SRP , NO_3^- มีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดของสาหร่ายใน เชิงลบ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยที่เมื่อปริมาณ SRP , NO_3^- มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลให้จำนวนชนิดสาหร่ายลดลง ซึ่งโดยสภาพแหล่งน้ำทั่วไปแล้ว ชนิด และปริมาณของสาหร่ายจะแปรผันตามปริมาณสารอาหาร ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำนิ่ง หรือแหล่งน้ำไหล แต่ในระบบนิเวศแบบน้ำพุร้อนนี้มีความพิเศษกว่าแหล่งน้ำที่กล่าวมา โดยพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายของสาหร่ายจนทำให้ปริมาณสารอาหารไม่ค่อยมีผลต่อจำนวนชนิด และการเจริญของสาหร่ายมากเท่าใดนัก โดยพบว่าปริมาณสารอาหารที่มากหรือน้อยไม่ค่อยมีผลต่อจำนวนชนิดของสาหร่าย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Dell'Uomo ในปี 1986 ที่ทำการศึกษาไดอะตอม และสาหร่ายในน้ำพุร้อน Triponzo ในประเทศอิตาลี พบว่าในน้ำพุร้อนแห่งนี้มีปริมาณ NO_3^- และ PO_4^{3-} น้อยมาก แต่ก็ยังสามารถพบสาหร่ายได้หลายชนิด โดยเฉพาะพวกไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และจากการศึกษาของ Jha ในปี 1992 โดยศึกษาคุณภาพน้ำ และสาหร่ายในน้ำพุร้อน Suraj Kund และ Chandrama Kund ในประเทศอินเดีย พบว่าถึงแม้น้ำพุร้อนจะมีปริมาณ NO_3^- และ PO_4^{3-} น้อยมาก แต่ก็ยังพบสาหร่ายได้หลายชนิดโดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งจากการสำรวจความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนงานวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารอาหารที่มีค่ามากไม่จำเป็นที่จำนวนชนิดสาหร่ายจะมากตามไปด้วย ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายมากกว่าปัจจัยด้านอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ลักษณะของน้ำพุร้อน

จากการศึกษาลักษณะของน้ำพุร้อน ตลอดจนการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งประกอบด้วยบ่อน้ำร้อน 2 บ่อ และอีก 1 ลำธาร สามารถแบ่งอุณหภูมิของน้ำพุร้อนได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ 45 – 50, 51 – 55, และ 56 – 60 ºC โดยที่บ่อที่ 1 มีอุณหภูมิ 56 – 60 ºC บ่อที่ 2 มีอุณหภูมิ 51 – 55 ºC ในส่วนของลำธารนั้นมีอุณหภูมิ 45 – 50 ºC ซึ่งจากข้อมูลอุณหภูมิดังกล่าว น้ำพุร้อนโป่งอางเป็นแบบระบบน้ำพุร้อน (hot spring system) ตามการจำแนกของ อำนวย (2524)

เมื่อศึกษาทางด้านความเป็นกรด-ด่าง พบว่าน้ำพุร้อนโป่งอางมีสภาพความเป็นด่าง มีค่า pH ตั้งแต่ 8.1-8.8 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของกรมทรัพยากรธรณี (2529) และเกียรติศักดิ์และคณะ (2534) ซึ่งได้รายงานว่า น้ำพุร้อนในภาคเหนือมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกันมีค่า pH ค่อนข้างสูง (7-9) และจากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างนี้สามารถจัดจำแนกน้ำพุร้อนโป่งอางเป็นแบบ Alkaline spring ซึ่งสอดคล้องกับ Fogg *et al.* (1973)

ค่าการนำกระแสไฟฟ้า พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 577-657 ซึ่งมีค่าสูง สอดคล้องกับเกียรติศักดิ์และคณะ (2534) ได้รายงานว่าน้ำพุร้อนในเขตภาคเหนือมีค่าการนำไฟฟ้าสูง และสูงกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้าต่ำ แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น

ค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ (DO) จากผลการสำรวจพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิโดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณ DO จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Brock (1978) ได้รายงานว่าปริมาณ DO จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และยังสอดคล้องกับ สระบุรี (2523) อ้างถึง Lynch and Poole, (1979) รายงานว่า การละลายของออกซิเจนในน้ำพุร้อน ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำแปรผันตามอุณหภูมิกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิในน้ำสูงขึ้นปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อน

เมื่อศึกษาปริมาณซัลไฟด์และปริมาณสารอาหาร SRP , NO^-_3 และ NH_3 ในน้ำ พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงปริมาณ ซัลไฟด์และปริมาณสารอาหาร SRP , NO^-_3 และ NH_3 ก็จะมีปริมาณสูงไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ สระบุรี (2523) อ้างถึง Lynch and Poole, (1979) รายงานว่า ปริมาณซัลไฟด์และปริมาณสารอาหารในน้ำพุร้อนจะแปรผันตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิในน้ำสูง ปริมาณซัลไฟด์และปริมาณสารอาหารในน้ำจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิในน้ำลดลงปริมาณซัลไฟด์และปริมาณสารอาหารในน้ำก็จะลดลงตามไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 6
การจัดทำสื่อการสอน

ผลจากการวิจัยที่ได้จากการศึกษา เรื่องการสำรวจสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประโยชน์ทางการสอน ได้นำมาจัดทำสื่อการเป็นคู่มือประกอบกิจกรรมสอน เรื่อง การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน มีองค์ประกอบดังนี้

1. แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ
2. ความรู้เกี่ยวกับน้ำพุร้อน นิเวศวิทยาของน้ำพุร้อน และความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย
3. วิธีการสำรวจแหล่งน้ำพุร้อน
4. แบบบันทึกกิจกรรม
5. แบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 7 ข้อ

ซึ่งรายละมีดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คู่มือประกอบกิจกรรม

การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน

จัดทำโดย

นางสาวณัฐจีรา ขยัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรงเรียนบ้านห้วยจะค่าน ตชด. อนุสรณ์

อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3

คำนำ

สาหร่าย (algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดตั้งแต่เล็กมาก ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ไปจนถึงขนาดใหญ่ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก มีลักษณะเป็นทัลลัส (thallus) โดยทั่วไปแล้วมักอาศัยอยู่ในน้ำ สาหร่ายในน้ำพุร้อนจะมีโครงสร้างของเซลล์ที่มีลักษณะพิเศษโดยเยื่อหุ้มเซลล์มีลิปิดจำนวนมากซึ่งจะละลายกรดไขมันทำให้เยื่อหุ้มเซลล์คงตัวได้ แม้ว่าบางส่วนของเซลล์จะถูกทำลายไปก็ตาม แต่เซลล์ก็สามารถสร้างส่วนประกอบเหล่านั้นขึ้นมาทดแทนได้อย่างรวดเร็ว จัดได้ว่าสาหร่ายกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี

ส่วนใหญ่ของสาหร่ายในน้ำพุร้อนเป็นพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งบางชนิดสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม โดยมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ สารปฏิชีวนะ นอกจากนี้ได้มีการนำเอาสาหร่ายในน้ำพุร้อนนี้มาใช้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาถึงชนิดที่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยปรับปรุงสภาพสิ่งแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น

ณัฐจีรา ขยัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

แบบทดสอบก่อนเรียน	1
ความรู้เกี่ยวกับน้ำพุร้อน	3
นิเวศวิทยาของน้ำพุร้อน	5
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย	7
วิธีการสำรวจแหล่งน้ำพุร้อน	8
แบบบันทึกกิจกรรม	15
แบบทดสอบหลังเรียน	16
แบบสอบถามความพึงพอใจ	20
เอกสารอ้างอิง	21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับน้ำพุร้อน

ก. เป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพ

ข. เป็นแหล่งพลังงานพื้นพิภพ

ค. เป็นแหล่งพลังงานบนพิภพ

ง. เป็นแหล่งพลังงานเหนือพิภพ

2. แหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทยแบ่งเป็นกี่ระบบ

ก. 2 ระบบ

ข. 3 ระบบ

ค. 4 ระบบ

ง. 5 ระบบ

3. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศน้ำพุร้อน

ก. ปัจจัยทางกายภาพ (physical facter)

ข. ปัจจัยทางเคมี (chemical facter)

ค. ปัจจัยทางชีวภาพ (biological facter)

ง. ปัจจัยทางอุณหภูมิ (temperature facter)

4. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยทางกายภาพของระบบนิเวศน้ำพุร้อน

ก. แสงสว่าง

ข. อุณหภูมิ

ค. ความใสและความขุ่นของน้ำ

ง. ความเป็นกรดด่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายในน้ำพุร้อน คือข้อใด

ก. 53 ºC

ข. 54 ºC

ค. 55 ºC

ง. 56 ºC

6. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศน้ำพุร้อน

ก. ความเข้มข้นของแสงสว่างจะมีผลต่อผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary producer)

ข. น้ำพุร้อนที่เป็นกรดแก่จะกำจัดการกระจายของสิ่งมีชีวิต

ค. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะต่ำ

ง. น้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นของอินทรีย์สารสูง

7. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการดำรงชีวิตของสาหร่ายในน้ำพุร้อน

ก. ดำรงชีวิตแบบ autotrophic

ข. จะดำรงชีวิตแบบ heterotrophic

ค. สาหร่ายที่มีคลอโรฟิลล์จึงดำรงชีวิตแบบ heterotrophic ส่วนพวกที่ไม่มีคลอโรฟิลล์จะดำรงชีวิตแบบ autotrophic

ง. สาหร่ายที่มีคลอโรฟิลล์จึงดำรงชีวิตแบบ autotrophic ส่วนพวกที่ไม่มีคลอโรฟิลล์จะดำรงชีวิตแบบ heterotrophic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจัดอยู่ใน Division ใด

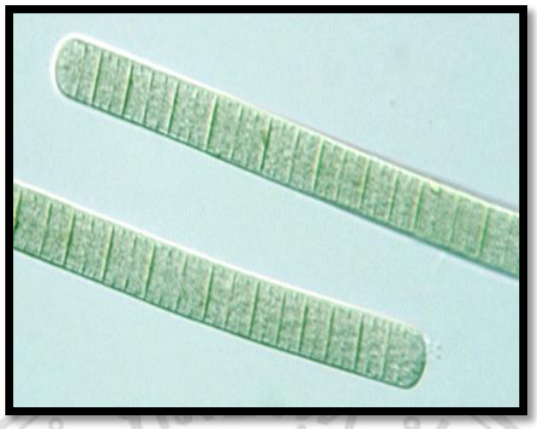
ก. Cyanophyta

ข. Chlorophyta

ค. Charophyta

ง. Phaeophyta

9. สาหร่ายในรูปคือ



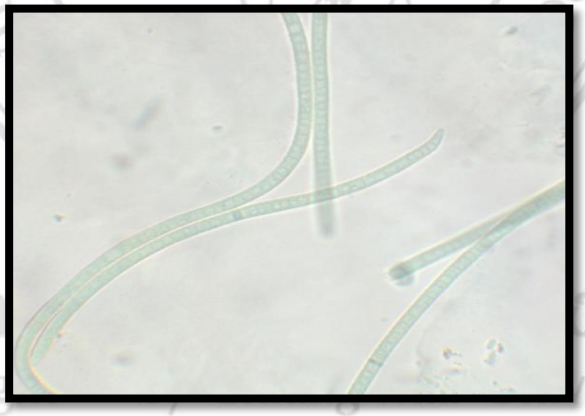
ก. *Chroococcus sp.*

ข. *Nostoc* sp.

ค. *Oscillatoria sp*

ง. *Phormidium* sp.

10. สาหร่ายในรูปคือ



ก. *Chroococcus sp.*

ข. *Nostoc* sp.

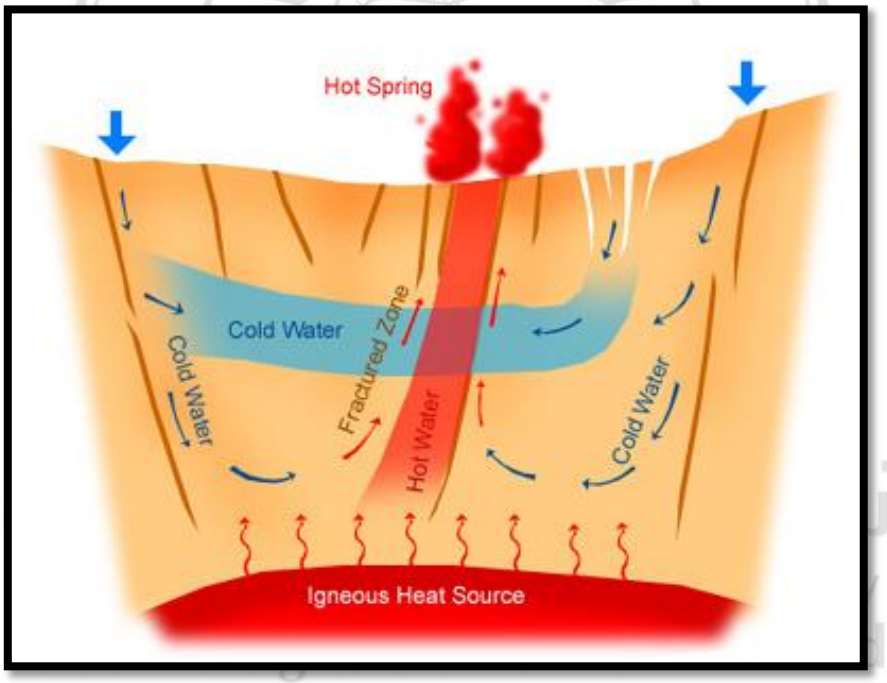
ค. *Oscillatoria sp*

ง. *Phormidium* sp.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความรู้เกี่ยวกับน้ำพุร้อน

น้ำพุร้อน (hot spring) เป็นแหล่งพลังงานใต้พิภพที่สำคัญ ซึ่งในการสำรวจน้ำพุร้อนบริเวณ ซึ่งปัจจุบันสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์มากมาย ในประเทศไทยมีแหล่งน้ำพุร้อนจำนวนมากและบริเวณที่มีน้ำพุร้อนมากที่สุดคือบริเวณภาคเหนือ จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี (2530) รายงานว่าแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในภาคเหนือบางแห่งเกิดในบริเวณที่หินเกิดรอยเลื่อนและรอยแตกซึ่งมีขนาดใหญ่และมีการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการแผ่ความร้อนระหว่างรอยเลื่อนและรอยแตกของหิน จากนั้นเกิดการถ่ายเทความร้อนของหินหนืดร้อนใต้ผิวโลก ไปยังน้ำเย็นจากผิวดินซึ่งไหลซึมลงไปใต้ผิวโลก ทำให้น้ำเย็นเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำร้อนแล้วพุ่งขึ้นมาตามรอยแตก และรอยเลื่อนของหิน มักจะเกิดในบริเวณที่น้ำจะต้องไหลออกมาตามธรรมชาติ (ภาพ 1)



ภาพ 1 การเกิดน้ำพุร้อน ต้นกำเนิดน้ำร้อน และต้นกำเนิดความร้อน

พลังงานความร้อนใต้พิภพตามลักษณะทางธรณีวิทยาและการนำมาใช้แบ่งออกออกเป็น 3 ระบบ

1. ระบบไอน้ำและน้ำร้อน (hydrothermal convection system) เกิดเนื่องจากน้ำฝนไหลซึมผ่านชั้นดินและหินลงสู่ใต้ผิวโลก และได้รับการถ่ายเทความร้อนจากหินร้อนข้างใต้ ทำให้น้ำมี

อุณหภูมิและความดันสูงขึ้น แทรกผ่านรอยแตกของหินซึมสู่ผิวดินโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 100-200 ºC

2. ระบบหินร้อน (hot dry rock system) เป็นระบบที่ใช้หินร้อนที่มีเนื้อแน่นไม่เป็นรูพรุนเป็นแหล่งให้พลังงาน โดยการสร้างรอยแตกหรือขุดเจาะเป็นหลุมลึก 2-3 กิโลเมตร แล้วอัดฉีดน้ำเย็นลงไปเพื่อนำเอาไอน้ำร้อนที่ได้มาใช้ประโยชน์

3. ระบบความดันธรณี (geopressured system) เป็นระบบที่แหล่งพลังงานความร้อนอยู่ใต้ชั้นหินหนาที่มีแรงกดดันสูง ทำให้น้ำในแหล่งกักเก็บข้างใต้ชั้นหินหนามีอุณหภูมิสูงถึง 273 ºC และมีความดัน 11,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ที่ความลึก 5,858 เมตร

แหล่งน้ำพุร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบแรก คือ ระบบน้ำพุร้อน (hot spring system) อุณหภูมิของน้ำพุอยู่ระหว่าง 50-100 ºC และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างสูง ระบบที่ 2 คือระบบน้ำพุอุ่น (worm spring system) คือระบบที่อุณหภูมิของน้ำพุร้อนต่ำกว่า 50 ºC และมีปริมาณสารละลายค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับระบบแรก ระบบสุดท้ายคือระบบน้ำพุร้อนไกเซอร์ (Geyser) คือระบบน้ำพุร้อนที่มีอุณหภูมิและแรงดันสูงมาก น้ำพุร้อนจะพุ่งขึ้นเหนือระดับพื้นดินตลอดเวลา หรือเป็นครั้งคราว

นิเวศวิทยาของน้ำพุร้อน

เนื่องจากบริเวณที่เป็นน้ำพุร้อนจะมีการไหลของน้ำพุร้อนไปยังลำธาร คลอง ทำให้มีระดับความร้อนแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจึงมีการปรับตัว (adaptation) ให้สามารถอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงๆ สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่สามารถเจริญได้ในน้ำพุร้อนซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามระดับของอุณหภูมิและปัจจัยด้านต่างๆ ดังแผนภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นิเวศวิทยาของน้ำพุร้อน
ปัจจัยทางกายภาพ (physical facter)
แสงสว่าง ความเข้มข้นของแสงสว่างจะมีผลต่อผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary producer)
อุณหภูมิ อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายในน้ำพุร้อนคือ54 ºC
ความเป็นกรดด่าง (pH) สภาพของน้ำพุร้อนจะมีการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้กลายเป็นกรดกำมะถัน น้ำพุร้อนที่เป็นกรดแก่จะกำจัดการกระจายของสิ่งมีชีวิต
ปัจจัยทางเคมี (chemical facter)
การละลายของออกซิเจนในน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำจะต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อชนิดและจำนวนของสิ่งมีชีวิตในน้ำพุร้อน
ความเข้มข้นของอินทรีย์สาร น้ำพุร้อนส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นของอินทรีย์สารต่ำจึงเป็นปัจจัยจำกัดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญแต่มีผลต่อสาหร่ายน้อย
ปัจจัยทางชีวภาพ (biological facter)
การสมดุลทางชีวภาพ ในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่จะมีความสมดุลของมวลชีวภาพเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการแทนที่ของสิ่งมีชีวิตอยู่เสมอ จึงทำให้สิ่งมีชีวิตอยู่ในสภาวะคงตัว
การถ่ายทอดพลังงาน ในน้ำพุร้อนขนาดใหญ่ ห่วงโซ่อาหารจะประกอบด้วยผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลายเช่นเดียวกับระบบนิเวศทั่วไป โดยส่วนใหญ่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเป็นผู้ผลิต

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย

สาหร่าย (algae) เป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งที่มีลักษณะโครงสร้างแบบง่ายๆ คือ ประกอบด้วยเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ แต่การจัดเรียงตัวของเซลล์ไม่ซับซ้อน ไม่มีเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เฉพาะจึงไม่มีท่อลำเลียงสาร ไม่มีราก ลำต้น และใบที่แท้จริง สาหร่ายมีรงควัตถุสำหรับสังเคราะห์แสงจึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ สาหร่ายส่วนใหญ่มีคลอโรฟิลล์จึงดำรงชีวิตแบบ autotrophic ส่วนพวกที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ก็จะดำรงชีวิตแบบ heterotrophic ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพและสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่

สาหร่ายทนร้อนมักเจริญอยู่ในบริเวณน้ำพุร้อนซึ่งมีการไหลของน้ำพุร้อนไปยังลำธารคลอง ทำให้มีระดับความร้อนแตกต่างกัน ปัจจัยต่างๆ ก็ย่อมแตกต่างกันไปด้วยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำพุร้อนจึงมีการปรับตัว (adaptation) ให้สามารถอยู่ในอุณหภูมิสูงๆ ได้ รวมทั้งสาหร่ายเหล่านี้ด้วย ซึ่งแต่ละชนิดจะเจริญได้ในระดับของอุณหภูมิที่ต่างกัน และแต่ละชนิดย่อมมีความทนต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในปริมาณไม่เท่ากัน

การที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถเจริญได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) ปัจจัยทางเคมี (chemical factor) และปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) ตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการสำรวจแหล่งน้ำพุร้อน

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการศึกษาคุณภาพน้ำ และสาหร่าย

1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ

ขวดพอลิเอธิลีนหรือขวดแก้วอย่างหนา

กระบวย หรือขันตักน้ำ

ช้อน

คีมคีบ (Forceps)

ภาชนะที่มีฝาปิด และทนความร้อน

ถุงพลาสติก และยางรัด

1.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

เทอร์โมมิเตอร์

กระดาษวัดความเป็นกรดด่าง (pH paper)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 อุปกรณ์ศึกษาชนิด และปริมาณสาหร่าย

กล้องจุลทรรศน์

สไลด์ และกระจกปิดสไลด์

2. ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการของน้ำพุร้อน

2.1 ศึกษาลักษณะของแหล่งน้ำ และท้องน้ำ

2.2 วัดอุณหภูมิของน้ำและอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

2.3 วัดความเป็น กรด-ด่าง ของน้ำ โดยใช้ กระดาษวัดความเป็นกรดด่าง (pH paper)

3, เก็บตัวอย่างสาหร่ายมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ

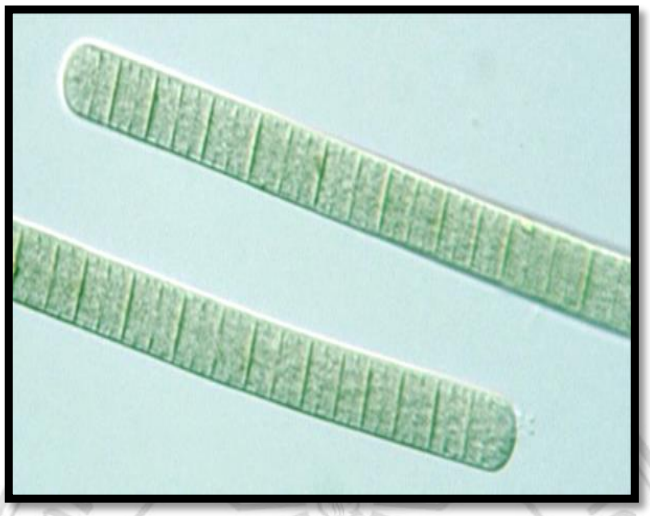
3.1 สาหร่ายที่อยู่บริเวณท้องน้ำหรือผิวน้ำ ค่อยๆ เอาช้อนตักที่ผิว ใส่ในภาชนะที่ทนความร้อน

3.2 สาหร่ายขนาดใหญ่ หรือสาหร่ายพวกเส้นสาย โดยเก็บสาหร่ายที่เกาะอยู่บน substrate ต่างๆ ใส่ในถุงพลาสติก หรือภาชนะที่ทนความร้อน

3.3 นำสาหร่ายมาวิเคราะห์จำแนกชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์

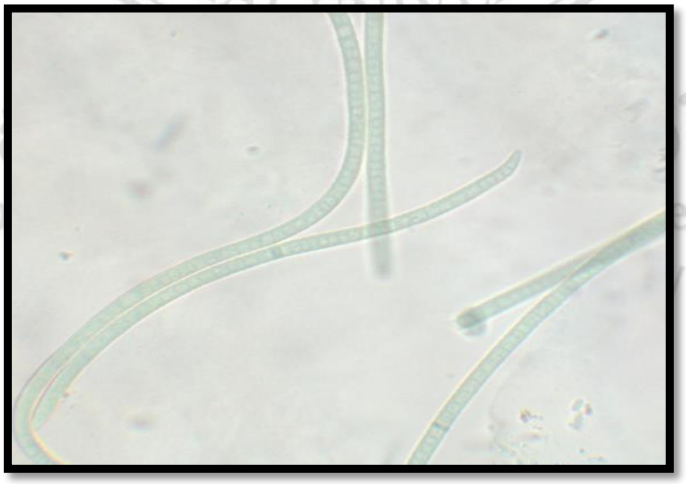
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Oscillatoriaceae จีนัส *Oscilltoria*



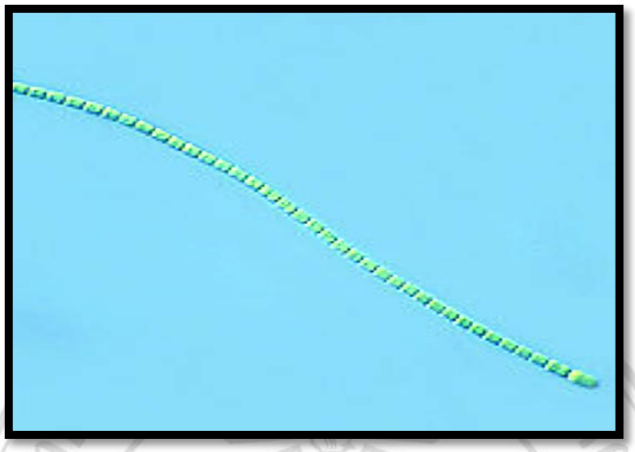
ลักษณะสำคัญ เส้นสายซึ่งประกอบด้วยเซลล์มาเรียงกันเรียกว่าตรัยโคม รูปร่างทรงกระบอกเหยียดตรงหรือเป็นเกลียวเล็กน้อย โดยปกติแล้ว ตรัยโคมไม่มีเมือกหุ้ม เส้นสายจำสร้างโฮโมโกเนียในการสืบพันธุ์ ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์และอะคินีท เซลล์มีรูปร่างคล้ายเหรียญ เส้นสายมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Oscillatoriaceae จีนัส *Phormidium*



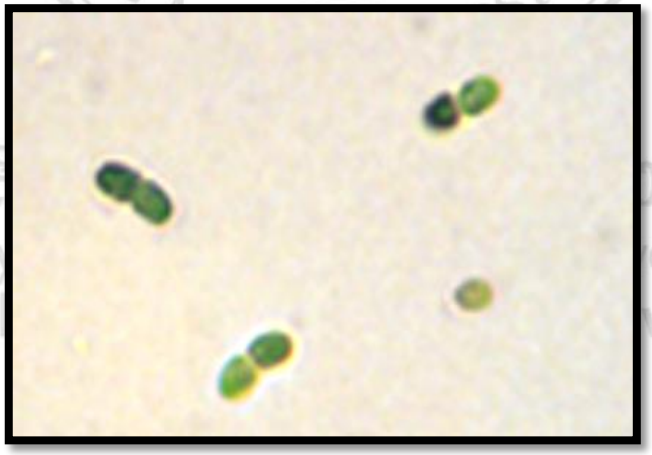
ลักษณะสำคัญ ตรัยโคมรูปทรงกระบอก เหยียดตรงหรือเป็นเกลียวเล็กน้อย โดยปกติแล้วตรัยโคมไม่มีชีทหุ้ม บางชนิดอาจมีเมือกนุ่มหุ้ม เส้นสายจะสร้างโฮโมโกเนียในการสืบพันธุ์ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์และอะคินีท เส้นสายสามารถเคลื่อนที่ได้

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Pseudanabaenaceae จีนัส *Pseudanabaena*



ลักษณะสำคัญ เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอกต่อกันเป็นเส้นสาย ปลายเส้นสายมีรูปร่างมน มีแก๊สแวคิวโอลภายในตรัยโคม ไม่มีเมือกหุ้ม ตรัยโคมไม่มีการแตกแขนง บางครั้งผนังเซลล์มีการคอดเว้าบริเวณรอยต่อของเซลล์

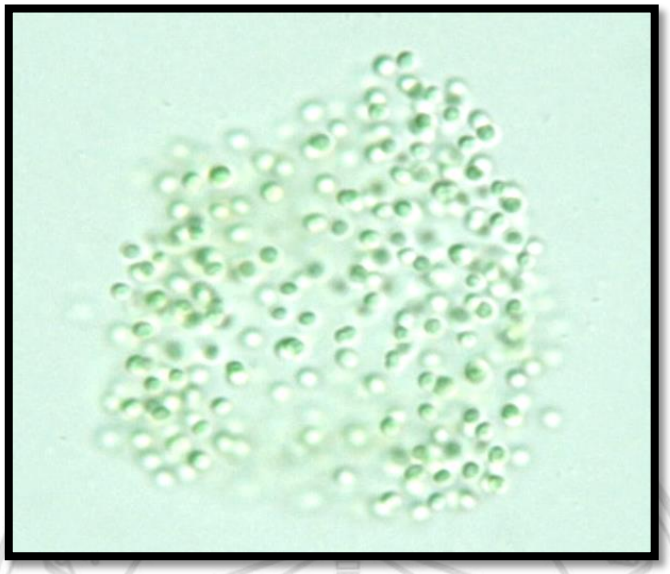
ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Synechococcaceae จีนัส *Synechococus*



ลักษณะสำคัญ เซลล์อยู่แบบเดี่ยวหรืออยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม มีรูปร่างเป็นแท่งตรงหรือโค้งงอเล็กน้อย ไม่มีเมือกหุ้ม หรือเมือกมีลักษณะบางไม่มีสี

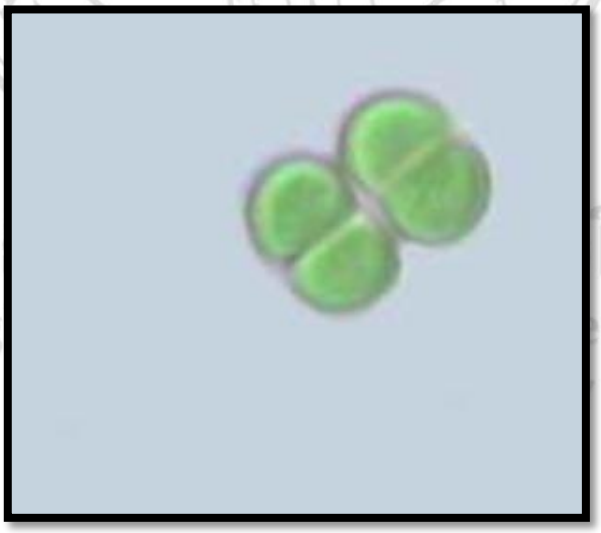
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Chroococcaceae จีนัส *Aphanocapsa*



ลักษณะสำคัญ กลุ่มเซลล์มีเมือกหุ้มประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากจัดเรียงกันด้วยจำนวนไม่แน่นอน เซลล์มีรูปร่างกลมหรือครึ่งวงกลมโดยมีการแบ่งเซลล์ในแนวตั้งฉากกับเซลล์แม่

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Chroococcaceae จีนัส *Chroococcus*



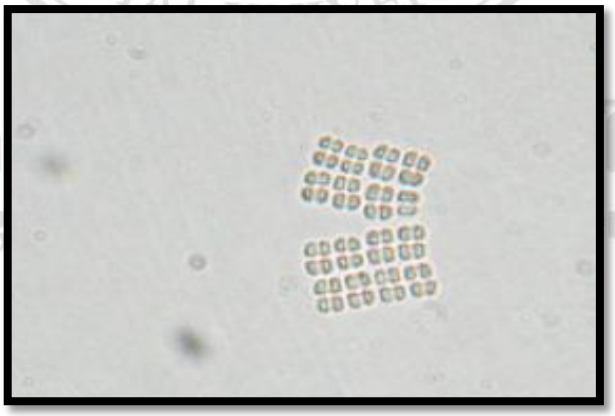
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะสำคัญ กลุ่มเซลล์รูปร่างกลมหรือรีประกอบด้วย 2 – 16 เซลล์หรือมากกว่านี้ แต่ละเซลล์มีเมือกหุ้มอย่างชัดเจน ไม่ค่อยพบอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ บางครั้งกลุ่มเซลล์ประกอบด้วยจำนวนเซลล์ที่เป็นเลขคี่เมื่อเซลล์ลูกที่อยู่เป็นคู่เซลล์ใดเซลล์หนึ่งแบ่งตัวก่อนเซลล์อื่นๆ เซลล์มีรูปร่างครึ่งวงกลมขณะเกิดการแบ่งตัวในลักษณะ 3 ระนาบ ในแต่ละรุ่นของการแบ่งตัว

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Nostocaceae จีนัส *Nostoc*

ลักษณะสำคัญ กลุ่มเซลล์เป็นเมืองหรือวุ้น เมื่ออายุน้อยรูปร่างกลม หรือรูปร่างไม่แน่นอน แต่เมื่ออายุมากขึ้น กลุ่มเซลล์จะเปลี่ยนไป อาจตันหรือกลวง ในกลุ่มเซลล์ประกอบด้วยตรัยโคมฝังอยู่ในเมือกมากมาย เส้นสายโค้งและพันกัน เซลล์และอะคินีทรูปร่างกลม คล้ายถังเบียร์หรือทรงกระบอก พบเฮเทอโรซิสต์และอะคินีท ระหว่างเส้นสาย

ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี Merismopediaceae จีนัส *Merismopedia*



ลักษณะสำคัญ กลุ่มเซลล์มีลักษณะเป็นแผ่นแบนโดยมีเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรี จำนวนตั้งแต่ 4 – 16 เซลล์ หรือมากกว่าฝังอยู่ในเมือก ก่อนการแบ่งเซลล์ เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ หลังจากแบ่งเซลล์ เซลล์จะมีลักษณะค่อนข้างกลมหรือครึ่งวงกลม มีการแบ่งเซลล์ในสองทิศทางโดยตั้งฉากกับระนาบของกลุ่มเซลล์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

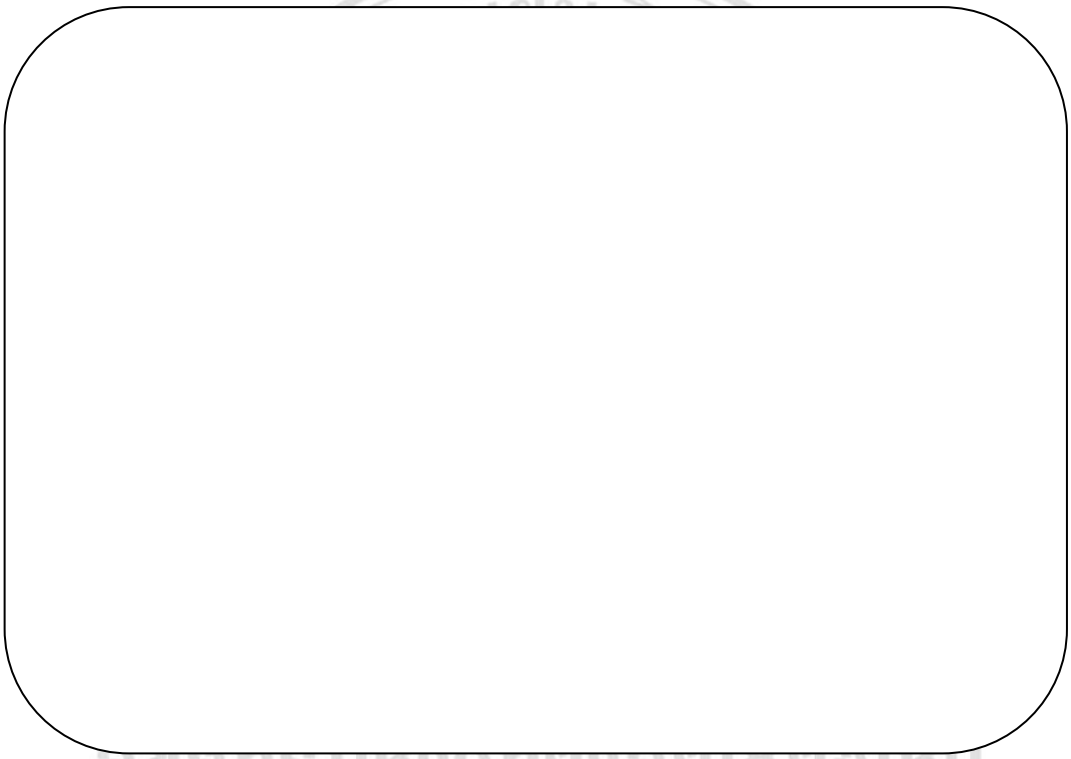
แบบบันทึกกิจกรรม

คุณภาพน้ำ อุณหภูมิ.....ความเป็นกรด – ด่าง.....

ดิวิชัน.....

แฟมิลี.....

จีนัส.....



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะสำคัญ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ชื่อ……..……..สกุล……...…..……ชั้น……..…..เลขที่……..

วันที่……..เดือน……..……พ.ศ……

คำชี้แจง จงเขียนเครื่องหมาย (×) ลงในช่องว่างให้ตรงกับคำตอบที่ถูกต้อง

ก่อนเรียน				
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

หลังเรียน				
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้คู่มือ

ประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน

<u>คำชี้แจง</u> อ่านและพิจารณาข้อความในแต่ละข้อ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องทางขวามือของนักเรียนที่ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน เพียงคำตอบเดียว โดยมีเกณฑ์ให้เลือกตอบดังนี้

5 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

4 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มาก

3 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ มากปานกลาง

2 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ น้อย

1 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. การทำกิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มมากขึ้น					
2. นักเรียนมีความสุขกับการทำกิจกรรมนี้					
3. กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์					
4. กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
5. กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีการฝึกคิดวิเคราะห์					
6. นักเรียนอยากให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบการทำกิจกรรมอีก					
7. นักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมต่อกิจกรรมนี้เพียงใด					

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. บ่อน้ำร้อนโป่งอาง (Hot Spring Bath) – ผาแดง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://park.dnp.go.th/visitor/scenicshow.php?id=451. (วันที่ค้นข้อมูล : 16 กรฎาคม 2555).

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

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2548. สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. หนังสือประกอบการสอนสาหร่ายวิทยา, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ค่าทางสถิติ	คะแนนการทำแบบทดสอบ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	2.71	8.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	1.39	1.85

จากตาราง พบว่าคะแนนแบบทดสอบทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 2.71 และหลังเรียนเท่ากับ 8.00 แสดงให้เห็นว่าคู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนทำให้คะแนนทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนโดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยจะใช้เกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

4.51 – 5.00 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.51 – 4.50 มีระดับความพึงพอใจมาก

2.51 – 3.50 มีระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.51 – 2.50 มีระดับความพึงพอใจน้อย

1.00 – 1.50 มีระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	($\bar{X}$)	S.D.	การแปลความหมาย
1. การทำกิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มมากขึ้น	4.29	0.49	พึงพอใจมาก
2. นักเรียนมีความสุขกับการทำกิจกรรมนี้	4.57	0.53	พึงพอใจมากที่สุด
3. กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์	4.29	0.49	พึงพอใจมาก
4. กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	3.86	0.69	พึงพอใจมาก
5. กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีการฝึกคิดวิเคราะห์	3.71	0.76	พึงพอใจมาก
6. นักเรียนอยากให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบการทำกิจกรรมอีก	4.43	0.53	พึงพอใจมาก
7. นักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมต่อกิจกรรมนี้เพียงใด	4.29	0.49	พึงพอใจมาก
ความพึงพอใจรวมทุกด้าน	4.20	0.57	พึงพอใจมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง แสดงระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนโดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 แสดงว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ต่อคู่มือประกอบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนโป่งอาง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือน มกราคม 2556 ถึง เดือนมีนาคม 2556 ประกอบด้วยบ่อน้ำร้อน 2 บ่อ และ 1 ลำธาร แบ่งจุดเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 ช่วงอุณหภูมิ คือ 45 – 50, 51 – 55, และ 56 – 60 ºC พบสาหร่ายทั้งหมด 1 ดิวิชัน 5 ออเดอร์ 6 แฟมิลี 8 จีนัส 8 สปีชีส์ ซึ่งสาหร่ายทั้งหมดเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน(Division Cyanophyta) โดยสาหร่ายที่พบมากคือ *Oscillatoria* sp. และ *Phormidium* sp. ใน Family Oscillatoriaceae ซึ่งพบทุกช่วงอุณหภูมิ เมื่อนำข้อมูลสาหร่ายในแต่ละช่วงอุณหภูมิ (45-60 ºC) มาวิเคราะห์พบว่า ช่วงอุณหภูมิ 45-50 ºC และ 51-55 ºC จะพบจำนวนชนิดสาหร่ายมากที่สุด คือ 8 และ 7 สปีชีส์ตามลำดับ และช่วงอุณหภูมิ 56-60 ºC จะพบจำนวนชนิดสาหร่ายน้อยที่สุดคือ 2 สปีชีส์

แหล่งน้ำพุร้อนโป่งอางที่ทำการศึกษาเป็นระบบน้ำพุร้อน (hot spring system) แบบ Alkaline spring เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนชนิดสาหร่ายที่พบตามช่วงระดับอุณหภูมิ พบว่ามีความสัมพันธ์กัน โดยพบว่าอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดการกระจายชนิดสาหร่าย นอกจากนั้นปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการ คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และปริมาณซัลไฟด์ โดยความหลากหลายของสาหร่ายที่พบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิและปริมาณซัลไฟด์ที่พบในน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ทางการสอนได้นำการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในรายวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจัดทำเป็นคู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อน พบว่าคู่มือประกอบกิจกรรมทำให้คะแนนทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงขึ้น และระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนโดยใช้คู่มือประกอบกิจกรรมการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำพุร้อนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความพึงพอใจในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

กาญจภาชน์ ลิ่มมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร.

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

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

กรมทรัพยากรธรณี. 2529. การสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพทางภาคเหนือของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์. โครงการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ.

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

กรมอนามัย, 2534. เกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคในชนบท : กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข.

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. บ่อน้ำร้อน โป่งอาง (Hot Spring Bath) – ผาแดง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://park.dnp.go.th/visitor/scenicshow.php?id=451. (วันที่ค้นข้อมูล : 16 กรฎาคม 2555).

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

ประวิทย์ พิทักษ์วาปี. 2533. นิเวศวิทยาของสหร่ายบริเวณน้ำพุร้อนบ้านโป่งฮ่อม อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2548. สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. โชตนาพริ้นท์ จำกัด เชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิรัชนีย์ ภูษิตวิทย์. 2534. การศึกษาชนิดและชีววิทยาของสาหร่ายในน้ำพุร้อน อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

สมภพ อินทสุวรรณ. 2525. สาหร่ายในทะเลสาบสงขลาบริเวณทะเลน้อยและทะเลหลวง. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา.

อักษร ศรีเปล่ง. 2529. สาหร่าย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

อุดมลักษณ์ สมพงษ์. 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำพุร้อนบางแหล่งในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อำนวย เทียนประเสริฐ. 2524. การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีที่แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน วารสารกรมทรัพยากรธรณี 3 (สิงหาคม) หน้า 152 – 166.

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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., Komarek J. 1990. Modern approach to the classification system of cyanobacteria 5. Stigonematales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 59, 1 – 73.

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

APHA, AWWA and WPCF. 1998. 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. Springger – 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.

Cambell, L.L. and Pace, B. 1968. Physiology of growth at high tenperatures. 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 Spring, I. New Zealand and Zealand and Iceland. Phycol., 12, 54 – 68.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Chapman, V.J. 1989. and Chapman, D.J. 1973. The Macmillan press Ltd. London.

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

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

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

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

Fogg, N. 1971. Freshwater Diatoms in Thailand. Odense Pubisher, Lehre.

Fogg, G.E., Stewart, W.D.P., Fay, P. and 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. and Komada T. 1994. Isolation and Cultivation of Thermophilic Cyanobacteria from Hot Spring of Northern Thailand. Journal of Fermentation and Bioengineering, 78(2), 179 – 181.

Hefley, G. 2000. Algae to the Rescue of Power Plants, In Cosmiverse Online. Available : http://www.cosmiverse.com/science 080302.html [2013, Feb. 27].

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.

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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. Halfte, E. Schweizerbart, sche Verlags Buch Handlung, Stuttgart.

Jha, M. 1992. Hydrobiology Studies Suraj Kund and Chandrama Kund, Hot Springs of Rajir, Bihar, India. Int. –Rev. –Gesamt. –Hydrobiol, 77(3), 435 – 345.

Komarek, J. and Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanobacterai 4. Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl., 56, 247 – 345.

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

Kovaacik, L. 1988. Cell division in sinple coccal cyanophytes. Arch. Hidrobiol. Suppl., 80(1 – 4), 149 – 190.

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.

Lynch J.M. and 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.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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

Robert, 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.

Ramingwong, T., Patanasthien B., Wattananikorn K., Tantisukrit C., Lerthusnee S., Thanasuthipitak T. and Pitragool S. 1980. Geothermal Resources of Northern Thailand: San Kampaeng, Fang and Mae Chan Geological Science and Department of Physics, Faculty of Science, Chiang Mai University

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.

Smith, G.M. 1950. The Fresh-water Algae of the United States. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.

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

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

Wetzel, R.E. 2001. Limnology. Saunders College Pubishing. Philadelphia.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพุร้อนโป่งอาง ในช่วงอุณหภูมิ 45-60 ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	pH			Conductivity ($\mu s.cm^{-1}$)			DO ($mg.l^{-1}$)			S^{2-} ($mg.l^{-1}$)		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
45 – 50	8.2	8.8	8.4	577	626	657	5	4	3	0	0.010	0.014
51 – 55	8.2	8.6	8.3	594	611	653	4.8	3.6	2.6	0	0.014	0.020
56 - 60	8.1	8.5	8.3	597	601	649	3	3.4	2	0	0.016	0.022

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	SRP ($mg.l^{-1}$)			NO^{-}_{3} ($mg.l^{-1}$)			NH^{+}_{4} ($mg.l^{-1}$)		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
45 – 50	0	0.070	0.120	0	0	0	0	0.520	0.500
51 – 55	0	0.140	0.120	0	0	0	0	0.530	0.490
56 - 60	0	0.330	0.140	0.100	0.100	0.100	0	0.540	0.480

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามช่วงอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับฤดูกาล โดยใช้ Non parametric Statistic โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Kruskal Wallis Test

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	temp	N	Mean Rank
algea	1	3	7.67
	2	3	5.33
	3	3	2.00
	Total	9	

Test Statistics[a,b]

	algea
Chi-Square	6.830
df	2
Asymp. Sig.	.033

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: temp

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนชนิดของสาหร่ายเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละเดือน โดยใช้ Non parametric Statistic โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Friedman Test

Friedman Test

Ranks

	Mean Rank
m1	2.83
m2	2.17
m3	1.00

Test Statistics[a]

N	3
Chi-Square	5.636
df	2
Asymp. Sig.	.060

a. Friedman Test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายตามระดับช่วงอุณหภูมิ โดยหาความสัมพันธ์ Correlations Analysis

Correlations

		temp	algae
temp	Pearson Correlation	1	-.945
	Sig. (2-tailed)		.212
	N	3	3
algae	Pearson Correlation	-.945	1
	Sig. (2-tailed)	.212	
	N	3	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ข้อมูลชนิดสาหร่ายเปรียบเทียบกับปัจจัยทางกายภาพ และเคมีที่ทำการศึกษา โดยหาความสัมพันธ์แบบ Correlation Analysis

Correlations

		pH	algae
pH	Pearson Correlation	1	.945
	Sig. (2-tailed)		.212
	N	3	3
algae	Pearson Correlation	.945	1
	Sig. (2-tailed)	.212	
	N	3	3

Correlations

		conduc	algae
conduc	Pearson Correlation	1	.999*
	Sig. (2-tailed)		.024
	N	3	3
algae	Pearson Correlation	.999*	1
	Sig. (2-tailed)	.024	
	N	3	3

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University
All rights reserved

Correlations

		DO	algae
DO	Pearson Correlation	1	.999*
	Sig. (2-tailed)		.033
	N	3	3
algae	Pearson Correlation	.999*	1
	Sig. (2-tailed)	.033	
	N	3	3

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

Correlations

		sulfied	algae
sulfied	Pearson Correlation	1	-.901
	Sig. (2-tailed)		.285
	N	3	3
algae	Pearson Correlation	-.901	1
	Sig. (2-tailed)	.285	
	N	3	3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University
All rights reserved

Correlations

		SRP	algae
SRP	Pearson Correlation	1	-.998*
	Sig. (2-tailed)		.037
	N	3	3
algae	Pearson Correlation	-.998*	1
	Sig. (2-tailed)	.037	
	N	3	3

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้ว เครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 380 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 425 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 425 nm เครื่องมือจะแสดง mg/l NNH_3Ness

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษ GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ cuvette 2 อัน อันแรกใส่ NitraVer 5 Nitrate Powder Pillow อีกอันหนึ่งเอาไว้เปรียบเทียบไม่ต้องเติมสารใดๆ

2. เปิดเครื่อง spectrophotometer DR/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 355 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 500 nm

ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 500 nm เครื่องมือจะแสดง mg/l N NO_3^-

3. ใส่ NitraVer 5 Nitrate Powder 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^-

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่ไม่ได้เติมสารใดๆ ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิท แล้วกด ZERO เครื่องมือจะแสดง WAIT และ 0.00 mg/l N NO_3^- ให้เปลี่ยน cuvette ที่ใส่ NitraVer 5 Nitrate Powder Pillow เข้าไปกด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณไนเตรทได้ในช่วง 0.00-3.00 mg/l N NO_3^-

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณ Soluble reactive phosphorus (SRP)

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

2. เปิดเครื่อง spectrophotometer DR/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้ว เครื่องมือจะแสดง Method ให้กด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 890 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 890 nm เครื่องมือจะแสดง mg/l P PO_4^{3-}

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

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 การวิเคราะห์ประมาณซัลไฟด์

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

2. เปิดเครื่อง spectrophotometer DR/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้ว เครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 690 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 665 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 665 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l S S^{2-}

3. ใส่ sulfide 1 reagent ลงใน cuvette เขย่าเบาๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกันหลังจากนั้นใส่ sulfide 1 reagent 1 ml เขย่าเบาๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกัน กด SHIFT TIMER แล้วเขย่า cuvette เมื่อครบ 5 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือน

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

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (APHA,1998)

2.1 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยวิธี Azide modification

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

2. เก็บน้ำตัวอย่างด้วยขวด DO ที่ระดับความลึก 30 cm. โยไม่ให้มีฟองอากาศ และปิดฝาขวดให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ

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 con.H_2SO_4 1 ml ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. นำสารละลายจากข้อ 5 มา 100 ml. ไตเตรทด้วย $Na_2S_2O_3$ 0.021 M จนได้สีเหลืองจาง แล้วเติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน สารละลายจะปรากฏสีน้ำเงิน ไตเตรทด้วยต่อไปเรื่อยๆ ทีละหยด จนสีน้ำเงินจางหายไป จดปริมาตรที่ใช้และนำไปคำนวนในสูตร

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวณัฐจีรา ขยัน

วัน เดือน ปีเกิด 18 มิถุนายน 2530

ภูมิลำเนา จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเชียงดาววิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2547

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี (วท.บ) สัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2552

ประวัติการทำงาน เจ้าหน้าที่ธุรการฝ่ายวิชาการ โรงเรียนเชียงดาววิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2553

ครูอัตราจ้าง โรงเรียนบ้านทุ่งข้าวพวง จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2554

ครูอัตราจ้าง โรงเรียนบ้านห้วยจะค่าน ตชด. อนุสรณ์ เมื่อปี พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved