

สถิติพื้นฐนของไฟโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำท่ความหลากหลายของสาหร่าย
สีเขียวแกมน้ำเงิน ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จิดสมบูรณ์ชล ปี 2544

ขจรเกียรติ แชนัน

วิทยาศาสตร์มหาบัณเฑศ
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณเฑศวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม
มีนาคม 2546

ฉบับที่ ๑๕ เรื่อง ระเบียบการสอบคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๔
 กระทรวงศึกษาธิการ
 กรุงเทพมหานคร

19 ส.ค. 2547



โครงการพัฒนากnowledgeและทักษะนโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
 ค/อ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
 อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
 73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
 กรุงเทพฯ 10400

วิทยานิพนธ์ที่เสนอให้พิมพ์คือวิทยานิพนธ์ : ชื่อเรื่อง
 ของสถาบันศึกษา
 วิทยานิพนธ์ที่เสนอให้พิมพ์คือวิทยานิพนธ์ : ชื่อเรื่อง
 ของสถาบันศึกษา
 วิทยานิพนธ์ที่เสนอให้พิมพ์คือวิทยานิพนธ์ : ชื่อเรื่อง
 ของสถาบันศึกษา

ปีการศึกษา
 มหาวิทยาลัย
 ปีการศึกษา 2546

สหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำต่อความหลากหลายของสาหร่าย
สีเขียวแกมน้ำเงิน ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล ปี 2544

ขจรเกียรติ แซ่ตัน

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2546

สหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำต่อความหลากหลายของสาหร่าย
สีเขียวแกมน้ำเงิน ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544

ขจรเกียรติ แซ่ตัน

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร



.....กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญสม วราเอกศิริ



.....กรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ชโลบล วงศ์สวัสดิ์

25 มีนาคม 2546

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขจน วิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญสม วราเอกศิริ และรองศาสตราจารย์ ดร. ชโลบล วงศ์สวัสดิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชุ่นเหลียง – คุณแม่ฟุกหญิง แซ่ตัน คุณพรศักดิ์ กิตติชนมวรกุล คุณจินต์นิภา กิตติชนมวรกุล คุณฐิติพร แซ่ตัน ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการศึกษา ด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์อดิศักดิ์ จุมวงษ์ ผู้ซึ่งแนะแนวทางในการศึกษารวมทั้งคำแนะนำ ที่ดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พันทวี มาไพโรจน์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. อารยา จาติเสถียร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำและคำแนะนำในการวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติ ขอขอบพระคุณ Dr. Stephen Elliott ที่ช่วยตรวจแก้ไขบทคัดย่อภาษาอังกฤษให้ สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณปิยะ อรุณแสงทอง เจ้าหน้าที่งานส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 เขื่อนแม่จัด สมบูรณ์ชล ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี 2544

ขอขอบคุณ คุณวิเวท สิทธิเทพ คุณปราณี ปาติ คุณวุฒินันท์ ศิริรัตนวรารุณ คุณทวีเดช ไชยนาพงษ์ คุณพรศิริ ตูลารักษ์ คุณพงศ์ศรัณย์ จันทรชุ่ม คุณจุฑามัณฑก์ ศาลางาม คุณชินมา ปิ่นเกตุ คุณตรีธนา เขาวนปรีชา รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ในการทำการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_145010

ขจรเกียรติ แซ่ตัน

T- 145010

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ สหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำ ต่อความหลากหลาย
ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล
ปี 2544

ผู้เขียน นาย ขจรเกียรติ แซ่ตัน

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร

บทคัดย่อ

การศึกษาสหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำต่อความหลากหลายของสาหร่าย
สีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544 พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 3
อันดับ 4 วงศ์ 13 สกุล และ 22 ชนิด ได้แก่ 1) *Anabaena* sp.1, 2) *Anabaena* sp.2,3) *Aphanocapsa*
koordersi Strom, 4) *Aphanothece* sp., 5) *Chroococcus minutus* (Kutzing) Naegeli, 6) *Chroococcus*
turgidus (Kutzing) Naegeli, 7) *Chroococcus* sp., 8) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz)
Seenayya & Subba, 9) *Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor) Ka., 10) *Dactylococcopsis*
fascicularis Lemmermann, 11) *Lyngbya limnetica* Lemmermann, 12) *Merismopedia minima*
Beck, 13) *Merismopedia punctata* Meyen, 14) *Microcystis aeruginosa* Kutz, 15) *Myxosarcina*
spectabilis Geitler, 16) *Oscillatoria angustissima* West & West, 17) *Oscillatoria prolifica*
(Greville) Gomont, 18) *Oscillatoria splendida* Greville.ex Gomont, 19) *Oscillatoria* sp., 20)
Raphidiopsis curvata Fritsch & Rich, 21) *Raphidiopsis mediterranea* Skuja และ 22) *Spirulina* sp.
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่น คือ *Lyngbya limnetica* และ *Raphidiopsis curvata* โดย
จำนวนชนิดและปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น
ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนใหญ่มีการแพร่กระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0.30 – 10.00 m
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้าน กายภาพ เคมีและชีวภาพ พบว่ามีค่าดังนี้ ความลึกของน้ำ 15.85 –

35.81 m ความโปร่งใสของน้ำ 1.73 – 4.63 m อุณหภูมิอากาศ 21.33 – 32.00 °C อุณหภูมิน้ำ 24.05 – 29.57 °C ความเป็นกรด-ด่าง 5.51 – 8.30 ความนำไฟฟ้า 86.31 – 115.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 0 – 5.83 mg/L แอมโมเนียไนโตรเจน 0.0115 – 0.0902 mg/L ไนไตรท์ไนโตรเจน 0.0019 – 0.0060 mg/L ไนเตรทไนโตรเจน 0.0081 – 0.0643 mg/L Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0438 – 0.2924 mg/L ไนโตรเจนรวม 0.0586 – 0.3123 mg/L ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส 0.60 – 4.98 $\mu\text{g}/\text{L}$ ฟอสฟอรัสรวม 5.62 – 14.01 $\mu\text{g}/\text{L}$ อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส 4.46 – 55.17 และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 1.480 – 9.285 $\times 10^{-3}$ $\mu\text{g}/\text{L}$ ซึ่งอุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่ความนำไฟฟ้า แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน Kjeldahl ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสรวม และอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินในทุกระดับความลึก การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแต่มีความสัมพันธ์แปรผันตามกับอุณหภูมิ ($r = 0.588$) และแปรผกผันกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.506$) ไนเตรทไนโตรเจน ($r = -0.545$) และไนโตรเจนรวม ($r = -0.525$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการประเมินคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จันทน์ชล โดยพิจารณาจากค่าความลึกที่แสงส่องถึง ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สามารถจัดอยู่ในประเภทแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารน้อย (Oligotrophic status) และหากจัดลำดับคุณภาพน้ำตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติสามารถจัดอยู่ในประเภทที่ 2 สามารถนำไปใช้ในการอุปโภคส่วนการบริโภคผ่านกระบวนการบำบัดก่อน

Thesis Title Correlation of Nitrogen and Phosphorus in Water on Diversity of Blue-Green Algae in the Mae Ngat Somboonchol Dam Year 2001

Author Mr. Khajornkiat Saeton

Degree Master of Science (Biology)

Thesis Advisor Associate Prof. Dr. Siripen Traichaiyaporn

Abstract

The study of correlation of nitrogen and phosphorus in water on diversity of blue-green algae in the Mae Ngat Somboonchol dam. As a result the blue-green algae composed of 3 orders, 4 families, 13 genera and 22 species: 1) *Anabaena* sp.1, 2) *Anabaena* sp.2,3) *Aphanocapsa koordersi* Strom, 4) *Aphanothece* sp., 5) *Chroococcus minutus* (Kutzing) Naegeli, 6) *Chroococcus turgidus* (Kutzing) Naegeli, 7) *Chroococcus* sp., 8) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya & Subba, 9) *Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor) Ka., 10) *Dactylococcopsis fascicularis* Lemmermann, 11) *Lyngbya limnetica* Lemmermann, 12) *Merismopedia minima* Beck, 13) *Merismopedia punctata* Meyen, 14) *Microcystis aeruginosa* Kutz, 15) *Myxosarcina spectabilis* Geitler, 16) *Oscillatoria angustissima* West & West, 17) *Oscillatoria prolifica* (Greville) Gomont, 18) *Oscillatoria splendida* Greville.ex Gomont, 19) *Oscillatoria* sp., 20) *Raphidiopsis curvata* Fritsch & Rich, 21) *Raphidiopsis mediterranea* Skuja and 22) *Spirulina* sp. The blue-green algae were condense distribution at 0.30 – 10.00 meters. The dominant species were *Lyngbya limnetica* and *Raphidiopsis curvata*. For water quality in every depth, with in the results were in safety range in water quality of surface water standard. Correlation analysis showed that the blue-green algae was negatively correlated with ammonia

nitrogen, nitrate nitrogen and Total nitrogen at significant level 95%. Assessment of water quality in the Mae Ngat Somboonchol dam by Total nitrogen, Total phosphorus, Secchi depth and Chlorophyll a indicated low nutrient (Oligotrophic status) and assessment of water quality by National Environment Committee Announcement indicated that it was in the second category. The water could be consumed, however, for drinking purpose it had to be treated.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทกัณฑ์ย่อ	ง
Abstract	ณ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ณ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	๗
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	15
บทที่ 4 ผลการศึกษา	22
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	99
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	116
บรรณานุกรม	119
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ชนิด ปริมาณและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	124
ภาคผนวก ข คุณภาพน้ำทางกายภาพ – เคมีและชีวภาพ	131
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและคุณภาพน้ำ	138
ภาคผนวก ง มาตรฐานคุณภาพน้ำ	158
ประวัติผู้เขียน	164

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ชนิดและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในต่างระดับความลึก	23
2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยชนิดและปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่ละระดับความลึก	35
3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยชนิดและปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	35
4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยชนิดและปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแต่ละเดือน	35
5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	44
6 ปริมาณน้ำฝน	45
7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของปริมาณน้ำฝนกับความลึก อุณหภูมิอากาศ ความโปร่งใสของน้ำและอุณหภูมิน้ำ	45
8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพแต่ละเดือน	47
9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีแต่ละระดับความลึก	50
10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางเคมีแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	55
11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางเคมีแต่ละเดือน	56
12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางชีวภาพแต่ละระดับความลึก	95
13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางชีวภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	95
14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางชีวภาพแต่ละเดือน	95
15 ชนิดและปริมาณ (จำนวน $\times 10^3$ No./L) ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในต่างระดับความลึก	125
16 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในต่างระดับความลึก	132
17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	139
18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	140
19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับความลึกของน้ำ	141
20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศ	141

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความโปร่งใสของน้ำ	142
22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิน้ำ	143
23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง	144
24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ	145
25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ	146
26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน	147
27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจน	148
28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนเตรทไนโตรเจน	149
29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ TKN	150
30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนรวม	151
31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส	152
32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสรวม	153
33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	154
34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	155
35 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของชนิดและปริมาณสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงินกับสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำ	156
36 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของปริมาณสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงินกับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี	157
37 การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจนรวม คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง	159
38 การจัดชั้นน้ำตามระดับของสารอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพ – เคมี และชีวภาพบางประการ และกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดเด่น ในระดับต่าง ๆ	160
39 การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสรวม คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง	161

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
40 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบ คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	162

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 วัฏจักรไนโตรเจนในแหล่งน้ำ	9
2 การเปลี่ยนแปลงของ $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$ ในแต่ละระดับความลึกของทะเลสาบที่มีสารอาหารมาก (Eutrophic lake) และทะเลสาบที่มีสารอาหารน้อย (Oligotrophic lake)	10
3 วัฏจักรฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ	12
4 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล	21
5 Family Chroococcaceae	29
6 Family Pleurocapsaceae	30
7 Family Oscillatoriaceae	30
8 Family Nostocaceae	31
9 จำนวนชนิด (species) ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	34
10 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (จำนวน $\times 10^3$ No./L) ในแต่ละเดือน	38
11 ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (จำนวน $\times 10^3$ No./L)	39
12 ร้อยละขององค์ประกอบแฟลงก์ตอนพืชในแต่ละเดือน	41
13 ระดับความลึกของน้ำ	43
14 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยแต่ละเดือน	43
15 ความโปร่งใสของน้ำ	43
16 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ในแต่ละเดือน	51
17 อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ในต่างระดับความลึก	52
18 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในแต่ละเดือน	57
19 ความเป็นกรด-ด่างในต่างระดับความลึก	58
20 ค่าเฉลี่ยของความนำไฟฟ้าของน้ำ ($\mu\text{S/cm}$) ในแต่ละเดือน	60
21 ความนำไฟฟ้าของน้ำ ($\mu\text{S/cm}$) ในต่างระดับความลึก	61
22 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L) ในแต่ละเดือน	63

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
23 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L) ในต่างระดับความลึก	64
24 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน	67
25 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก	68
26 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน	70
27 ปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก	71
28 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน	74
29 ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก	75
30 ค่าเฉลี่ยของปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน	77
31 ปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก	78
32 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนรวม (mg/L) ในแต่ละเดือน	81
33 ปริมาณไนโตรเจนรวม (mg/L) ในต่างระดับความลึก	82
34 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ($\mu\text{g/L}$) ในแต่ละเดือน	84
35 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ($\mu\text{g/L}$) ในต่างระดับความลึก	85
36 ค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสรวม ($\mu\text{g/L}$) ในแต่ละเดือน	88
37 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ($\mu\text{g/L}$) ในต่างระดับความลึก	89
38 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละเดือน	91
39 อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต่างระดับความลึก	92
40 ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\times 10^{-3} \mu\text{g/L}$) ในแต่ละเดือน	96
41 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\times 10^{-3} \mu\text{g/L}$) ในต่างระดับความลึก	97

อักษรย่อและสัญลักษณ์

$^{\circ}\text{C}$	= องศาเซลเซียส
conc.	= concentrated
DO	= ออกซิเจนละลายน้ำ
m	= เมตร
mg/L	= มิลลิกรัมต่อลิตร
mg/m^3	= มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
mL	= มิลลิลิตร
mm	= มิลลิเมตร
N	= นอร์มัล
$\mu\text{g/L}$	= ไมโครกรัมต่อลิตร
μm	= ไมโครเมตร
$\mu\text{S/cm}$	= ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

บทที่ 1

บทนำ

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในระบบนิเวศแหล่งน้ำมีหลายชนิดได้แก่ แพลงก์ตอนพืชและสาหร่าย ซึ่งมีความสำคัญโดยเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นในห่วงโซ่อาหาร ผลิตภัณฑ์ออกซิเจนสู่แหล่งน้ำ และยังมีสาหร่ายบางชนิดที่เป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อนและสัตว์น้ำขนาดใหญ่ เช่น *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler การเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ และปัจจัยทางเคมี เช่น ชนิดและปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยทั่วไปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจัดเป็นสารอาหารเบื้องต้น (primary nutrient) และเป็นปัจจัยจำกัด (limiting nutrient) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายในระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Traichaiyaporn, 1985) ซึ่งการพิจารณาว่าสารอาหารชนิดใดเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายต้องพิจารณาจากอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (N/P ratio) คือ ถ้า N/P มากกว่า 20:1 ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัด แต่ถ้าน้อยกว่า 10:1 ไนโตรเจนก็จะเป็นปัจจัยจำกัด โดยแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายแต่ละกลุ่มมีความต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแตกต่างกัน เช่น N/P ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่าง 10:1 - 16:1 (ศิริเพ็ญ, 2543; Schollhorn and Wilhelm, 1997; Yunes *et al.*, 1998) ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำได้หลายทาง ส่วนใหญ่มาจากการชะล้างของผิวดิน การเน่าสลายของสารอินทรีย์ จากน้ำทิ้งและปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตร ในแต่ละแหล่งน้ำมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแตกต่างกัน หากปริมาณสารอาหารใดมีน้อยก็จัดเป็นปัจจัยจำกัด แต่หากมีปริมาณสารอาหารมากจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งอาจเป็นผลให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายบางชนิดมากเกินไป เช่น *Microcystis aeruginosa* Kutz ซึ่งสามารถสร้างสารพิษไมโครซิสตินและเป็นอันตรายต่อสัตว์มีกระดูกสันหลังและมนุษย์ (ศิริเพ็ญ, 2537; ลัดดา, 2538; Smith, 1950; Round, 1973)

อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล ตั้งอยู่ตำบลช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่พิกัด 47 Q 044 -185 ระวัง 4847 III ละติจูด 19° 09' 29" N ลองจิจูด 99° 02' 23" E เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เก็บกักน้ำไว้ได้สูงถึง 325 ล้านลูกบาศก์เมตร มีการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การประปา การชลประทาน การผลิตกระแสไฟฟ้า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเกษตรกรรม การอุปโภคบริโภคอื่นๆ และยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ จากการพิจารณาการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชลที่ผ่านมานี้ปี 2540 - 2543

(กีรังค์, 2542; นันทขลิ, 2543; พรศิริ, 2544) พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Lyngbya limnetica* และ *Cylindrospermopsis raciborskii* ซึ่งสร้างสารพิษ Cylindrospermopsisin นอกจากนี้ยังพบ *Microcystis aeruginosa* แต่ในปริมาณไม่มากนัก และผลการศึกษาความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชและปัจจัยคุณภาพน้ำ พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับแอมโมเนียไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าปริมาณสารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน น่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบชุมชนของสาหร่าย (algal composition) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาติดตามตรวจสอบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและคุณภาพน้ำในด้านต่างๆ ต่อไป ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทำให้ทราบความสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในต่างระดับความลึกและต่างฤดูกาล เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินขั้นสูงและเป็นการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ที่เป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาว่าในช่วงที่ทำการศึกษามีคุณภาพดีเหมาะสมในการนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาหรือใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ หรือไม่ ซึ่งหากเกิดปัญหาก็สามารถเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงินที่จัดเป็นสาหร่ายพิษได้ต่อไป

จึงต้องการทราบว่าในระดับความลึกต่างๆของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพียงใด คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการเป็นอย่างไร รวมทั้งอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและคุณภาพน้ำบางประการจะมีผลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอย่างไร

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ในต่างระดับความลึกในรอบปี 2544
2. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลในต่างระดับความลึก
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและคุณภาพน้ำบางประการในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึก

บทที่ 2

บททวนเอกสาร

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) จัดอยู่ใน Division Cyanophyta เป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำจำพวกโปรแคริโอต (prokaryote) มีคลอโรฟิลล์ เอ สามารถสร้างอาหารเองได้โดยการสังเคราะห์แสง (autotroph) ไม่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ มีรูปร่างลักษณะหลายแบบตั้งแต่ กกลม ทรงกระบอก กระจวย เส้นสาย ฯลฯ ซึ่งพบทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยว (unicellular) เส้นสาย (filament) และ เป็นกลุ่มเซลล์ (colony) ส่วนรอบนอกผนังเซลล์มักเป็นเมือกใสๆ ที่เรียกว่า ซิท (sheath) หุ้มอยู่โดยรอบ ซิท มักมีความหนาบางต่างกัน อาจมีสี ไม่มีสี หรือแบ่งออกเป็นชั้นๆ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการเคลื่อนไหวหลายรูปแบบ เช่น แบบลื่นไถล (gliding movement) ลื่นไถลไปข้างหน้าและถอยหลัง (backward and forward gliding) แกว่งไปซ้าย ขวา สลับกัน (oscillation movement) เคลื่อนไหวแบบเป็นคลื่น (wave movement) หรือหมุนเป็นเกลียวแบบควงสว่าน (spiral movement) นอกจากนี้ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินยังมีแก๊สแวกิวโอล (gas vacuole) กระจายอยู่ในไซโตพลาสซึม ลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถเคลื่อนที่แพร่กระจายในแนวดิ่งได้ (อักษร, 2529; ลัดดา, 2538; Branco and Senna, 1994; Desikachary, 1959)

การจำแนกหมวดหมู่ (Classification)

การจัดจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ตามหลักของ Desikachary (1959) และ Sze (1997) จัดแบ่ง 5 อันดับ (orders) ได้ดังนี้

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Chroococcales

Family Chroococcaceae

Order Chamaesiphonales

Order Pleurocapsales

Order Nostocales

Family Oscillatoriaceae

Family Nostocaceae

Family Scytonemataceae

Family Rivulariaceae

Order Stigonematales

Family Stigonemaceae

ความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Diversity of Blue-Green Algae)

การศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพวกแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ตั้งแต่ปี พ.ศ 2540 – 2543 พบว่าแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *Lyngbya limnetica* และ *Cylindrospermopsis raciborskii* ซึ่งโดยทั่วไป *C. raciborskii* จะพบในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารต่ำ (ธารรงค์, 2542; นันทชีลีและศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544; Branco and Senna, 1994) นอกจากนี้พบว่าความหนาแน่นของ *C. raciborskii* ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีความสัมพันธ์แปรผันตามกับอุณหภูมิและแปรผกผันกับความลึกของน้ำ (Traichaiyaporn *et al.*, 2001)

การศึกษากการแพร่กระจายในแนวตั้งของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลในช่วงเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2543 พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 2 อันดับ 3 วงศ์ และ 7 สกุล โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *L. limnetica* และ *C. raciborskii* ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนใหญ่แพร่กระจายอยู่ที่ระดับผิวน้ำและมีปริมาณลดน้อยลงตามระดับความลึกของน้ำ (Saeton and Traichaiyaporn, 2001) ขณะที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 8 สกุล และ 9 ชนิด โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *Microcystis aeruginosa* Kutz ซึ่งมีปริมาณมากในฤดูฝนและฤดูหนาว (ชลินดา, 2536; ชีรศักดิ์, 2541)

การศึกษาความหลากหลายและองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบ Kastoria แถบเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งเป็นทะเลสาบที่มีความลึกปานกลาง พบแพลงก์ตอนพืช 67 ชนิดโดยองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม cyanophytes ได้แก่ *Limnothrix redekei*, *C. raciborskii*, *Microcystis* spp., *Anabaena* spp. และ *Aphanizomenon* spp. (Aligizaki *et al.*, 2001) ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับในทะเลสาบ Chignahupan ประเทศเม็กซิโก ซึ่งเป็นทะเลสาบที่มีความลึกปานกลางเช่นกัน โดยมีระดับความลึกเฉลี่ยประมาณ 1 m ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *Microcystis aeruginosa*, *Anabaenopsis elenkintii* และ *Merismopeulia tenuissima* ซึ่งน้ำมีค่า pH เป็นด่างและค่าความนำไฟฟ้า 1,100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Gabriela and Valadez, 2001)

ทะเลสาบ Rocky shores ของฮ่องกง พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นชนิดเด่นตลอดทั้งปี ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชนิดแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบมาก ได้แก่ *Phormidium*, *Gloeocapsa* และ *Chroococcus* sp. โดยพบมากในช่วงฤดูหนาวและพบน้อยหรือไม่พบเลยในช่วงฤดูร้อน (Nagarkar, 2001) และขณะที่อ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล พบ *C. raciborskii* เป็นชนิดเด่นในช่วงฤดูฝนทั้งนี้เพราะน้ำฝนจะเจือจางสารอาหาร และพบ *M. aeruginosa* เป็นชนิดเด่นในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีการเพิ่มของอุณหภูมิและเกิดมลภาวะจากสารอินทรีย์ (Branco and Senna, 1994)

คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

คุณภาพน้ำทางกายภาพ

1. แสง (Light)

แสงที่ส่องมายังผิวน้ำมีทั้งมาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและแสงสะท้อนจากบรรยากาศ เมื่อส่องกระทบผิวน้ำ แสงส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับแต่อีกส่วนหนึ่งส่องผ่านลงไปใต้น้ำและความเข้มของแสงจะค่อยๆ ลดลงตามระดับความลึกทั้งนี้เนื่องจากการดูดซับโดยมวลน้ำและสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ตะกอนดินและแพลงก์ตอน (ประเทือง, 2534; Boney, 1975)

ความเข้มของแสงจะเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาของวัน ฤดูกาล สถานที่ ระดับความลึกของน้ำ และสภาพอากาศ ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช โดยอัตราการสังเคราะห์แสงมีมากที่บริเวณผิวน้ำและลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น จึงมีอิทธิพลต่อโครงสร้างชุมชนของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดต้องการความเข้มแสงที่แตกต่างกัน (กรรณิการ์, 2529; นันทนา, 2536; Philips *et al.*, 1997)

แสงมีผลต่อการลอยตัวและจมตัวของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนใหญ่ เช่น *Lyngbya*, *Cylindrospermopsis* และ *Microcystis* และความเข้มของแสงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของ *Phormidium amphibium* โดยพบว่าเมื่อความเข้มแสงมากขึ้นความเข้มข้นของเม็ดสีจะลดลงแต่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะเพิ่มขึ้น (Yin *et al.*, 1994; Misiewicz and Adam, 2001)

2. ความโปร่งใสของน้ำ (Water transparency)

ค่าความโปร่งใสของน้ำ สามารถวัดโดยใช้ Secchi disc ระดับความลึกของน้ำที่ Secchi disc เริ่มหายไปแล้วเริ่มมองเห็นได้ใหม่อีกครั้ง เรียกว่า ระดับความลึกที่แสงส่องถึง (Secchi depth) ซึ่งจะขึ้นกับปริมาณที่แสงผ่านลงไปใต้น้ำ ช่วงเวลาของวันและสภาพของอากาศ สามารถใช้ค่า Secchi depth ประมาณค่าระดับความลึกที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ (compensation depth) (นันทนา, 2536; ศิริเพ็ญ, 2537; Boney, 1975; Goldman and Home, 1983) ในแหล่งน้ำโดยทั่วไปมีค่าความโปร่งใสของน้ำ อยู่ระหว่าง 30 - 60 cm หากแหล่งน้ำมีความขุ่นมากเกินไปหรือมีตะกอนหรือมีแพลงก์ตอนพืชเจริญมากแสงจะส่องลงไปได้น้อยทำให้ ค่าความโปร่งใสมีค่าต่ำกว่า 30 เซนติเมตร แต่หากแหล่งน้ำมีสารอาหารน้อยทำให้มีแพลงก์ตอนพืชเจริญอยู่น้อย สภาพน้ำค่อนข้างใสแสงส่องผ่านลงไปใต้น้ำได้มากทำให้ค่าความโปร่งใสมีค่ามากกว่า 60 cm ค่าความโปร่งใสของน้ำสามารถใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบสภาพความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ โดยใช้อ้างอิงร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ (ศิริเพ็ญ, 2543)

การศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลตั้งแต่ปี พ.ศ 2540 - 2543 พบว่ามีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ระหว่าง 1.35 - 3.96 m (ธำรงค์, 2542; นันทขลิและศิริเพ็ญ, 2543; พร

ศิริ, 2544) ขณะที่ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา มีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ระหว่าง 2.27 – 4.90 m (ชลินดา, 2539) การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (trophic state) สามารถพิจารณาจากค่าความลึกที่แสงส่องถึงร่วมกับปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ได้ (Lorraine and Vollenweider, 1981; Mason, 1996)

3. อุณหภูมิน้ำ (Water temperature)

อุณหภูมิน้ำมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการศึกษาระบบนิเวศแหล่งน้ำ เพราะอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ในน้ำ เช่น ความสามารถละลายของแร่ธาตุและก๊าซ การระเหยของน้ำ การแบ่งชั้นของน้ำ การหมุนเวียนของแร่ธาตุต่างๆ การเน่าสลายของอินทรีย์สาร ขบวนการเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิต เป็นต้น ซึ่งน้ำจะมีความร้อนจำเพาะสูงกว่าอากาศประมาณ 5 เท่า ฉะนั้นในช่วงกลางวัน อุณหภูมิน้ำจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ ส่วนกลางคืนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยปกติการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำจะผันแปรตามความเข้มแสง ถ้าปริมาณความเข้มแสงมากมีผลทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศโดยขึ้นกับฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ความลึก ความเร็วของกระแสน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ อุณหภูมิของแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทยมีค่าผันแปรระหว่าง 23.00 – 32.00 °C ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวันและฤดูกาล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำมีผลต่อการแพร่กระจาย การเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช โดยทั่วไปสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงระหว่าง 35.00 – 45.00 °C เช่น *Microcystis* มีมวลชีวภาพมากเมื่อแหล่งน้ำมีอุณหภูมิมากกว่า 20.00 °C (ประเทือง, 2534; ศิริเพ็ญ, 2543; Yunes *et al.*, 1998; Berges *et al.*, 2001)

การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria*, *Lyngbya* และ *Calothrix* ในท้องก่ง ระหว่างฤดูหนาวกับฤดูร้อน พบว่าอุณหภูมามีผลต่อลักษณะความหนาบางของซีทรอบเซลล์ของ *Lyngbya martensiana* และ *Calothrix scopulorum* โดยเฉพาะในฤดูร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะปรากฏซีทชัดเจน (Nagarkar, 2001)

คุณภาพน้ำทางเคมี

1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่า pH ของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยทั่วไปน้ำตามธรรมชาติมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6 - 9 ซึ่งความแตกต่างของค่า pH ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะของพื้นดินและหิน ปริมาณฝน ตลอดจนการใช้ที่ดินในรอบบริเวณแหล่งน้ำ pH ของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตาม pH ของดินด้วย นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น

จุลินทรีย์ และแพลงก์ตอนพืช ก็สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ โดยทั่วไปในแหล่งน้ำช่วงบ่ายพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำลดต่ำลง ค่า pH ของน้ำจึงมีค่าสูงขึ้น ส่วนในช่วงเช้ามืดเนื่องจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ไม่มีขบวนการสังเคราะห์แสงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับน้ำจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก ค่า pH ของน้ำจึงลดต่ำลง (ประเทือง, 2534; มั่นสิน, 2540; ศิริเพ็ญ, 2543)

การศึกษาค่า pH ของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล พบว่ามีค่า pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 6.45 – 9.10 ซึ่งมีค่ามากที่สุดที่ผิวน้ำและมีแนวโน้มลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น (ธำรงค์, 2542; นันทชลิ และ ศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544) ส่วนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีค่า pH ของน้ำอยู่ระหว่าง 6.80 – 8.30 (ชลินดา, 2539; ชีรศักดิ์, 2541) นอกจากนี้การศึกษาค่า pH ของน้ำในอ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล พบว่าในช่วงฤดูฝน ค่า pH ในอ่างเก็บน้ำมีค่าสูงส่งผลให้มีการเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว (bloom) ของ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya&Subba (Branco and Senna, 1994) และในอ่างเก็บน้ำ Benutan ประเทศมาเลเซีย พบว่า pH มีค่าประมาณ 7.00 ที่ผิวน้ำ และจะมีค่าลดลงตามความลึก จนมีค่า 6.00 ที่ความลึก 4 - 5 m (Booth *et al.*, 1994)

2. ความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ความนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของไอออนทั้งหมดในน้ำ หากในแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของสารอนินทรีย์มาก ค่าความนำไฟฟ้าก็มีค่าสูง ทั้งนี้เพราะสารอนินทรีย์จะแตกตัวให้อิออนได้ดี ส่วนสารอินทรีย์จะไม่นำไฟฟ้าเพราะไม่มีการแตกตัวของไอออนในน้ำ นอกจากนี้อุณหภูมิมีผลต่อการแตกตัวของไอออน โดยอุณหภูมิสูงการแตกตัวของไอออนจะมากขึ้นทำให้ความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปจะมีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150.00 – 300.00 $\mu\text{S/cm}$ (ประเทือง, 2534; มั่นสิน, 2540)

ค่าความนำไฟฟ้าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีค่าอยู่ระหว่าง 70.00 - 254.40 $\mu\text{S/cm}$ (ธำรงค์, 2542; นันทชลิ และ ศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544) และในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีค่า 64.00 – 109.00 $\mu\text{S/cm}$ โดยมีค่ามากขึ้นเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลเช่นเดียวกับในอ่างเก็บน้ำ Benutan ประเทศมาเลเซีย ที่ค่าความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ชลินดา, 2539; Booth *et al.*, 1994)

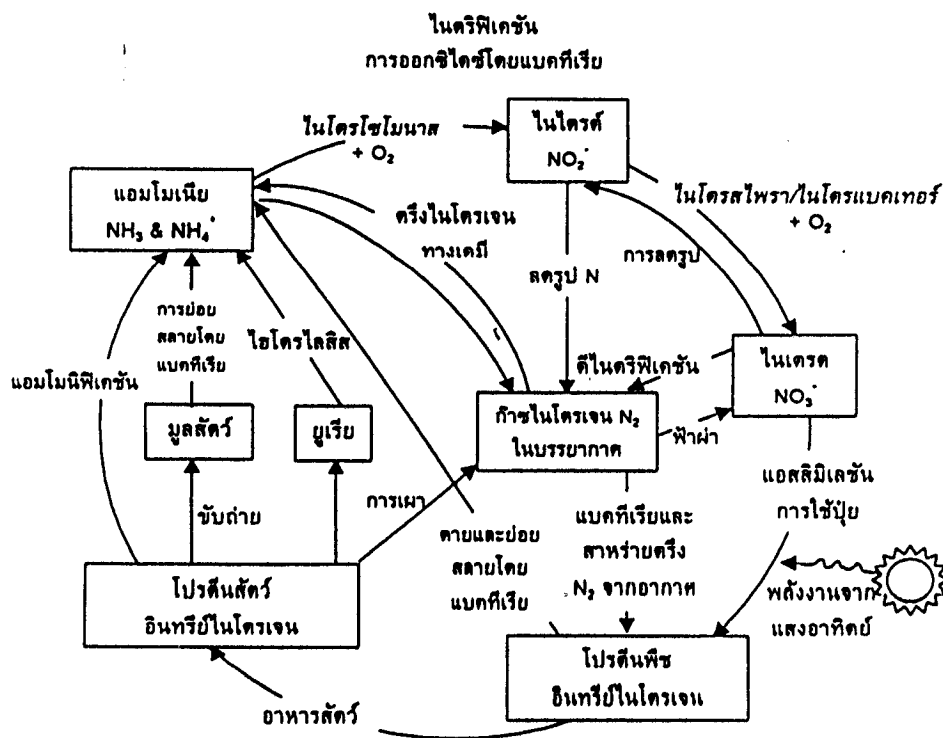
3. ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะมาจากบรรยากาศและจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและพืชน้ำอื่นๆ ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้แก่ ช่วงเวลาของวัน ระดับความลึก อัตราการ

สังเคราะห์แสงและการหายใจ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความสูง ความกดของบรรยากาศ และ ปริมาณมลพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพ น้ำในแหล่งน้ำได้ โดยแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในช่วง เวลากลางวัน-กลางคืน (diurnal change) ต่ำ ทำนองเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในต่าง ฤดูกาล (seasonal change) และต่างความลึกของน้ำน้อยเพราะกระบวนการต่างๆ ทางชีวเคมีของ สิ่งมีชีวิตมีน้อย แต่จะกลับกันแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ในแหล่งน้ำโดยทั่วไปปริมาณ ออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นโดยจะเห็นได้เด่นชัดในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึง (aphotic zone) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบริเวณ นั้น ในอ่างเก็บน้ำ Benutan ประเทศมาเลเซีย พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่ามากที่สุด ความลึกน้อยกว่า 4 m นอกจากนี้ในเวลากลางวันที่มีท้องฟ้าโปร่ง น้ำบริเวณที่แสงส่องถึง (euphotic zone) จะมีปริมาณออกซิเจนสูงสุดในเวลาบ่ายและต่ำสุดในเวลาใกล้รุ่ง วิกฤตการณ์การขาด ออกซิเจนจะเกิดได้โดยอิทธิพลของการเกิดแพลงก์ตอนพืชปริมาณมากแล้วตายลงหรือการปล่อย น้ำเสียทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ลงไปปนเปื้อนซึ่งทำให้ปริมาณออกซิเจนของน้ำลดลง ถ้า ปริมาณออกซิเจนต่ำสุดที่สิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาสามารถเจริญอยู่ได้ มีค่า 3.50 - 4.00 mg/L และถ้าต่ำกว่า 3.00 mg/L จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งโดยปกติในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ที่ปราศจากมลภาวะจะมีค่าปริมาณออกซิเจนโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 5.00 mg/L และมีค่าได้สูงถึง 7.00 mg/L หรือมากกว่านี้ในเวลาบ่าย สำหรับบริเวณที่มีแพลงก์ตอนพืชปริมาณมากอาจมีค่าปริมาณ ออกซิเจนสูงได้ถึง 14.00 mg/L (ประเทือง, 2534; นันทนา, 2536; เปี่ยมศักดิ์, 2538; มั่นสิน, 2540; ศิริเพ็ญ, 2543; Booth *et al.*, 1994) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จันทน์สมบูรณ์ชล มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 9.60 mg/L (ธำรงค์, 2542; นันทชลิ และ ศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544)

4. ไนโตรเจน (Nitrogen)

แหล่งน้ำธรรมชาติพบไนโตรเจนอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) ซึ่ง ประกอบด้วยพวกที่ละลายน้ำ (dissolved organic N) และพวกที่ไม่ละลายน้ำ (particulated organic N) และอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic nitrogen) ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ไนไตรท์ไนโตรเจน ($\text{NO}_2\text{-N}$) ไนเตรทไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) เป็นต้น (Goldman and Home, 1983) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนในแหล่งน้ำ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนจากภายนอกที่ลงไปสู่ แหล่งน้ำ ปริมาณที่แพลงก์ตอนพืชและพืชดูดไปใช้ ขบวนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของไนโตรเจน และการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นโดยพวกจุลินทรีย์ (microorganisms) และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ศิริเพ็ญ, 2543) ดังแสดงในวัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen cycle, ภาพ 1)

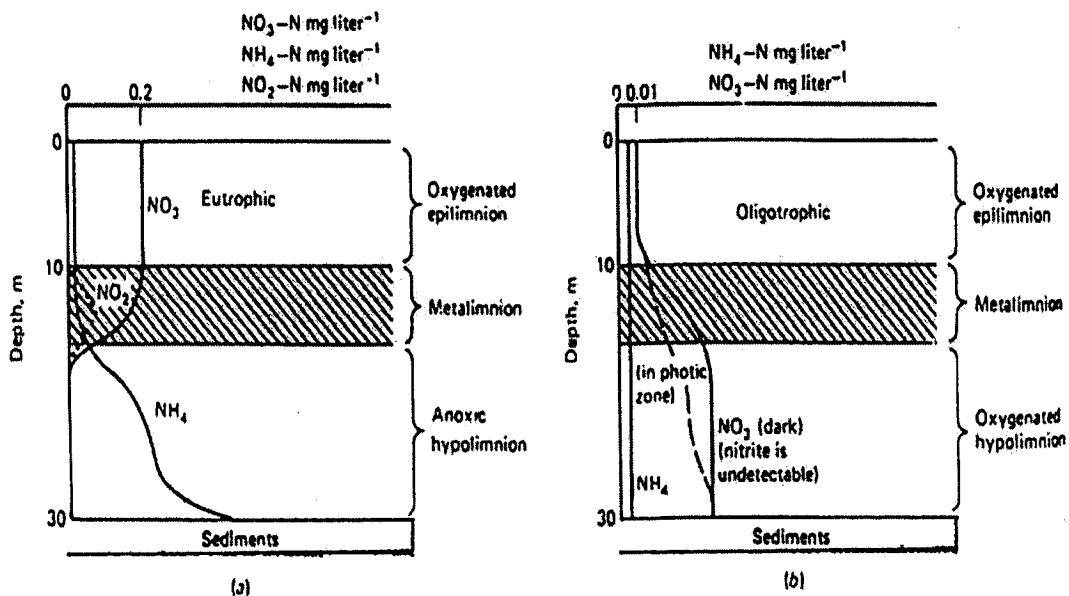


ภาพ 1 วัฏจักรไนโตรเจนในแหล่งน้ำ
(ที่มา: ทองชัย, 2544)

ในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าขณะที่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีปริมาณลดลง ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในทะเลสาบแห่งนี้ไนโตรเจนอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Traichaiyaporn, 1985) อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ ถือว่าเป็นคลังของไนโตรเจนที่จะปลดปล่อยออกมาและให้พืชนำไปใช้ได้ไนโตรเจนไนเตรทและแอมโมเนียโดยพวกจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย (decomposed) รูปแบบของไนโตรเจนที่แตกต่างกันในแหล่งน้ำที่ตรวจพบสามารถบอกรายว่าแหล่งน้ำนั้นได้ถูกปนเปื้อนมาใหม่ ๆ หรือว่าถูกปนเปื้อนมานานแล้ว ซึ่งถ้าตรวจพบแอมโมเนียไนโตรเจนในปริมาณมากแสดงว่าได้รับการปนเปื้อนมาใหม่ ๆ ทางกลับกันถ้าพบไนเตรทไนโตรเจนในปริมาณมาก แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนมานานแล้ว ซึ่งปกติไนเตรทไนโตรเจนมีอยู่ในธรรมชาติค่อนข้างต่ำ คือ $< 1.00 \text{ mg/L}$ จนถึง 10.00 mg/L ถ้าความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนมากกว่า 20.00 mg/L จะเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม คือ เกิดเป็นโรคตัวสีน้ำเงิน (Blue baby) นอกจากนี้ไนเตรทไนโตรเจนสามารถถูกชะล้าง (leaching) ไปได้

ง่ายเมื่อมีการไหลผ่านของน้ำไปบนพื้นดิน ดังนั้นปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจะลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น เมื่อมีการพังทลายของดิน จากการศึกษาในทะเลสาบหลายแห่งพบว่าปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ซึ่งโดยทั่วไปพบปริมาณมากในฤดูฝนและต่ำลงในฤดูแล้ง ส่วนปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในธรรมชาติมักมีปริมาณน้อยขณะที่แอมโมเนียไนโตรเจนโดยปกติจะมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติต่ำกว่า 1.00 mg/L ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพที่ไม่มีมลพิษ มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินได้กำหนดค่าปริมาณไนเตรทไนโตรเจนไม่เกิน 5.00 mg/L และแอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 0.50 mg/L (กรรณิการ์, 2529; กรมควบคุมมลพิษ, 2535; นันทนา, 2536; เปี่ยมศักดิ์, 2538; ศิริเพ็ญ, 2537)

แหล่งน้ำที่มีสภาพของสารอาหารที่แตกต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในต่างระดับความลึกต่างๆ กัน ดังภาพ 2 (Goldman and Home, 1983)

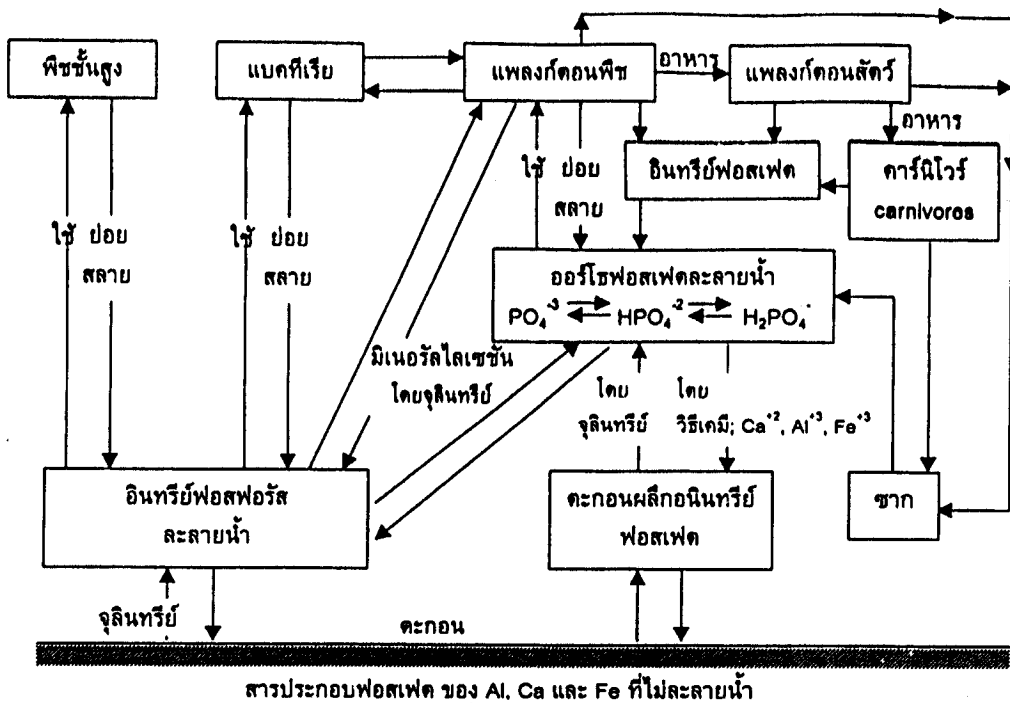


ภาพ 2 การเปลี่ยนแปลงของ NH₃-N, NO₂-N และ NO₃-N ในต่างความลึกของทะเลสาบที่มีสารอาหารมาก (Eutrophic lake) และทะเลสาบที่มีสารอาหารน้อย (Oligotrophic lake)
(ที่มา: Goldman and Home, 1983)

อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล พบปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 0.004 – 0.200 mg/L และไนเตรทไนโตรเจนมีค่า 0 – 0.117 mg/L ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแปรผกผันกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน (ธารรงค์, 2542; นันทขลิ และ ศิริเพ็ญ, 2543) ส่วนอ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล พบว่าในช่วงฤดูฝนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 527 µg/L ในไตรทไนโตรเจนมีค่า 12 µg/L และไนเตรทไนโตรเจนมีค่า 110 µg/L ซึ่งมีการเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya & Subba แต่ในช่วงฤดูแล้งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 1,461 µg/L ในไตรทไนโตรเจนมีค่า 27 µg/L และไนเตรทไนโตรเจน มีค่า 173 µg/L จะมีการเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของ *Microcystis aeruginosa* Kutz (Branco and Senna, 1994) การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (trophic state) สามารถพิจารณาจากค่าปริมาณไนโตรเจนรวม ร่วมกับค่าความลึกที่แสงส่องถึง ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และคลอโรฟิลล์ เอ ได้ (Lorraine and Vollenweider, 1981; Wetzel, 1983)

5. ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในกระบวนการเมตาโบลิซึมในสิ่งมีชีวิต ซึ่งฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมี 2 รูปแบบ คือ อินทรีย์ฟอสฟอรัสและอนินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยอนินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่อยู่ในรูปออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Orthophosphate-P) วัฏจักรฟอสฟอรัส (ภาพ 3) ตามธรรมชาติจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ได้้น้อยมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสในน้ำมักจะยึดเกาะกับอนุภาคขนาดเล็กแล้วตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำอยู่ในรูปอนุภาคตะกอน จึงจัดได้ว่าเป็นปัจจัยจำกัดต่อการผลิตเบื้องต้น (primary production) และการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งแพลงก์ตอนพืชสามารถดูดฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำ หรือ soluble reactive phosphorus (SRP) ไปใช้ได้ ปริมาณ SRP ระดับที่ต่ำกว่า 0.019 mg/L จะจำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีน้อยแพลงก์ตอนพืชพวกสีเขียวแกมน้ำเงินจะสามารถดึงฟอสฟอรัสที่ติดกับอนุภาคขนาดเล็กมาใช้ในการเจริญเติบโตได้โดยอาศัยเอนไซม์ Alkaline phosphatases (ศิริเพ็ญ, 2543; Round, 1973; Goldman and Horne, 1983; Yin *et al.*, 1994)



ภาพ 3 วัฏจักรฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ
(ที่มา: ธงชัย, 2544)

ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสมากกว่า 0.15 mg/L และไนโตรเจนเกินกว่า 0.30 mg/L มีแนวโน้มทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำแต่หากมีปริมาณมากเกินไปจะเกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำเนื่องจากมีสารอาหารมากเกินไป หรือที่เรียกว่า Eutrophication และทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำอันเนื่องจากการตายและมีขบวนการย่อยสลายมาก แหล่งน้ำที่ปลอดมลพิษมีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสน้อยกว่า 0.01 mg/L และฟอสฟอรัสรวมน้อยกว่า 0.10 mg/L นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสยังมีผลต่อมวลชีวภาพของชุมชนแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton community) และกำลังผลิตมวลชีวภาพ (biomass production) ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสสามารถใช้บ่งบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (นันทนา, 2536; ศิริเพ็ญ, 2543) การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ สามารถพิจารณาจากค่าปริมาณฟอสฟอรัสรวม ร่วมกับปริมาณไนโตรเจนรวม คลอโรฟิลล์ เอ และค่าความลึกที่แสงส่องถึงได้ (Lorraine and Vollenweider, 1981; Wetzel, 1983; Mason, 1996)

คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

1. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a)

คลอโรฟิลล์ เอ เป็นปัจจัยทางชีวภาพที่มีความสำคัญในการศึกษาระบบนิเวศแหล่งน้ำ ซึ่งจะสะท้อนถึงผลผลิตเบื้องต้น (primary productivity) ของแหล่งน้ำ โดยทั่วไปปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะมีค่าแปรผันตามความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชและมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้ยังแปรผันแปรตามชนิดสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางด้านสารอาหารในแหล่งน้ำ (นันทนา, 2536; ถัดดา, 2538; ศิริเพ็ญ, 2543)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแหล่งน้ำที่มีสภาพของสารอาหารที่แตกต่างกัน ก็จะมีค่าแตกต่างกัน เช่นในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ระหว่าง $1.97 - 20.72 \times 10^3 \mu\text{g/L}$ (ธำรงค์, 2542; พรศิริ, 2544) ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดมูมธารา มีค่าระหว่าง $0.10 - 20.13 \mu\text{g/L}$ (ชลินดา, 2539) การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำสามารถพิจารณาจากค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ร่วมกับค่าความลึกที่แสงส่องถึง ปริมาณฟอสฟอรัสรวมและไนโตรเจนรวมได้

สหสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

(Correlation of blue-green algae and nitrogen phosphorus ratio: N/P ratio)

สารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในการพิจารณาว่าสารอาหารชนิดใดเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ต้องพิจารณาจากอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (N/P ratio) ถ้า N/P มากกว่า 20:1 ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัด แต่ถ้าน้อยกว่า 10:1 ไนโตรเจนจะเป็นปัจจัยจำกัด (ศิริเพ็ญ, 2543; Schollhorn and Wilhelm, 1997) หรือถ้า N/P มากกว่า 50 ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัด แต่ถ้าน้อยกว่า 20 ไนโตรเจนจะเป็นปัจจัยจำกัด (Guildford and Hecky, 2000) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีความต้องการฟอสฟอรัสและไนโตรเจนแตกต่างกัน เช่น *Microcystis aeruginosa* Kutz มีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ N/P ratio 75:1 (Stevenson *et al.*, 1996) N/P ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่าง 10:1 - 16:1 (Yunes *et al.*, 1998)

ทะเลสาบที่มีสารอาหารน้อย มีค่า N/P ต่ำกว่าทะเลสาบที่มีสารอาหารปานกลางและสารอาหารมาก ทั้งนี้พบว่า N/P ที่มีค่าต่ำคาดว่าจะมีผลทำให้เกิดกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนโดยเฉพาะเมื่อ N/P มีค่าต่ำและฟอสฟอรัสมีปริมาณเพียงพอ และหาก N/P มีค่ามากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแนวโน้มมีปริมาณน้อย (Heo and Bomchul, 1997) และเมื่อ N/P มีค่า

มาก องค์ประกอบแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม Cryptophytes และ Chrysophytes (Anton *et al* , 1995)

ในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ N/P มีค่าอยู่ระหว่าง 9.4 - 15.1 เมื่อ N/P มีค่าน้อย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเป็นชนิดเด่นในแหล่งน้ำ แต่เมื่อ N/P มีค่ามาก สาหร่ายสีเขียวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแนวโน้มลดลงในแหล่งน้ำ (Traichaiyaporn, 1985)

การศึกษาสภาพของสารอาหารในทะเลสาบ 3 แห่ง ในประเทศจีน พบว่าทะเลสาบ Paizhong ซึ่งมีสภาพเป็น Oligotrophic status มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.01 mg/L ปริมาณไนโตรเจนรวม 0.21 mg/L พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นกลุ่มเด่น คือ กลุ่มไดอะตอม ส่วนทะเลสาบ Biandan ซึ่งมีสภาพเป็น Mesotrophic status มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.014 mg/L ปริมาณไนโตรเจนรวม 0.66 mg/L พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นกลุ่มเด่น คือ กลุ่มไดอะตอมและสาหร่ายสีเขียว และทะเลสาบ Chidong มีสภาพเป็น Eutrophic status มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.019 mg/l ปริมาณไนโตรเจนรวม 1.45 mg/L พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น คือ กลุ่มสาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Zhang and Chang, 1994)

จากการพิจารณาถึงคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ตลอดจนสภาพแวดล้อมพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมี หลายปัจจัยร่วมกัน ไม่ใช่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ยิ่งในสภาพแหล่งน้ำที่ต่างกัน ระดับความลึกต่างกัน ปัจจัยต่างๆ ก็แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาถึงความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จึงควรที่จะคำนึงถึงปัจจัยที่ทำการศึกษา ตลอดจนทำการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะได้ทราบถึงข้อเท็จจริงของปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างแท้จริง

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการศึกษา

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่าย

1.1.1 ขวดบีโอดี (BOD bottle)

1.1.2 ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 2 ลิตร

1.1.3 หลอดพลาสติกเก็บตัวอย่างสาหร่าย

1.1.4 อุปกรณ์เก็บน้ำ (Water samplers) ยี่ห้อ Hydrobios

1.2 อุปกรณ์การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1.2.1 วัสดุอุปกรณ์

1.2.1.1 กรรไกร

1.2.1.2 กระดาษกรอง GF/C (Ø 47 mm)

1.2.1.3 กระดาษกรอง Whatmann เบอร์ 1 (Ø 125 mm)

1.2.1.4 กระดาษเลเบล

1.2.1.5 ขวดน้ำกลั่น

1.2.1.6 ครกบดสาร (Pistol + mortar)

1.2.1.7 ช้อนตักสาร (Spatula)

1.2.1.8 ปากคีบ (Forceps)

1.2.1.9 ลูกยางดูดสาร (Syringe ball)

1.2.1.10 อลูมิเนียมฟอยล์

1.2.2 เครื่องแก้ว

1.2.2.1 กรวยกรอง

1.2.2.2 กระบอกตวง (Measuring cylinder)

1.2.2.3 ขวดเจลดาคัล (Kjeldahl flask)

1.2.2.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

1.2.2.5 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)

1.2.2.6 จานเพาะเชื้อ (Petri dish)

1.2.2.7 บิวเรตต์ (Burette)

1.2.2.8 บีกเกอร์ (Beaker)

1.2.2.9 ปิเปตต์ (Pipette)

1.2.3 เครื่องมือ

1.2.3.1 กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ (Compound microscope)

1.2.3.2 เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum pump)

1.2.3.3 เครื่องชั่งละเอียด (Electrical balance)

1.2.3.4 เครื่องวัดความนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

1.2.3.5 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

1.2.3.6 เครื่องอ่างน้ำ (Water bath)

1.2.3.7 ชุดย่อยและกลั่น (Digestion and distillation set)

1.2.3.8 เตาไฟฟ้า (Hot plate)

1.2.3.9 เทอร์โมมิเตอร์

1.2.3.10 แผ่นวัดความโปร่งใสของน้ำ (Secchi disc)

1.2.3.11 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) รุ่น DR/2010

1.3 อุปกรณ์ตรวจวินิจฉัยชนิด นับปริมาณและถ่ายภาพสหาย

1.3.1 กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ (Compound microscope)

1.3.2 กล้องถ่ายรูป

1.3.3 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

1.3.4 สไลด์และกระจกปิดสไลด์

1.3.5 หลอดหยด

2 สารเคมีและสารละลาย

2.1 สารเคมีวิเคราะห์ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO)

2.1.1 Alkaline-iodide azide reagent

2.1.2 Manganese sulfate reagent

2.1.3 0.025 M Sodium thiosulfate (0.025 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

2.1.4 Starch solution

2.1.5 Sulfuric acid (H_2SO_4) AR

2.2 สารเคมีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen: $\text{NH}_3\text{-N}$)

2.2.1 EDTA reagent

2.2.2 Nessler reagent

2.2.3 6 N Sodium hydroxide (6 N NaOH)

2.2.4 Zinc sulfate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

2.3 สารเคมีวิเคราะห์ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen: $\text{NO}_2\text{-N}$)

2.3.1 Nitri Ver 3 Nitrite reagent power pillow

2.4 สารเคมีวิเคราะห์ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate nitrogen: $\text{NO}_3\text{-N}$)

2.4.1 Phenoldisulfonic acid solution

2.4.2 12 N Sodium hydroxide (12 N NaOH)

2.5 สารเคมีวิเคราะห์ Kjeldahl ไนโตรเจน (Total Kjeldahl nitrogen: TKN)

2.5.1 Boric acid (H_3BO_3)

2.5.2 EDTA reagent

2.5.3 Mixed indicator

2.5.4 Nessler reagent

2.5.5 Selenium

2.5.6 32% Sodium hydroxide (32% NaOH)

2.5.7 Sulfuric acid (H_2SO_4) AR

2.5.8 Zinc sulfate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

2.6 สารเคมีวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Orthophosphate-P: $\text{PO}_4\text{-P}$)

2.6.1 Ammonium molybdate reagent

2.6.2 Phenolphthalein indicator

2.6.3 Stannous chloride reagent

2.7 สารเคมีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus: TP)

2.7.1 Ammonium molybdate reagent

2.7.2 Nitric acid, conc. (HNO_3)

2.7.3 Phenolphthalein indicator

2.7.4 1 N Sodium hydroxide (1 N NaOH)

2.7.5 Stannous chloride reagent

2.7.6 Sulfuric acid (H_2SO_4) AR

2.8 สารเคมีวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a)

2.8.1 Ethyl alcohol

2.9 สารเคมีเตรียมน้ำยารักษาสภาพเซลล์ Lugol 's solution

2.9.1 Crystal iodine (I_2)2.9.2 Glacial acetic acid (CH_3COOH)

2.9.3 Potassium iodide (KI)

แผนการดำเนินงานและวิธีการวิจัย

1. สำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่างและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จำนวน 3 จุด (ภาพ 5) คือ
 - จุดที่ 1 หน้าเขื่อน (ละติจูด $19^{\circ}10'05''$ N ลองจิจูด $99^{\circ}03'02''$ E)
 - จุดที่ 2 บริเวณแพท่องเที่ยว (ละติจูด $19^{\circ}10'14''$ N ลองจิจูด $99^{\circ}04'58''$ E)
 - จุดที่ 3 เหนือแพท่องเที่ยว (ละติจูด $19^{\circ}10'52''$ N ลองจิจูด $99^{\circ}05'15''$ E)
2. เก็บตัวอย่างที่ 5 ระดับความลึก คือ 0.3, 10, 20, 30 และ 40 เมตร (หรือตามระดับความลึกสูงสุด ในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง) โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง
3. ศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
 - 3.1 ทำการตกตะกอน (Sedimentation) โดยนำน้ำตัวอย่างมา 500 mL ใส่ในกระบอกตกตะกอน ขนาด 500 mL เติม Lugol 's solution ในอัตราส่วนต่อน้ำตัวอย่าง 1:100 (Boney, 1975) ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 10 วัน สังเกตดูจะเห็นว่าสาหร่ายจะตกตะกอนไปอยู่ที่ส่วนล่างของ กระบอก คูดน้ำส่วนบนทิ้งไปโดยวิธีกลักน้ำ คงเหลือน้ำไว้ประมาณ 80 mL เทน้ำที่เหลือ ก้นกระบอกไปใส่ในกระบอกตกตะกอนขนาด 100 mL ปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL ตั้ง ทิ้งไว้ในที่มืดให้ตกตะกอนอีก 7 วัน และคูดเอาน้ำส่วนบนทิ้งเหลือไว้ 5 mL เก็บน้ำที่มี ตะกอนสาหร่ายในขวดพลาสติกเก็บตัวอย่าง ให้เติม Lugol 's solution ลงไปอีก 1-2 หยด เพื่อรักษาดตัวอย่างรอการตรวจวินิจฉัยชนิดต่อไป (ศิริเพ็ญ, 2537)
 - 3.2 ตรวจวินิจฉัยชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยใช้หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง คือ กาญจนภาชน (2527), ลัดดา (2538), Smith (1950), Desikachary (1959), Prescott (1970)
 - 3.3 วัดขนาดสาหร่ายด้วย ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)
 - 3.4 นับปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยวิธี Drop microtransect method (ศิริเพ็ญ, 2543)

- 3.5 ถ่ายภาพสาหร่ายที่พบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ (Compound microscope)
- 3.6 วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยวิธีของ Nusch (1980)
- 4 ศึกษาสภาพแวดล้อม คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ ณ. จุดเก็บตัวอย่าง
 - 4.1 จดบันทึกสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง
 - 4.2 สังเกตสีและกลิ่นของน้ำ
 - 4.3 วัดความโปร่งใสของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
 - 4.4 วัดอุณหภูมิน้ำและอากาศ โดยใช้ Thermometer
 - 4.5 วัดค่า pH ของน้ำ โดยใช้ pH meter
 - 4.6 วัดค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
 - 4.7 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี ที่ห้องปฏิบัติการ (ศิริเพ็ญ, 2543; APHA, 1998)
 - 4.7.1 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) โดยวิธี Azide Modification
 - 4.7.2 ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Orthophosphate-P: $\text{PO}_4\text{-P}$) โดยวิธี Stannous chloride
 - 4.7.3 ฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus: TP) โดยวิธี Acid digestion followed by Stannous chloride
 - 4.7.4 แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen: $\text{NH}_3\text{-N}$) โดยวิธี Direct Nesslerization
 - 4.7.5 ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen: $\text{NO}_2\text{-N}$) โดยวิธี Diazotization
 - 4.7.6 ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate nitrogen: $\text{NO}_3\text{-N}$) โดยวิธี Phenoldisulfonic acid
 - 4.7.7 Kjeldahl ไนโตรเจน (Total Kjeldahl nitrogen: TKN) โดยวิธี Macro Kjeldahl method followed by Nesslerization

5 การวิเคราะห์ข้อมูล

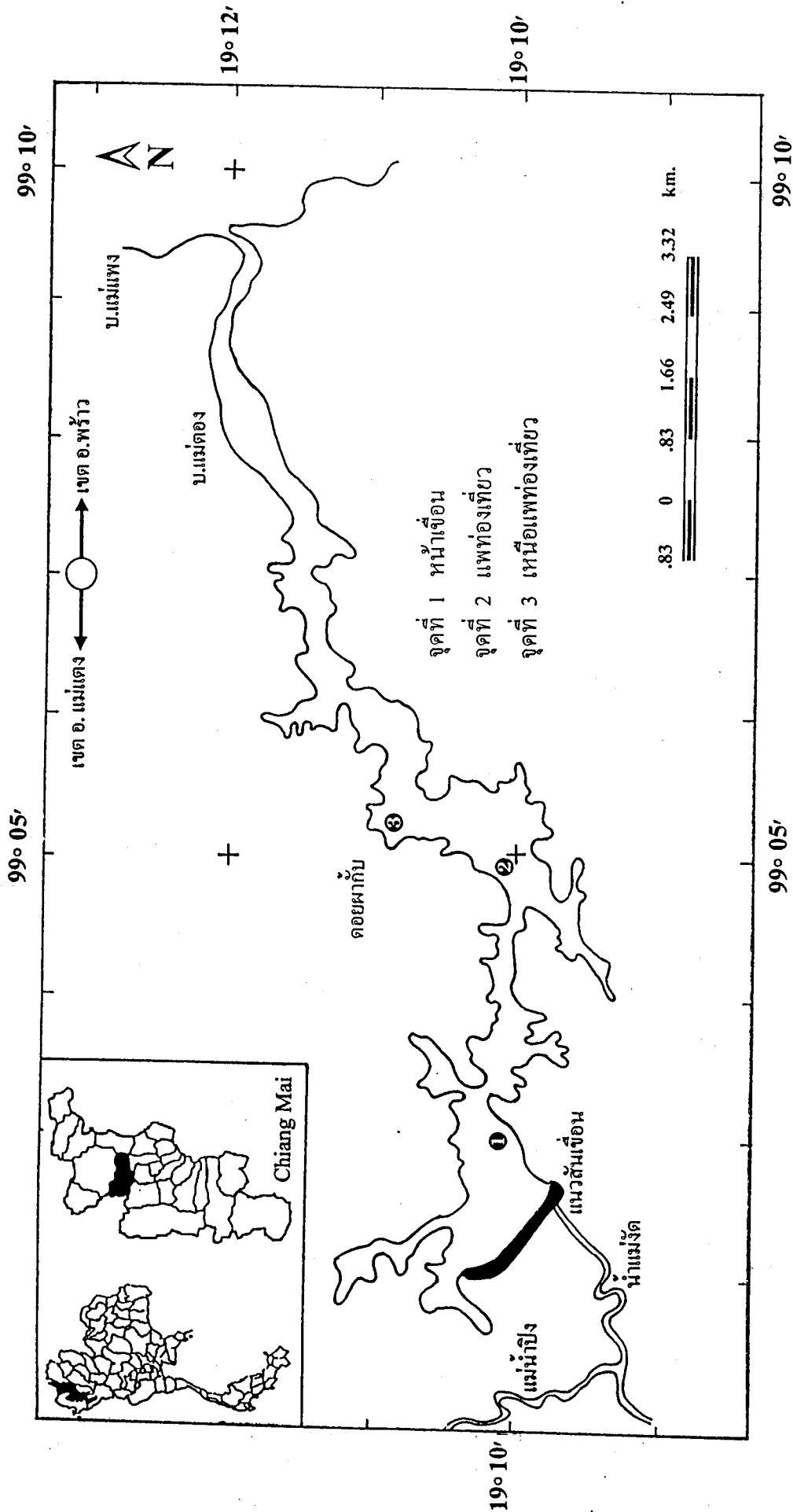
วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคุณภาพน้ำที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในต่างระดับความลึกโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และ Correlation coefficient ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

สถานที่ดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

1. อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ตำบลช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
2. หน่วยวิจัยแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาในการวิจัย

12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2544



ภาพ 4 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล
(ดัดแปลงจาก: Royal irrigation department, 1977)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาสหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำต่อความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2544 ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

ความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล

จากการศึกษาพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทั้งหมด 3 อันดับ (orders), 4 วงศ์ (families), 13 สกุล (genera) และ 22 ชนิด (species) (ตาราง 1) ดังนี้

Order Chroococcales

Family Chroococcaceae พบ 6 สกุล 9 ชนิด ได้แก่

Aphanocapsa koordersi Strom, *Aphanothece* sp., *Chroococcus minutus* (Kutzing) Naegeli, *Chroococcus turgidus* (Kutzing) Naegeli, *Chroococcus* sp., *Dactylococcopsis fascicularis* Lemmermann, *Merismopedia minima* Beck, *Merismopedia punctata* Meyen, *Microcystis aeruginosa* Kutz (ภาพ 5)

Order Pleurocapsales

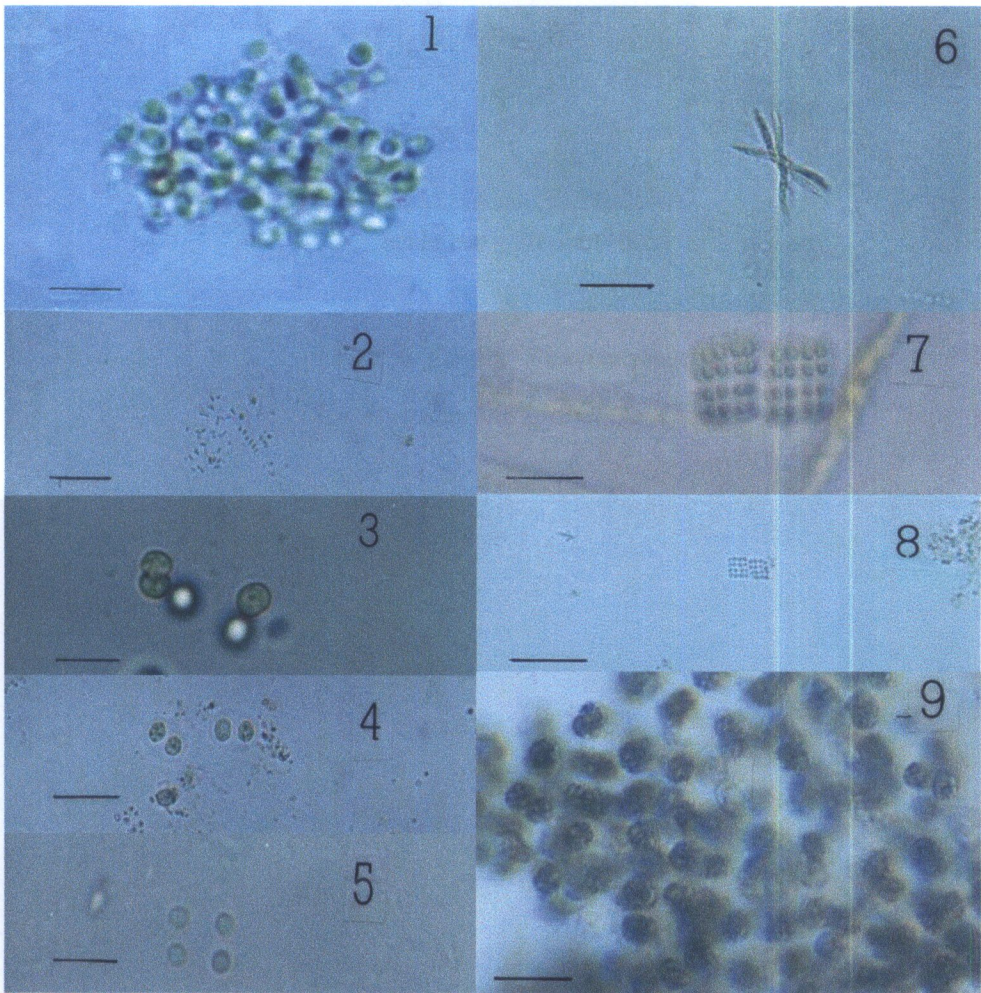
Family Pleurocapsaceae พบ 1 สกุล 1 ชนิด ได้แก่

Myxosarcina spectabilis Geitler (ภาพ 6)

Order Nostocales

Family Oscillatoriaceae พบ 3 สกุล 6 ชนิด ได้แก่

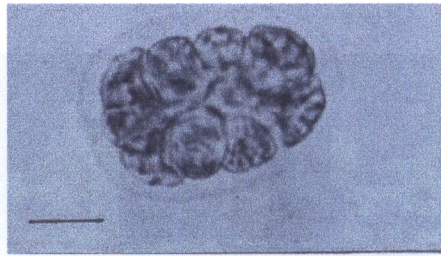
Lyngbya limnetica Lemmermann, *Oscillatoria angustissima* West & West, *Oscillatoria prolifica* (Greville) Gomont, *Oscillatoria splendida* Greville.ex Gomont, *Oscillatoria* sp., *Spirulina* sp. (ภาพ 7)



Scale bar = 20 μm (400x)

ภาพ 5 Family Chroococcaceae

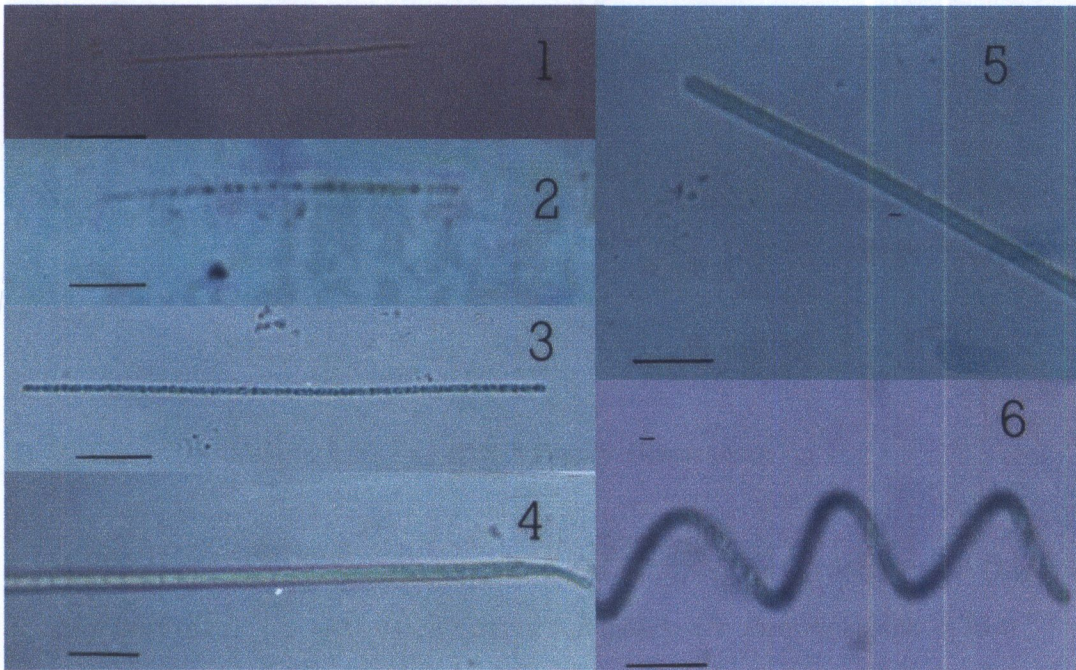
- | | |
|---|--|
| 1. <i>Aphanocapsa koordersi</i> Strom | 6. <i>Dactylococcopsis fascicularis</i> Lemmermann |
| 2. <i>Aphanothece</i> sp. | 7. <i>Merismopedia minima</i> Beck |
| 3. <i>Chroococcus minutus</i> (Kutzing) Naegeli, | 8. <i>Merismopedia punctata</i> Meyen |
| 4. <i>Chroococcus turgidus</i> (Kutzing) Naegeli, | 9. <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz |
| 5. <i>Chroococcus</i> sp. | |



Scale bar = 20 μm (400x)

ภาพ 6 Family Pleurocapsaceae

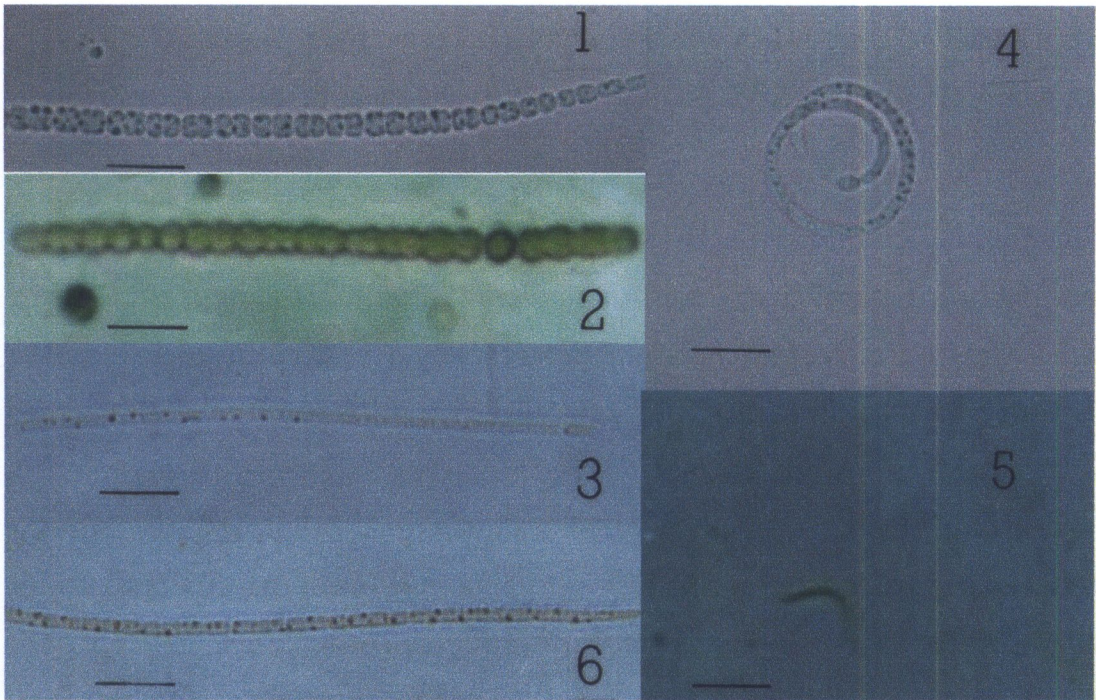
1. *Myxosarcina spectabilis* Geitler



Scale bar = 20 μm (400x)

ภาพ 7 Family Oscillatoriaceae

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Lyngbya limnetica</i> Lemmermann | 4. <i>Oscillatoria splendida</i> Greville.ex Gomont |
| 2. <i>Oscillatoria angustissima</i> West & West | 5. <i>Oscillatoria</i> sp. |
| 3. <i>Oscillatoria prolifica</i> (Greville) Gomont | 6. <i>Spirulina</i> sp. |



Scale bar = 20 μm (400x)

பர 8 Family Nostocaceae

- | | |
|---|---|
| 1. <i>Anabaena</i> sp.1 | 4. <i>Cylindrospermopsis philippinensis</i> (Taylor)Ka. |
| 2. <i>Anabaena</i> sp.2 | 5. <i>Raphidiopsis curvata</i> Fritsch & Rich |
| 3. <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz) | 6. <i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja |
- Seenayya & Subba.

Family Nostocaceae พบ 3 สกุล 6 ชนิด ได้แก่

Anabaena sp.1, *Anabaena* sp.2, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya & Subba, *Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor) Ka., *Raphidiopsis curvata* Fritsch & Rich, *Raphidiopsis mediterranea* Skuja (ภาพ 8)

จากตารางที่ 1 พบว่าความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึกไม่มีความแตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ ส่วนใหญ่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความหลากหลายมากที่ระดับความลึก 0.30 m เมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก็ไม่ได้ลดน้อยลง ชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบก็ยังคงเหมือนเดิม แต่จะแตกต่างกันไปในส่วนของคุณภาพสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบ นอกจากนี้พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดพบที่ระดับความลึกไม่ลึกมากนัก เมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงพื้นท้องน้ำก็จะไม่พบสาหร่ายชนิดนั้นเลย ส่งผลให้ที่ความลึกมากๆ มีความหลากหลายของสาหร่ายน้อย หรืออีกประการ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดพบที่ระดับความลึกมาก ซึ่งก็น้อยครั้งมากที่มีเหตุการณ์เช่นนี้ แต่อย่างไรก็ตามพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีการแพร่กระจายในทุกระดับความลึก เช่น *Lyngbya limnetica* ซึ่งการที่ระดับความลึกต่างๆ มีความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากน้อยแตกต่างกัน อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อมรวมทั้งปัจจัยคุณภาพน้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแต่ละชนิดแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 17) ซึ่งแสดงว่าความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในความลึกต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในระดับความลึกต่างๆ อย่างชัดเจนก็จะพิจารณาถึงผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินด้วย ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

จำนวนชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

จำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งหมด 22 ชนิด ซึ่งมีจำนวนชนิดแตกต่างกันในต่างความลึกเดือนและจุดเก็บตัวอย่าง โดยจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษาแสดงในตาราง 2 และภาพ 9

ที่ 0.30 m มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 8 ชนิด พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 14 ชนิด ในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 2 ชนิด ในเดือนธันวาคม (จุดที่ 2)

ที่ 10.00 m มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 7 ชนิด พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 9 ชนิด ในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 4 ชนิด ในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 3) และธันวาคม (จุดที่ 2 และ 3)

ที่ 20.00 m มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 6 ชนิด พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 8 ชนิด ในเดือนมกราคมและสิงหาคม (จุดที่ 1) และเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 3) และพบน้อยที่สุด 3 ชนิด ในเดือนธันวาคม (จุดที่ 1)

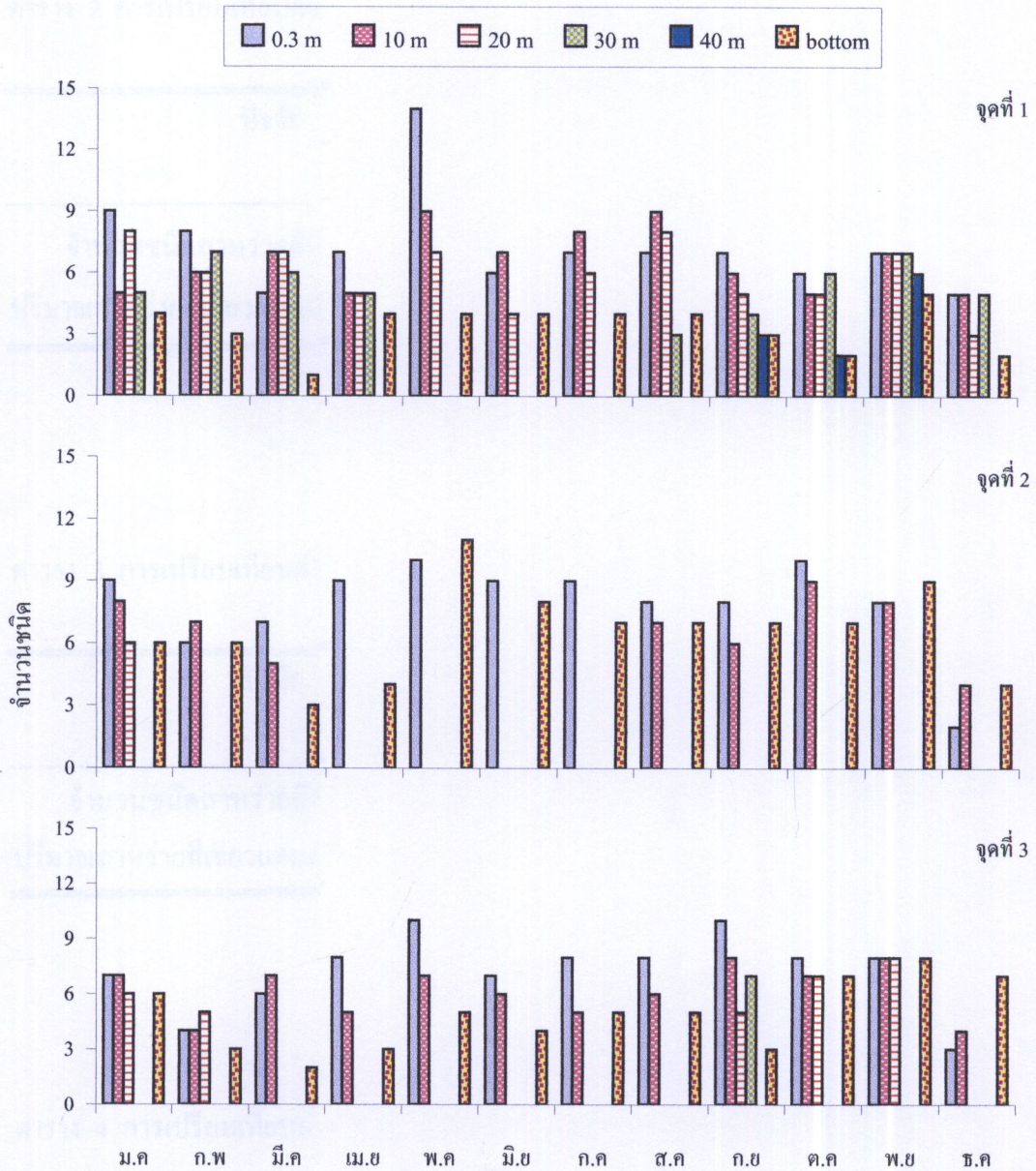
ที่ 30.00 m มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 5 ชนิด พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 7 ชนิด ในเดือนกุมภาพันธ์และพฤศจิกายน (จุดที่ 1) และเดือนกันยายน (จุดที่ 3) และพบน้อยที่สุด 3 ชนิด ในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1)

ที่ 40.00 m มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 4 ชนิด พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 6 ชนิด ในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 2 ชนิด ในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1)

ที่พื้นที่ตื้นน้ำ มีจำนวนชนิดเฉลี่ย 4 ชนิด พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 11 ชนิด ในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 2) และพบน้อยที่สุด 1 ชนิด ในเดือนมีนาคม (จุดที่ 1)

จากภาพ 9 พบว่าจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ส่วนใหญ่มีจำนวนลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีบางระดับความลึกที่แตกต่างออกไป เช่น เดือนมีนาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม (จุดที่ 1) เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม พฤศจิกายน และธันวาคม (จุดที่ 2) และเดือนมีนาคมและธันวาคม (จุดที่ 3) ที่มีจำนวนชนิดเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่จะเกิดขึ้นบางระดับความลึกเท่านั้น และนอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ที่พื้นที่ตื้นน้ำ (จุดที่ 2) มีจำนวนชนิดสูงกว่าที่ระดับความลึกพื้นที่ตื้นน้ำในจุดที่ 1 และ 3 ทั้งนี้อาจเพราะระดับความลึกที่พื้นที่ตื้นน้ำ จุดที่ 2 มีความลึกไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับ จุดที่ 1 และ 3 ซึ่งส่งผลให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สามารถแพร่กระจายลงไปสู่ที่พื้นที่ตื้นน้ำได้มาก จึงมีจำนวนชนิดมากตามไปด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 17)

จำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือน พบว่าจำนวนชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 3, 4 และ 17 ภาพ 9) ซึ่งหมายความว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนที่มีจำนวนชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแตกต่างกันนั้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติถือว่าจำนวนชนิดต่างๆ นั้น ไม่มีความแตกต่างกัน



ภาพ 9 จำนวนชนิด (species) ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 2 ภาพ 10, 11) พบว่า

ที่ 0.30 m มีปริมาณเฉลี่ย $6,004.75 \times 10^3$ No./L พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด $40,717.50 \times 10^3$ No./L ในเดือนกันยายน (จุดที่ 3) และพบน้อยที่สุด 14.05×10^3 No./L ในเดือนธันวาคม (จุดที่ 3)

ที่ 10.00 m มีปริมาณเฉลี่ย $1,500.29 \times 10^3$ No./L พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด $9,922.90 \times 10^3$ No./L ในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 12.50×10^3 No./L ในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 3)

ที่ 20.00 m มีปริมาณเฉลี่ย 351.93×10^3 No./L พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด $2,770 \times 10^3$ No./L ในเดือนมิถุนายน (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 8.75×10^3 No./L ในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 3)

ที่ 30.00 m มีปริมาณเฉลี่ย 155.50×10^3 No./L พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 403.12×10^3 No./L ในเดือนธันวาคม (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 28.34×10^3 No./L ในเดือนเมษายน (จุดที่ 1)

ที่ 40.00 m มีปริมาณเฉลี่ย 54.19×10^3 No./L พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด 82.50×10^3 No./L ในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) และพบน้อยที่สุด 52.50×10^3 No./L ในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1)

ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณเฉลี่ย $1,169.53 \times 10^3$ No./L พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด $30,789.85 \times 10^3$ No./L ในเดือนมิถุนายน (จุดที่ 2) และพบน้อยที่สุด 3.75×10^3 No./L ในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 3)

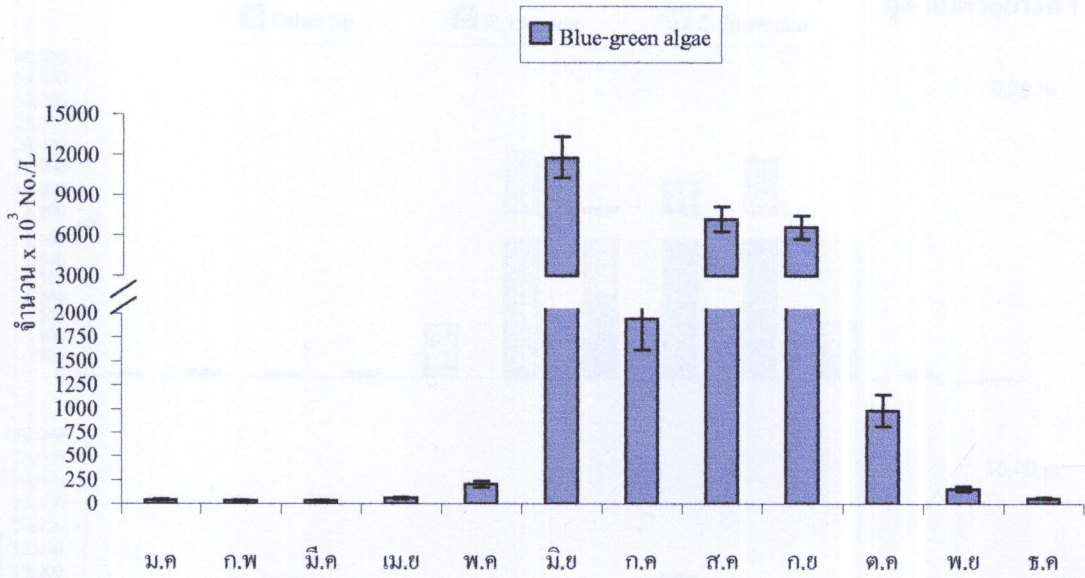
ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณมากที่สุดที่ 0.30 m และมีปริมาณลดลงที่ 10.00 m แต่ยังถือว่าปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ระดับความลึกนี้มีปริมาณมากเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความลึกอื่นๆ ทำให้เห็นภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินว่ามีการแพร่กระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0.30 – 10.00 m และมีปริมาณลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตผลการศึกษาที่ระดับความลึกพื้นท้องน้ำ (จุดที่ 2, 3) ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณมาก จะแตกต่างกับจุดที่ 1 ทั้งนี้อาจเกิดจากระดับความลึกพื้นท้องน้ำของจุดที่ 2 และ 3 มีความลึกไม่มาก ส่งผลให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการแพร่กระจายลงไปได้มาก ซึ่งต่างจากจุดที่ 1 ที่ระดับความลึกพื้นท้องน้ำมีความลึกมาก การที่

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะแพร่กระจายลงไปถึงพื้นท้องน้ำก็มีปริมาณน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 18) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 2) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (0.30 m) มีปริมาณ $6,004.75 \times 10^3$ No./L และกลุ่มที่ 2 (10.00 m ถึงพื้นท้องน้ำ) มีปริมาณ $54.19 - 1,500.29 \times 10^3$ No./L

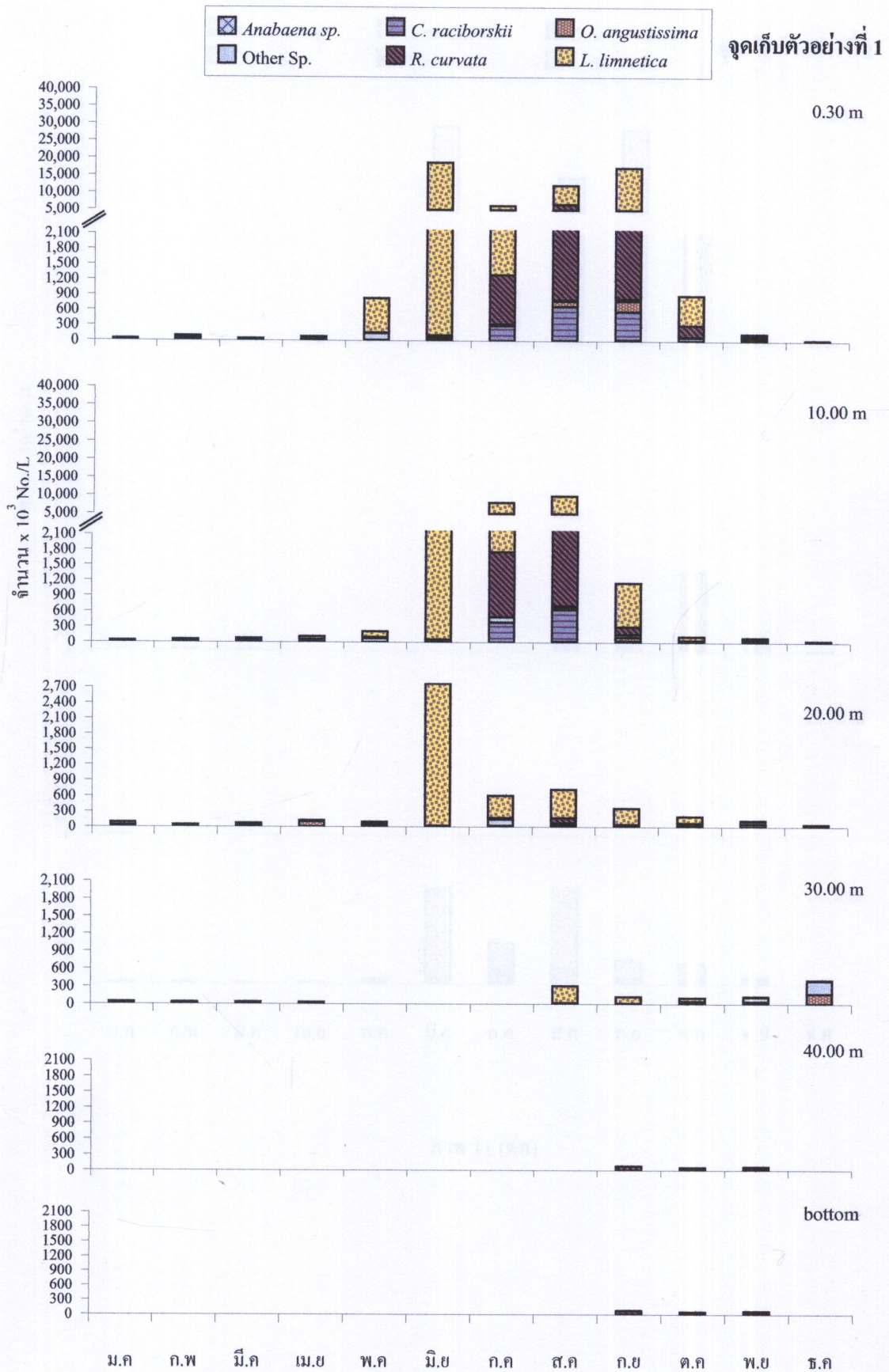
จากผลการศึกษาปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือน (ตาราง 3, 4 และภาพ 10, 11) พบว่าปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 18) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 3) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (จุดที่ 2) มีปริมาณ $3,654.73 \times 10^3$ No./L กลุ่มที่ 2 (จุดที่ 3) มีปริมาณ $2,487.59 \times 10^3$ No./L และกลุ่มที่ 3 (จุดที่ 1) มีปริมาณ $1,449.46 \times 10^3$ No./L

และเมื่อพิจารณาปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแต่ละเดือน (ภาพ 10) พบว่าช่วงแรกของการศึกษาปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณไม่มากนัก หลังจากนั้นปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนเริ่มมีปริมาณมากตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงกันยายน และหลังจากนั้นปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก็เริ่มลดน้อยลง อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 18) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบออกได้ 8 กลุ่ม (ตาราง 4) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนมิถุนายน) มีปริมาณ $11,764.76 \times 10^3$ No./L กลุ่มที่ 2 (เดือนสิงหาคม) มีปริมาณ $7,166.43 \times 10^3$ No./L กลุ่มที่ 3 (เดือนกันยายน) มีปริมาณ $6,564.63 \times 10^3$ No./L กลุ่มที่ 4 (เดือนกรกฎาคม) มีปริมาณ $1,944.90 \times 10^3$ No./L กลุ่มที่ 5 (เดือนตุลาคม) มีปริมาณ 980.56×10^3 No./L กลุ่มที่ 6 (เดือนเมษายน และพฤษภาคม) มีปริมาณ $59.23 - 202.19 \times 10^3$ No./L กลุ่มที่ 7 (เดือนมกราคม เมษายน พฤศจิกายน และธันวาคม) มีปริมาณ $41.60 - 154.08 \times 10^3$ No./L และกลุ่มที่ 8 (เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน และธันวาคม) มีปริมาณ $32.36 - 59.23 \times 10^3$ No./L

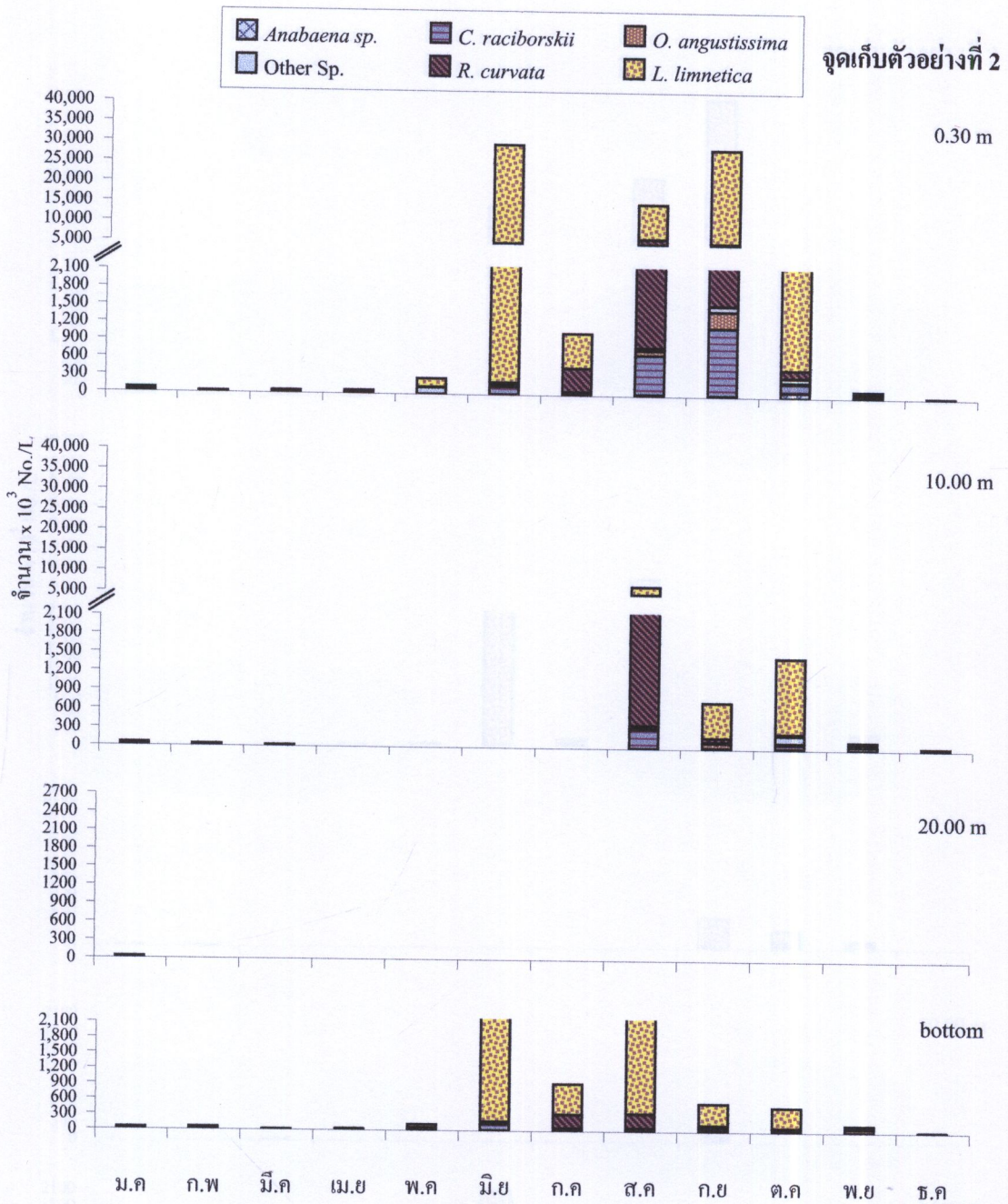
และจากการพิจารณาผลการศึกษาจำนวนชนิดและปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *Lyngbya limnetica* และ *Raphidiopsis curvata* โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งสองชนิดนี้พบบ่อยตลอดการศึกษา มีการแพร่กระจายในทุกระดับความลึก รวมทั้งมีปริมาณมาก โดยเฉพาะในช่วงเดือนที่องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีปริมาณมากกว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่น (เดือนมิถุนายน-กันยายน) (ภาพ 12)



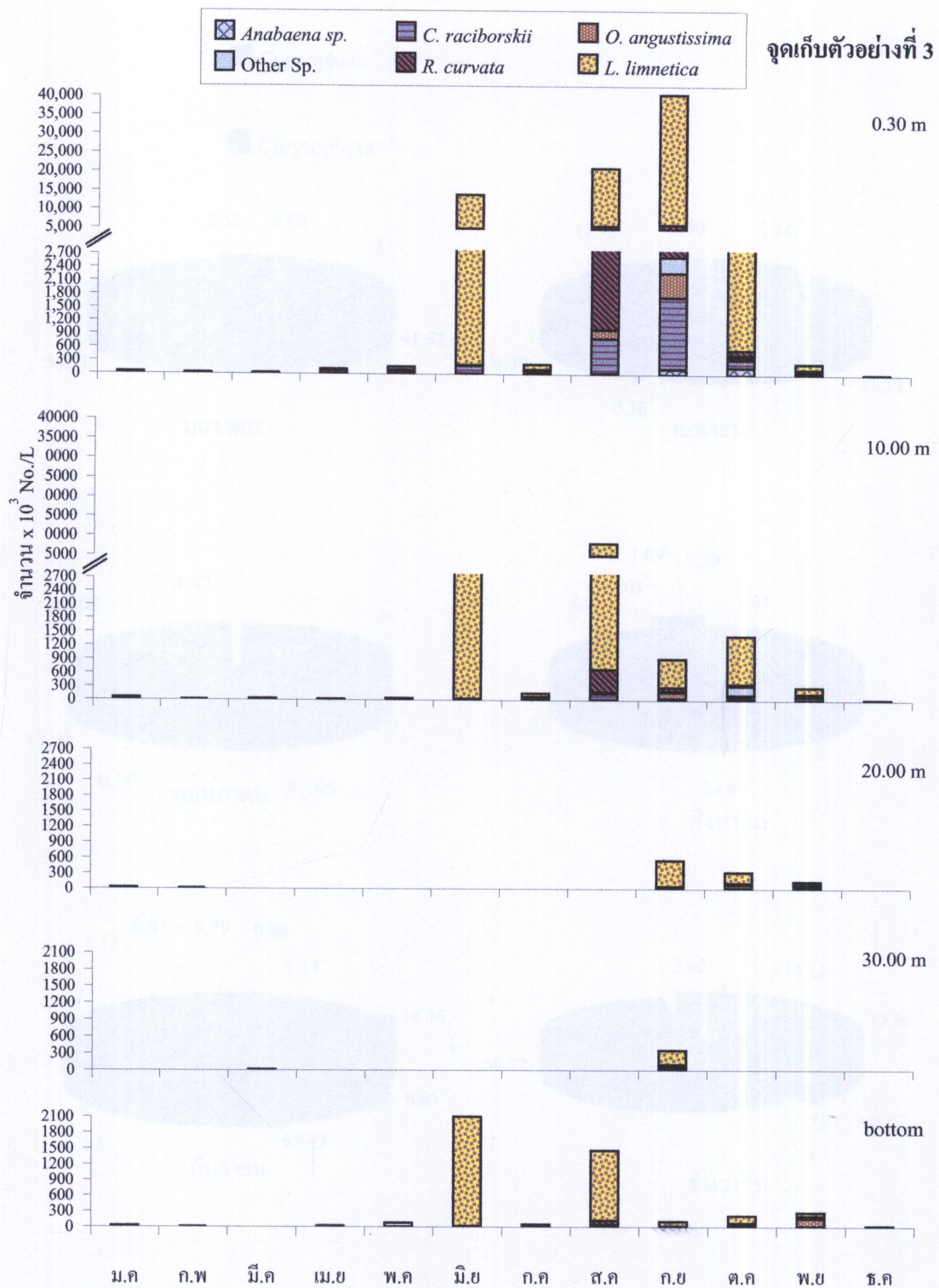
ภาพ 10 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (จำนวน x 10³ No./L) ในแต่ละเดือน



ภาพ 11 ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (จำนวน $\times 10^3$ No./L)



ภาพ 11 (ต่อ)



ภาพ 11 (ต่อ)

คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2544 ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

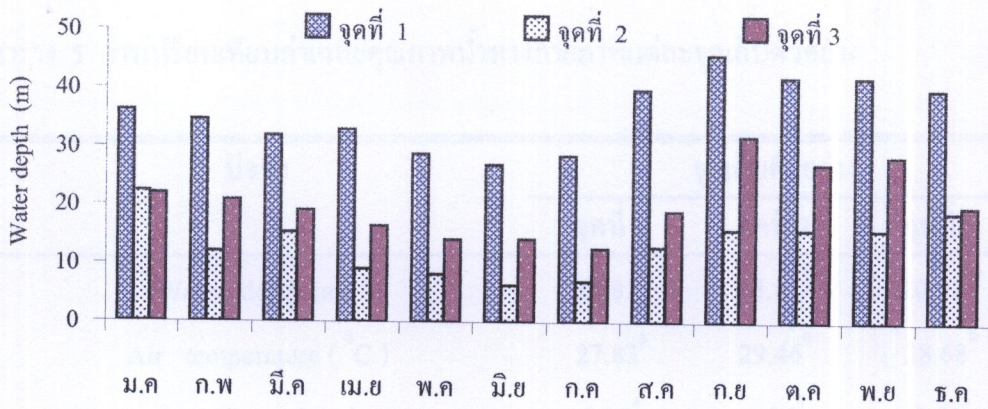
คุณภาพน้ำทางกายภาพ

ระดับความลึกของน้ำ (Water Depth)

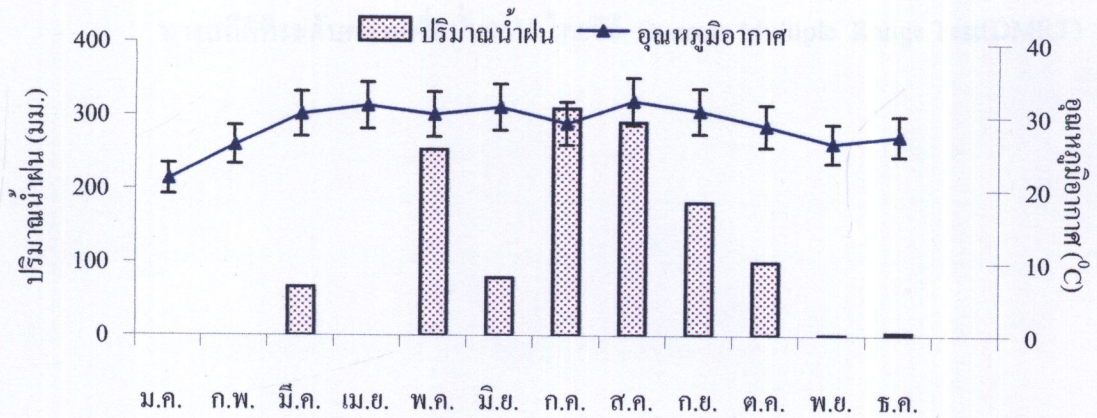
ระดับความลึกของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม (ตาราง 16 และภาพ 13) พบว่ามีความลึก 13.61 – 35.81 m ซึ่งจุดที่ 1 จะมีระดับความลึกของน้ำมากที่สุด และจุดที่ 2 มีระดับความลึกน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างระดับความลึกของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 19) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของระดับความลึกของน้ำทั้ง 3 จุดออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 5) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (จุดที่ 1 และ 3) มีความลึก 20.91 – 35.81 m และกลุ่มที่ 2 (จุดที่ 2 และ 3) มีความลึก 13.61 – 20.91 m

และผลการศึกษา ระดับความลึกของน้ำในแต่ละเดือน พบว่ามีความลึกแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน โดยเริ่มแรกของการศึกษาน้ำมีความลึกมาก ซึ่งสืบเนื่องมาจากการกักเก็บในปลายปี 2543 แล้วหลังจากนั้นระดับความลึกก็จะลดลงในช่วงฤดูร้อน แล้วก็จะมีความลึกเพิ่มขึ้นอีกครั้งในฤดูฝน เมื่อนำผลการศึกษา มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 19)

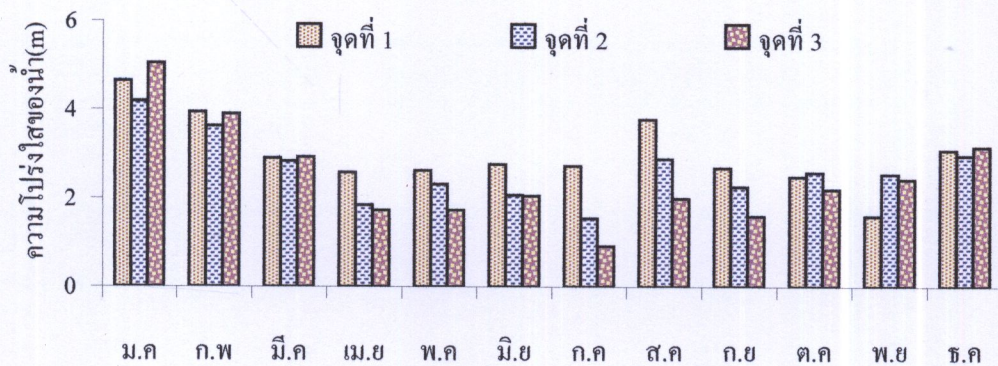
ทั้งนี้ระดับความลึกของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตก และการเปิด-ปิดประตูน้ำของอ่างเก็บน้ำ โดยพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีมีปริมาณ 107.24 mL ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม 2544 (309.90 mL) และไม่มีปริมาณน้ำฝนตกในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ เมษายน 2544 (0 mL) (ตาราง 6 และภาพ 14) ผลวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของระดับความลึกของน้ำกับปริมาณน้ำฝน พบว่าระดับความลึกของน้ำมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝน ($r = 0.512$) (ตาราง 7)



ภาพ 13 ระดับความลึกของน้ำ



ภาพ 14 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยแต่ละเดือน



ภาพ 15 ความโปร่งใสของน้ำ

ตาราง 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ปัจจัย	จุดเก็บตัวอย่าง		
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
Water depth (m)	35.81 ^a	13.61 ^b	20.91 ^{ab}
Air temperature (°C)	27.83 ^a	29.46 ^c	28.68 ^b
Secchi depth (m)	2.98 ^a	2.56 ^a	2.54 ^a
Water temperature (°C)	26.21 ^a	27.19 ^a	26.58 ^a

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ตาราง 6 ปริมาณน้ำฝน

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (mL)
มกราคม	-
กุมภาพันธ์	-
มีนาคม	65.80
เมษายน	-
พฤษภาคม	254.10
มิถุนายน	78.80
กรกฎาคม	309.90
สิงหาคม	291.64
กันยายน	181.60
ตุลาคม	100.40
พฤศจิกายน	0.80
ธันวาคม	3.80
เฉลี่ย	107.24

ที่มา : โครงการชลประทานเขื่อนแม่จันทน์สมบูรณ์ชล

ตาราง 7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของปริมาณน้ำฝนกับความลึก
อุณหภูมิอากาศ ความโปร่งใสของน้ำและอุณหภูมิน้ำ

ปัจจัย	ความลึกน้ำ	อุณหภูมิอากาศ	ความโปร่งใสของน้ำ	อุณหภูมิน้ำ
ปริมาณน้ำฝน	0.512*	0.574*	-0.065	0.662*

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

อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

อุณหภูมิอากาศในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลตลอดการศึกษา มีค่า $21.33 - 32.00^{\circ}\text{C}$ โดยพบว่าอุณหภูมิอากาศแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตลอดการศึกษา (ตาราง 5 และภาพ 14) ปรากฏผลการศึกษา ดังนี้

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 27.83°C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม (32.00°C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม (18.00°C)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 29.46°C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนเมษายน และสิงหาคม (32.00°C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม (23.00°C)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 28.68°C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนเมษายน และสิงหาคม (32.00°C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม (23.00°C)

ซึ่งจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศในทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน คือ มีอุณหภูมิสูงในเดือนที่อยู่ช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนบางเดือนที่ฝนไม่ตก อากาศร้อน อุณหภูมิอากาศจึงมีค่าสูงตามไปด้วย และอุณหภูมิอากาศทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีค่าต่ำในเดือนที่อยู่ช่วงฤดูหนาว เมื่อนำผลการศึกษาของอุณหภูมิอากาศในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและแต่ละเดือนมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิอากาศในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 20) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 5) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (จุดที่ 2) มีอุณหภูมิ 29.46°C กลุ่มที่ 2 (จุดที่ 3) มีอุณหภูมิ 28.68°C และกลุ่มที่ 3 (จุดที่ 1) มีอุณหภูมิ 27.83°C

ส่วนผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอุณหภูมิอากาศในแต่ละเดือน (ตาราง 8 และภาพ 14) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 20) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในแต่ละเดือนออกได้ 11 กลุ่ม (ตาราง 8) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนสิงหาคม) มีอุณหภูมิ 32.00°C กลุ่มที่ 2 (เดือนเมษายน) มีอุณหภูมิ 31.33°C กลุ่มที่ 3 (เดือนมิถุนายน) มีอุณหภูมิ 31.17°C กลุ่มที่ 4 (เดือนกันยายน) มีอุณหภูมิ 30.67°C กลุ่มที่ 5 (เดือนมีนาคมและพฤษภาคม) มีอุณหภูมิ 30.17°C กลุ่มที่ 6 (เดือนกรกฎาคม) มีอุณหภูมิ 29.00°C กลุ่มที่ 7 (เดือนตุลาคม) มีอุณหภูมิ 28.67°C กลุ่มที่ 8 (เดือนธันวาคม) มีอุณหภูมิ 27.33°C กลุ่มที่ 9 (เดือนพฤศจิกายน) มีอุณหภูมิ 26.33°C กลุ่มที่ 10 (เดือนกุมภาพันธ์) มีอุณหภูมิ 26.00°C และกลุ่มที่ 11 (เดือนมกราคม) มีอุณหภูมิ 21.33°C

ความโปร่งใสของน้ำ (Water Transparency)

ความโปร่งใสของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (เดือนมกราคม – ธันวาคม 2544) (ตาราง 16 และภาพ 15) พบว่ามีค่า 1.73 – 4.62 m โดยผลการศึกษาความโปร่งใสในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ปรากฏผลดังนี้

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีความโปร่งใสเฉลี่ย 2.98 m ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนมกราคม (4.64 m) และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (1.60 m)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีความโปร่งใสเฉลี่ย 2.56 m ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนมกราคม (4.19 m) และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม (1.55 m)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 มีความโปร่งใสเฉลี่ย 2.54 m ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนมกราคม (5.04 m) และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม (0.92 m)

ซึ่งพบว่าความโปร่งใสของน้ำที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีค่ามากกว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 และ 3 ยกเว้นในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน ที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีค่ามากกว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 3 และในเดือนมกราคม และธันวาคม ที่จุดเก็บตัวอย่าง 3 มีค่ามากกว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างความโปร่งใสของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 21)

และผลการศึกษาความโปร่งใสของน้ำแต่ละเดือนตลอดการศึกษา พบว่าช่วงแรกของการศึกษาซึ่งอยู่ในฤดูหนาว ความโปร่งใสของน้ำมีค่ามาก อาจเนื่องจากอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำมาก สภาพน้ำนิ่ง ใส ไม่มีตะกอน ท้องฟ้าเปิด แต่หลังจากนั้นตั้งแต่เดือนมีนาคมเป็นต้นมา ความโปร่งใสของน้ำเริ่มลดลง ซึ่งปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเริ่มน้อยลง สภาพน้ำมีตะกอนแขวนลอยมาก และเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม ความโปร่งใสของน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ก็ยังถือว่ายังมีค่าน้อยอยู่ อาจเนื่องจากฝนที่ตกจะชะล้างตะกอนลงสู่อ่างเก็บน้ำ ทำให้ค่าความโปร่งใสของน้ำมีค่าน้อย ยกเว้น

ในเดือนสิงหาคม พบว่าค่าความโปร่งใสของน้ำทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นมาก เมื่อพิจารณาขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนสิงหาคมนี้ พบว่าสภาพน้ำมีสีใส สภาพท้องฟ้าโปร่งกว่าช่วงเดือนก่อน ทั้งนี้อาจเพราะก่อนหน้าที่จะทำการเก็บตัวอย่างประมาณ 1 อาทิตย์ ฝนได้หยุดตก เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างความโปร่งใสของน้ำแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 21) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของค่าความโปร่งใสของน้ำแต่ละเดือนออกได้ 7 กลุ่ม (ตาราง 8) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนมกราคมและกุมภาพันธ์) มีค่า 3.82 – 4.62 m กลุ่มที่ 2 (เดือนกุมภาพันธ์และธันวาคม) มีค่า 3.06 – 3.82 m กลุ่มที่ 3 (มีนาคม สิงหาคมและธันวาคม) มีค่า 2.88 – 3.06 m กลุ่มที่ 4 (เดือนมีนาคม สิงหาคมและตุลาคม) มีค่า 2.42 – 2.88 m กลุ่มที่ 5 (เดือน

มีนาคม มิถุนายนและตุลาคม) มีค่า 2.29 – 2.88 m กลุ่มที่ 6 (เดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กันยายน ตุลาคมและพฤศจิกายน) มีค่า 2.05 – 2.42 m และกลุ่มที่ 7 (เดือนเมษายน กรกฎาคม กันยายนและพฤศจิกายน) มีค่า 1.73 – 2.18 m

อุณหภูมิน้ำ (Water Temperature)

อุณหภูมิน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (เดือนมกราคม – ธันวาคม 2544) พบว่ามีค่า 24.05 – 29.57 °C โดยอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 16, 17) พบว่า

ที่ 0.30 m มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 28.11 °C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม จุดที่ 3 (32.10 °C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม จุดที่ 1 (24.00 °C)

ที่ 10.00 m มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 26.52 °C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม จุดที่ 1 (29.90 °C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม จุดที่ 1 (23.90 °C)

ที่ 20.00 m มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 25.79 °C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม จุดที่ 1 (29.00 °C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม จุดที่ 1 (23.80 °C)

ที่ 30.00 m มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 25.56 °C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม จุดที่ 1 (28.40 °C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม จุดที่ 1 (23.50 °C)

ที่ 40.00 m มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 25.13 °C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนตุลาคม จุดที่ 1 (26.60 °C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนพฤศจิกายน จุดที่ 1 (25.20 °C)

ที่พื้นท้องน้ำ มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 25.87 °C ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในเดือนมิถุนายน จุดที่ 2 (30.70 °C) และมีอุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคม จุดที่ 1 (23.10 °C)

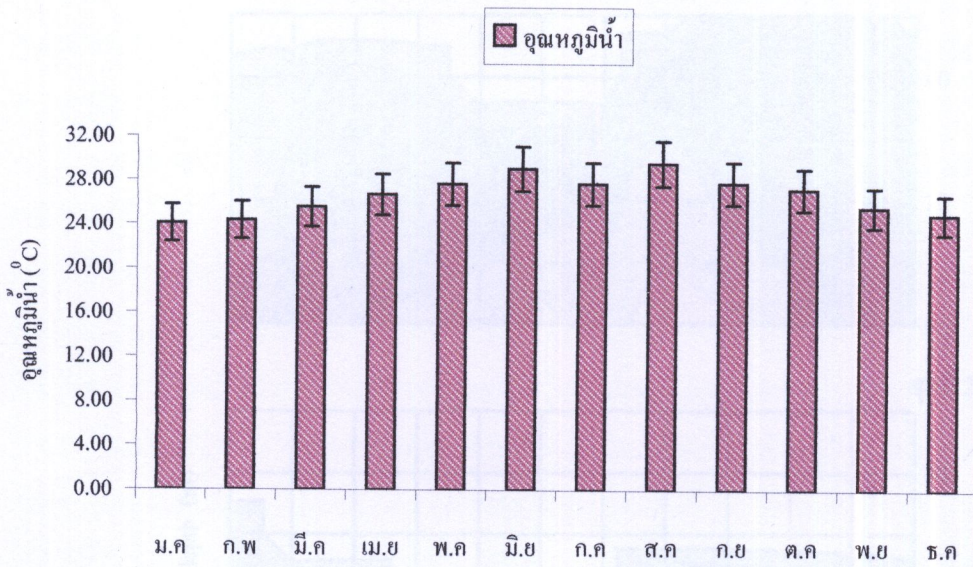
โดยจากการสังเกต พบว่าตั้งแต่ระดับความลึก 0.30 – 40.00 m อุณหภูมิน้ำมีค่าลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามที่พื้นท้องน้ำมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงขึ้นเล็กน้อยเพราะที่พื้นท้องน้ำโดยเฉพาะจุดที่ 2 และ 3 มีอุณหภูมิน้ำลดลงเล็กน้อยจากที่ระดับผิวน้ำ ทั้งนี้เพราะจากระดับผิวน้ำถึงที่พื้นท้องน้ำมีความลึกไม่มาก

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 22) สามารถแบ่งความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (0.30 m) มีอุณหภูมิ 28.11 °C และกลุ่มที่ 2 (10.00 m ถึงพื้นท้องน้ำ) มีอุณหภูมิ 25.13 – 26.52 °C

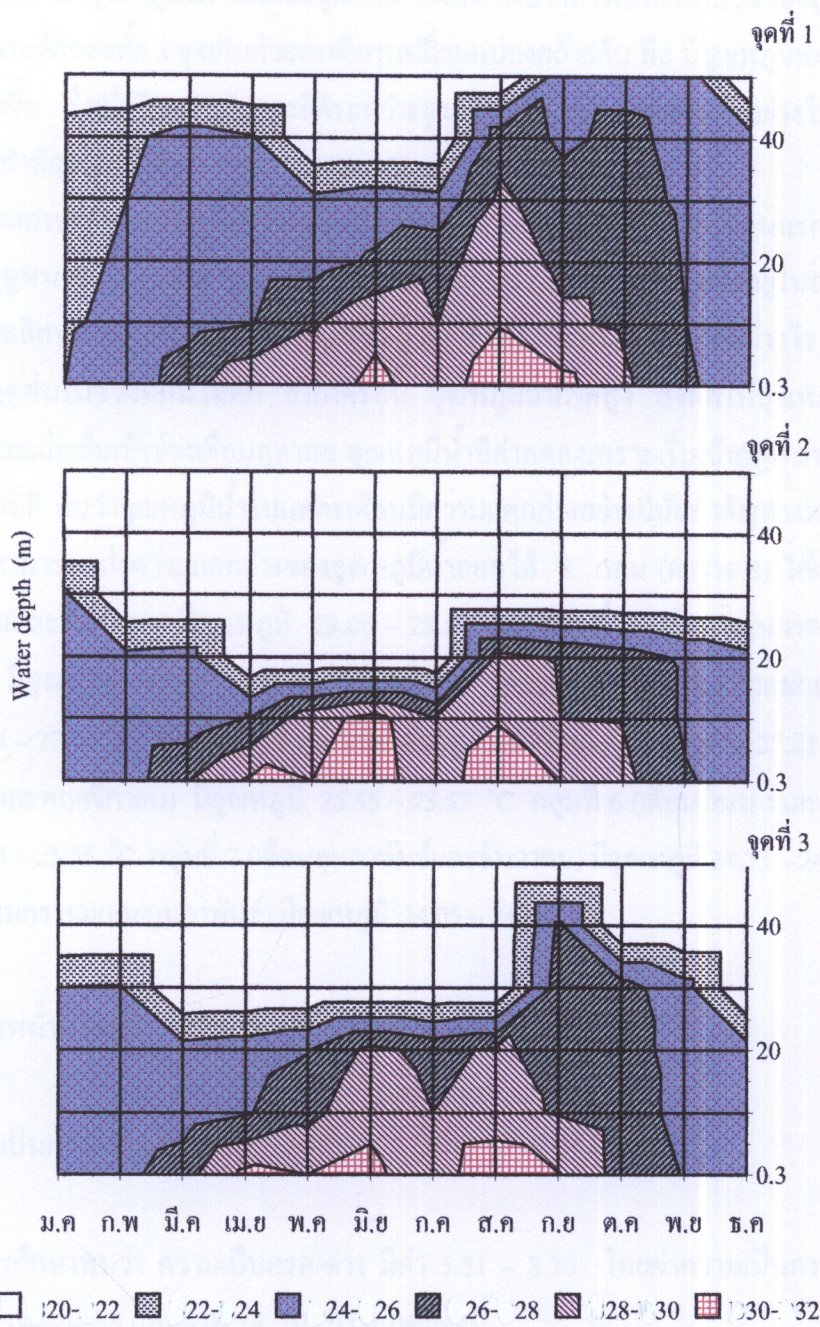
ตาราง 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีแต่ละระดับความลึก

ปัจจัย	ระดับความลึก (m)					พื้นที่ตอมน้ำ
	0.30	10.00	20.00	30.00	40.00	
Water temperature (°C)	28.11 ^a	26.52 ^b	25.79 ^b	25.56 ^b	25.13 ^b	25.87 ^b
pH	7.22 ^a	6.50 ^b	6.37 ^c	6.17 ^c	5.61 ^c	6.41 ^b
Conductivity (us/cm)	97.97 ^b	95.69 ^b	95.56 ^b	93.20 ^b	112.00 ^a	106.34 ^b
DO (mg/L)	5.83 ^a	2.37 ^b	1.46 ^c	0.11 ^c	0 ^c	1.24 ^c
NH ₃ -N (mg/L)	0.0339 ^c	0.0380 ^c	0.0365 ^c	0.0554 ^c	0.0844 ^a	0.0527 ^b
NO ₂ -N (mg/L)	0.0043 ^a	0.0042 ^a	0.0046 ^a	0.0041 ^a	0.0047 ^a	0.0046 ^a
NO ₃ -N (mg/L)	0.0129 ^b	0.0177 ^b	0.0199 ^b	0.0237 ^b	0.0226 ^b	0.0389 ^a
TKN (mg/L)	0.0799 ^b	0.0875 ^b	0.0995 ^b	0.1516 ^b	0.2175 ^a	0.1250 ^b
Total - N (mg/L)	0.0971 ^b	0.1095 ^b	0.1241 ^b	0.1794 ^{ab}	0.2449 ^a	0.1685 ^{ab}
PO ₄ -P (ug/L)	1.74 ^d	1.95 ^d	2.37 ^d	3.49 ^c	4.98 ^a	3.84 ^b
Total - P (ug/L)	6.45 ^b	7.70 ^b	8.70 ^b	11.15 ^{ab}	10.90 ^b	11.12 ^a
Total N :Total P	17.84 ^a	18.83 ^a	17.99 ^a	21.76 ^a	27.46 ^a	17.61 ^a

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพ 16 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ในแต่ละเดือน



ภาพ 17 อุณหภูมิน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) ในต่างระดับความลึก

ผลการศึกษาอุณหภูมิน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึกของทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน คือ มีอุณหภูมิลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างอุณหภูมิน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 22)

และผลการศึกษาอุณหภูมิน้ำในแต่ละเดือน พบว่าอุณหภูมิน้ำในช่วงเดือนแรกๆ มีค่าน้อย เพราะอยู่ในฤดูหนาว แต่หลังจากนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงเดือนเมษายนซึ่งอยู่ในฤดูร้อนและมีอุณหภูมิลดลงเล็กน้อยเมื่อเริ่มเข้าช่วงเดือนพฤษภาคมซึ่งเริ่มเข้าช่วงฤดูฝนแต่อย่างไรก็ตามในช่วงเดือนที่อยู่ในฤดูฝนในช่วงที่ฝนไม่ตก อากาศร้อน อุณหภูมิอากาศสูง ส่งผลให้อุณหภูมิน้ำมีค่าสูงตามไปด้วย และเมื่อเริ่มเข้าช่วงเดือนตุลาคม อุณหภูมิน้ำมีค่าลดลงเพราะเริ่มเข้าฤดูหนาว เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิน้ำในแต่ละเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 22) สามารถแบ่งความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำออกได้ 8 กลุ่ม (ตาราง 8) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนมิถุนายนและสิงหาคม) มีอุณหภูมิ $29.06 - 29.57^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 2 (เดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน) มีอุณหภูมิ $27.66 - 27.77^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 3 (เดือนพฤษภาคม กรกฎาคมและตุลาคม) มีอุณหภูมิ $27.21 - 27.70^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 4 (เดือนเมษายนและตุลาคม) มีอุณหภูมิ $26.69 - 27.21^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 5 (เดือนมีนาคมและพฤศจิกายน) มีอุณหภูมิ $25.55 - 25.57^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 6 (เดือนมีนาคมและธันวาคม) มีอุณหภูมิ $24.93 - 25.55^{\circ}\text{C}$ กลุ่มที่ 7 (เดือนกุมภาพันธ์และธันวาคม) มีอุณหภูมิ $24.33 - 24.93^{\circ}\text{C}$ และกลุ่มที่ 8 (เดือนมกราคมและกุมภาพันธ์) มีอุณหภูมิ $24.05 - 24.33^{\circ}\text{C}$

คุณภาพน้ำทางเคมี

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลการศึกษาพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง มีค่า $5.51 - 8.30$ โดยค่าความเป็นกรด-ด่างแต่ละระดับความลึก (ตาราง 16 และภาพ 18, 19) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 7.22 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 3) 8.32 และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 5.65

ที่ 10.00 m มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.50 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) 8.31 และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 5.37

ที่ 20.00 m มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.37 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) 8.29 และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 5.29

ที่ 30.00 m มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.17 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 1) 7.68 และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 5.27

ที่ 40.00 m มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.61 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 5.46 และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 5.22

ที่พื้นท้องน้ำ มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.41 ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) 8.35 และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 5.16

ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าแต่ละระดับความลึกมีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 23) สามารถแบ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (0.30 m) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.22 กลุ่มที่ 2 (10.00 m และพื้นท้องน้ำ) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.41 – 6.50 และกลุ่มที่ 3 (20.00, 30.00 และ 40.00 m) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.61 – 6.37

ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นแต่อย่างไรก็ตามจากการพิจารณา ภาพ 19 พบว่า จุดที่ 1 ในเดือนพฤษภาคม การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในแต่ละระดับความลึกจะแตกต่างจากจุดและเดือนอื่น คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น

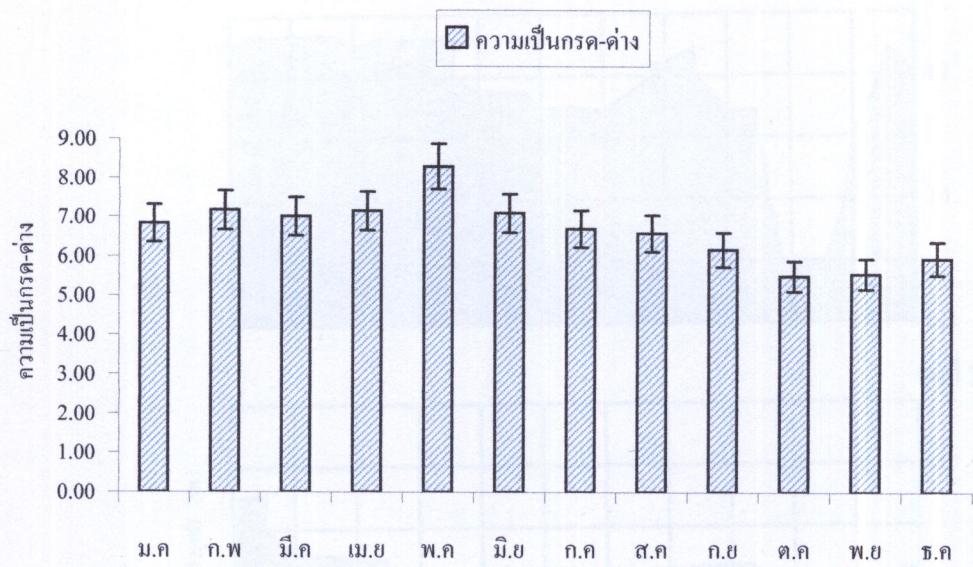
ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตลอดการศึกษา พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 23)

ส่วนผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละเดือนตลอดการศึกษา พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 23) โดยสามารถแบ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างออกได้ 8 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนพฤษภาคม) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 8.30 กลุ่มที่ 2 (เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และ มิถุนายน) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.10 – 7.17 กลุ่มที่ 3 (เดือนมีนาคม และ มิถุนายน) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.01 – 7.10 กลุ่มที่ 4 (เดือนมกราคม) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.83 กลุ่มที่ 5 (เดือนกรกฎาคม และ สิงหาคม) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.59 – 6.70 กลุ่มที่ 6 (เดือนกันยายน) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.18 กลุ่มที่ 7 (เดือนธันวาคม) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.96 และกลุ่มที่ 8 (เดือนตุลาคม และ พฤศจิกายน) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.51 – 5.57

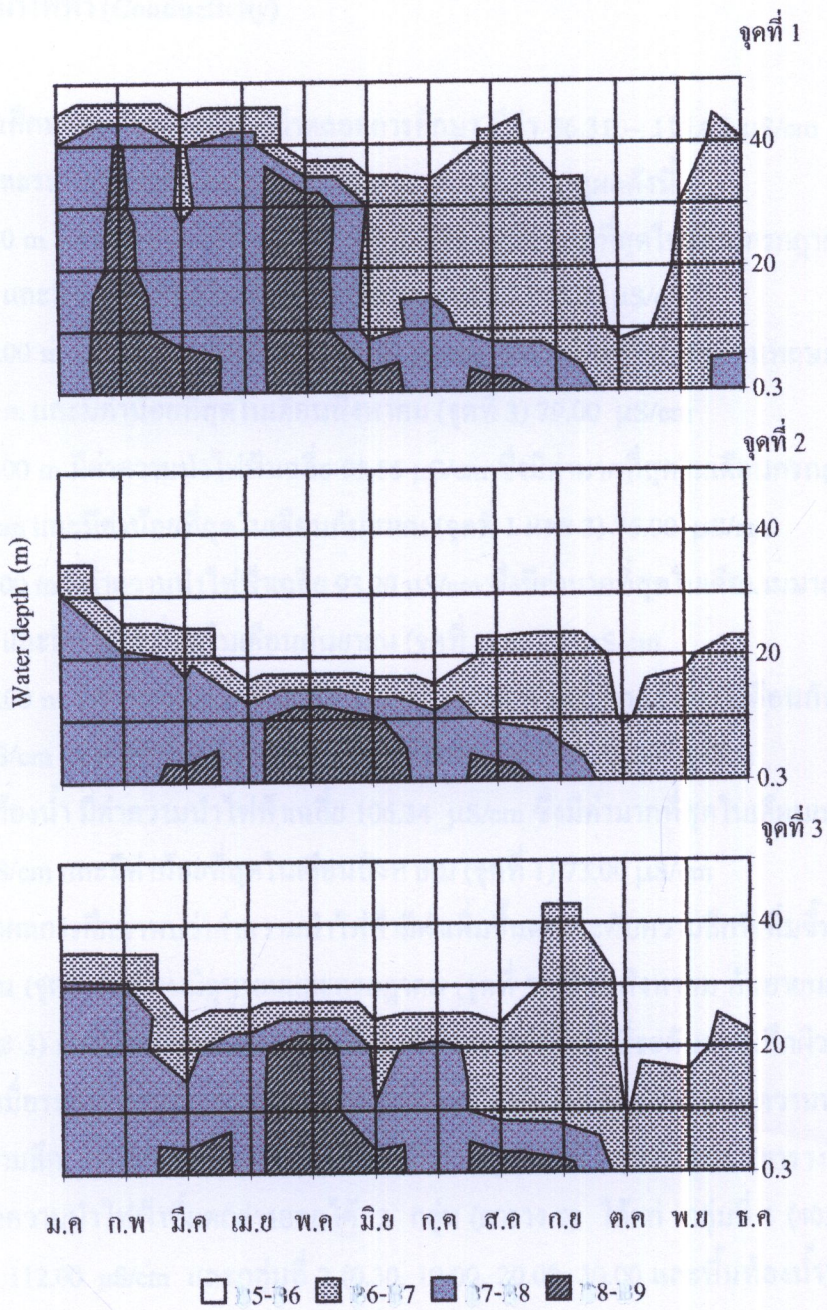
ตาราง 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางเคมีแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ปัจจัย	จุดเก็บตัวอย่าง		
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
pH	6.54 ^a	6.70 ^a	6.60 ^a
Conductivity (us/cm)	103.30 ^a	95.53 ^a	96.71 ^a
DO (mg/L)	2.02 ^c	3.58 ^a	2.77 ^b
NH ₃ -N (mg/L)	0.0485 ^a	0.0363 ^a	0.0412 ^a
NO ₂ -N (mg/L)	0.0046 ^a	0.0040 ^a	0.0045 ^a
NO ₃ -N (mg/L)	0.0257 ^a	0.0224 ^a	0.0189 ^a
TKN (mg/L)	0.1321 ^a	0.0881 ^b	0.0808 ^c
Total - N (mg/L)	0.1623 ^a	0.1145 ^b	0.1042 ^c
PO ₄ -P (ug/L)	3.01 ^a	1.83 ^a	2.79 ^a
Total - P (ug/L)	9.33 ^a	7.96 ^a	8.50 ^a
Total N:Total P	21.44 ^a	18.47 ^a	14.58 ^a

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)



ภาพ 18 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง ในแต่ละเดือน



ภาพ 19 ความเป็นกรด-ด่างในต่างระดับความลึก

ความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ผลการศึกษาพบว่าความนำไฟฟ้าตลอดการศึกษา มีค่า 86.31 – 115.00 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละระดับความลึก (ตาราง 16 และภาพ 20, 21) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 97.97 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนกรกฎาคม (จุดที่ 3) 113.00 $\mu\text{S/cm}$ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 79.00 $\mu\text{S/cm}$

ที่ 10.00 m มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 95.69 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 3) 121.00 $\mu\text{S/cm}$ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 3) 79.00 $\mu\text{S/cm}$

ที่ 20.00 m มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 95.56 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนกรกฎาคม (จุดที่ 1) 125.00 $\mu\text{S/cm}$ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1 และ 3) 76.00 $\mu\text{S/cm}$

ที่ 30.00 m มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 93.20 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 142.00 $\mu\text{S/cm}$ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 62.00 $\mu\text{S/cm}$

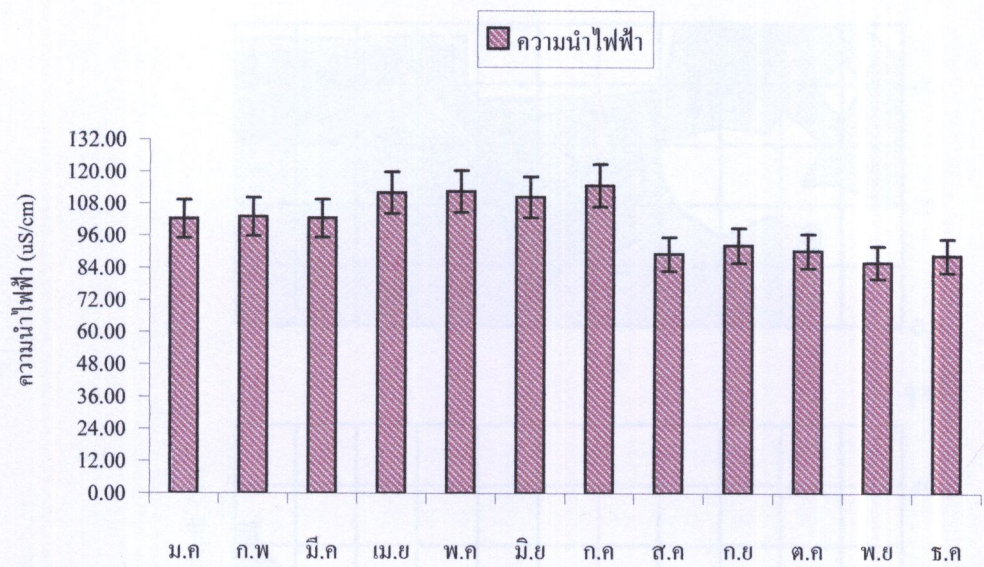
ที่ 40.00 m มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 112.00 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 131.00 $\mu\text{S/cm}$ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 82.00 $\mu\text{S/cm}$

ที่พื้นที่ท้องน้ำ มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 106.34 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งมีค่ามากที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 159.00 $\mu\text{S/cm}$ และมีค่าน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 73.00 $\mu\text{S/cm}$

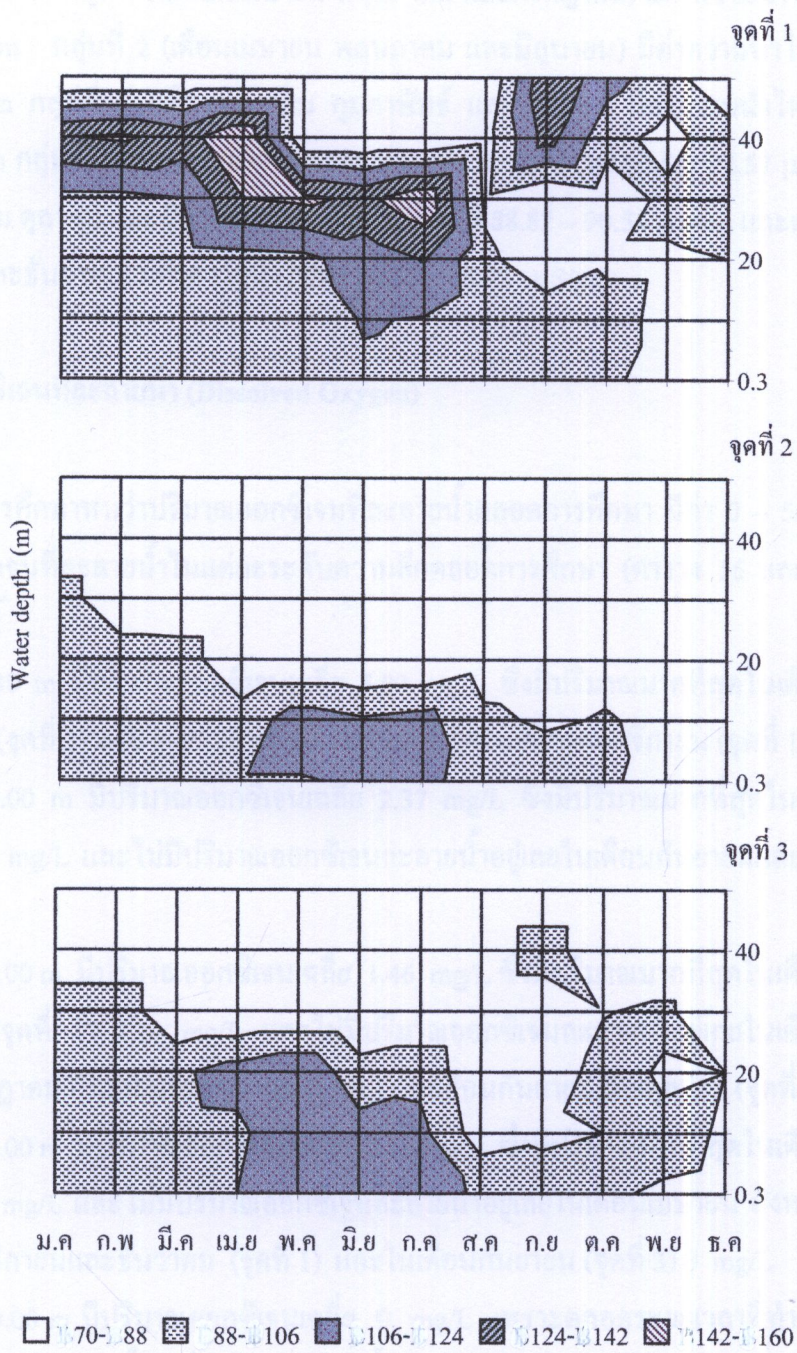
ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าค่าความนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่ยกเว้นในเดือนเมษายน (จุดที่ 2) เดือนมิถุนายนและกรกฎาคม (จุดที่ 3) เดือนสิงหาคม กันยายนและตุลาคม (จุดที่ 1, 2 และ 3) และเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 2) ที่ค่าความนำไฟฟ้าที่ระดับความลึกผิวน้ำมีค่ามากที่สุดแล้วมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 24) โดยสามารถแบ่งค่าความนำไฟฟ้าที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (40.00 m) มีค่าความนำไฟฟ้า 112.00 $\mu\text{S/cm}$ และกลุ่มที่ 2 (0.30, 10.00, 20.00, 30.00 และพื้นที่ท้องน้ำ) มีค่าความนำไฟฟ้า 93.20 – 106.34 $\mu\text{S/cm}$

ผลการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตลอดการศึกษา พบว่า มีค่าแตกต่างกันบ้างแต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 24)

ส่วนผลการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละเดือนตลอดการศึกษา พบว่าในแต่ละเดือนมีความแตกต่างของค่าความนำไฟฟ้า ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 24) โดยสามารถแบ่งค่าความนำไฟฟ้าที่แตกต่างออกได้ 6 กลุ่ม



ภาพ 20 ค่าเฉลี่ยของความนำไฟฟ้าของน้ำ (uS/cm) ในแต่ละเดือน



ภาพ 21 ความนำไฟฟ้า (uS/cm) ในต่างระดับความลึก

(ตาราง 11) 'ได้แก่' กลุ่มที่ 1 (เดือนเมษายน พฤษภาคม และกรกฎาคม) มีค่าความนำไฟฟ้า 112.10 – 115.00 $\mu\text{S/cm}$ กลุ่มที่ 2 (เดือนเมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน) มีค่าความนำไฟฟ้า 110.56 – 112.67 $\mu\text{S/cm}$ กลุ่มที่ 3 (เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม) มีค่าความนำไฟฟ้า 102.15 – 103.00 $\mu\text{S/cm}$ กลุ่มที่ 4 (เดือนกันยายนและตุลาคม) มีค่าความนำไฟฟ้า 90.54 -92.57 $\mu\text{S/cm}$ กลุ่มที่ 5 (เดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม) มีค่าความนำไฟฟ้า 88.82 – 90.54 $\mu\text{S/cm}$ และกลุ่มที่ 6 (เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม) มีค่าความนำไฟฟ้า 86.31 – 88.82 $\mu\text{S/cm}$

ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตลอดการศึกษา มีค่า 0 – 5.83 mg/L ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 22, 23) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 5.83 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม และสิงหาคม (จุดที่ 3) 8.00 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 1.60 mg/L

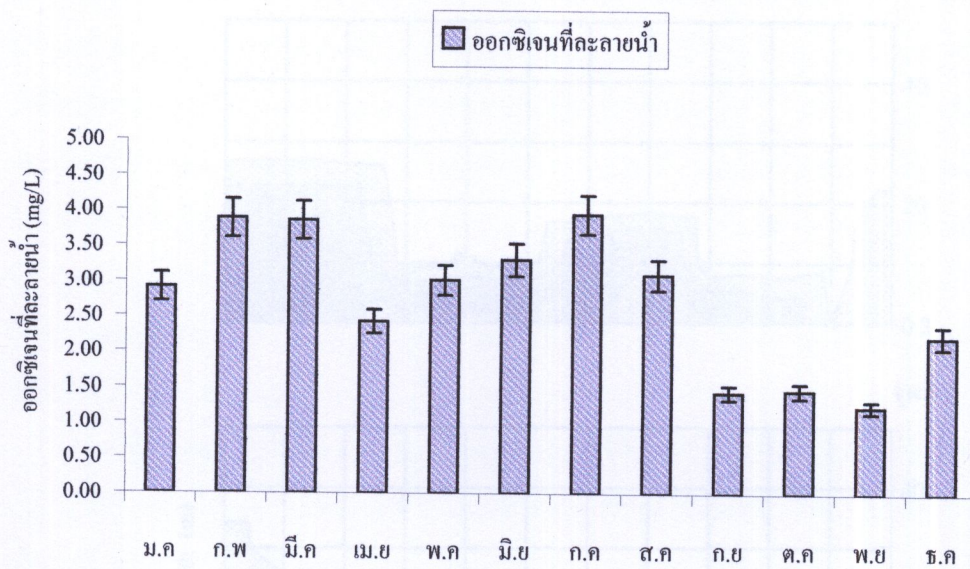
ที่ 10.00 m มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 2.37 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 6.80 mg/L และไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่เลยในเดือนกันยายนและตุลาคม (จุดที่ 2) 0 mg/L

ที่ 20.00 m มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 1.46 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม (จุดที่ 1) 4.20 mg/L และไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่เลยในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม กันยายนและตุลาคม (จุดที่ 1) ในเดือนกันยายนและตุลาคม (จุดที่ 3) 0 mg/L

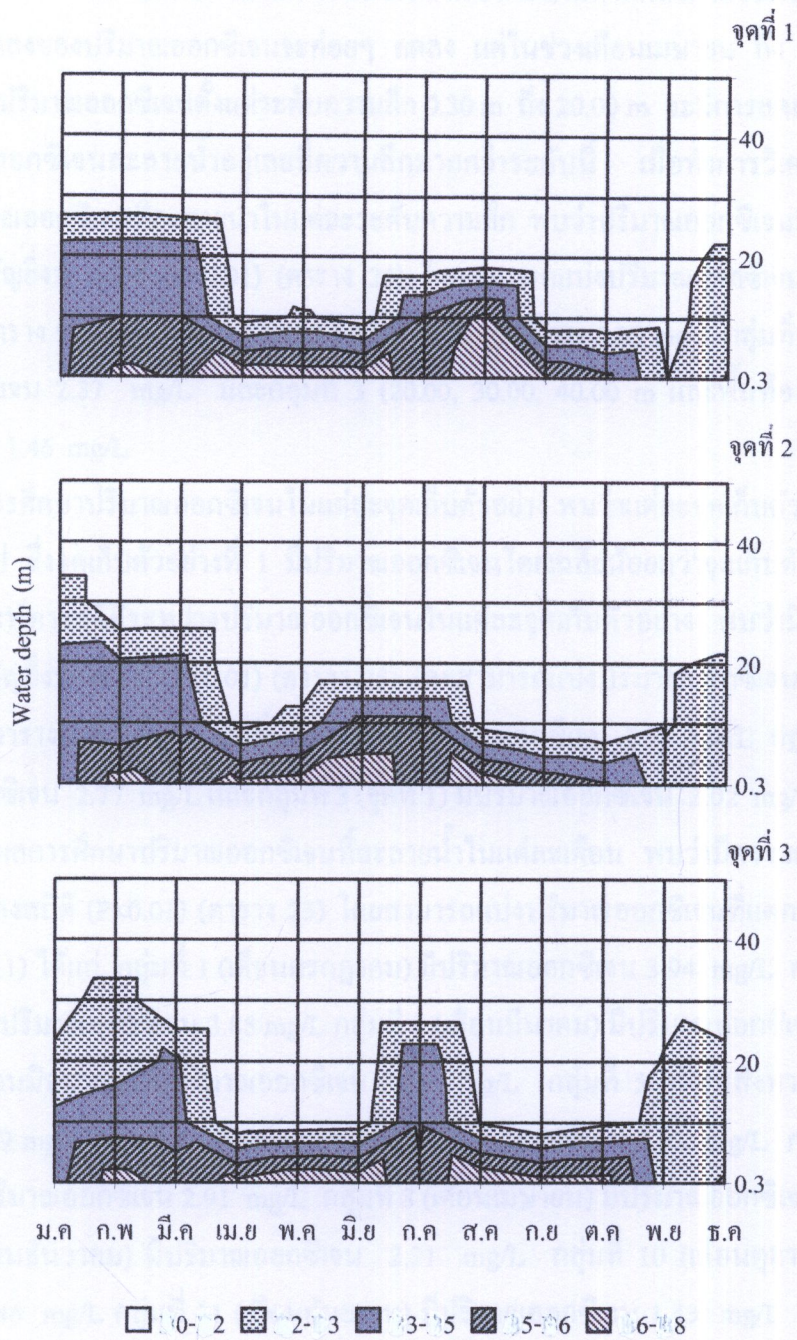
ที่ 30.00 m มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 0.11 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 1) 0.50 mg/L และไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่เลยในเดือนเมษายน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายนและธันวาคม (จุดที่ 1) และในเดือนกันยายน (จุดที่ 3) 0 mg/L

ที่ 40.00 m มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 0 mg/L เพราะตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ที่ระดับความลึกนี้

ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 1.24 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนมิถุนายน (จุดที่ 2) 5.40 mg/L และไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่เลยในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายนและธันวาคม (จุดที่ 1) ในเดือนสิงหาคม กันยายนและตุลาคม (จุดที่ 2) และในเดือนเมษายน สิงหาคม กันยายนและตุลาคม (จุดที่ 2) 0 mg/L



ภาพ 22 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L) ในแต่ละเดือน



ภาพ 23 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L) ในต่างระดับความลึก

ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น โดยการลดลงของปริมาณออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลง แต่ในช่วงเดือนเมษายน ถึง ตุลาคม พบว่าความต่างของปริมาณออกซิเจนตั้งแต่ระดับความลึก 0.30 m ถึง 20.00 m จะมีการลดลงอย่างมาก จนไม่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่เลยที่ความลึกมากกว่าระดับนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละระดับความลึก พบว่าปริมาณออกซิเจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 25) โดยสามารถแบ่งปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (0.30 m) มีปริมาณออกซิเจน 5.83 mg/L กลุ่มที่ 2 (10.00 m) มีปริมาณออกซิเจน 2.37 mg/L และกลุ่มที่ 3 (20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นที่ท้องน้ำ) มีปริมาณออกซิเจน 0 - 1.46 mg/L

ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณแตกต่างกันไป ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนโดยเฉลี่ยน้อยกว่าจุดเก็บตัวอย่างอื่น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณออกซิเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 25) โดยสามารถแบ่งปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 10) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (จุดที่ 2) มีปริมาณออกซิเจน 3.58 mg/L กลุ่มที่ 2 (จุดที่ 3) มีปริมาณออกซิเจน 2.77 mg/L และกลุ่มที่ 3 (จุดที่ 1) มีปริมาณออกซิเจน 2.02 mg/L

ส่วนผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 25) โดยสามารถแบ่งปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างออกได้ 12 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนกรกฎาคม) มีปริมาณออกซิเจน 3.94 mg/L กลุ่มที่ 2 (เดือนกุมภาพันธ์) มีปริมาณออกซิเจน 3.88 mg/L กลุ่มที่ 3 (เดือนมีนาคม) มีปริมาณออกซิเจน 3.85 mg/L กลุ่มที่ 4 (เดือนมิถุนายน) มีปริมาณออกซิเจน 3.30 mg/L กลุ่มที่ 5 (เดือนสิงหาคม) มีปริมาณออกซิเจน 3.09 mg/L กลุ่มที่ 6 (เดือนพฤษภาคม) มีปริมาณออกซิเจน 3.01 mg/L กลุ่มที่ 7 (เดือนมกราคม) มีปริมาณออกซิเจน 2.91 mg/L กลุ่มที่ 8 (เดือนเมษายน) มีปริมาณออกซิเจน 2.42 mg/L กลุ่มที่ 9 (เดือนธันวาคม) มีปริมาณออกซิเจน 2.21 mg/L กลุ่มที่ 10 (เดือนตุลาคม) มีปริมาณออกซิเจน 1.46 mg/L กลุ่มที่ 11 (เดือนกันยายน) มีปริมาณออกซิเจน 1.43 mg/L และกลุ่มที่ 12 (เดือนพฤศจิกายน) มีปริมาณออกซิเจน 1.23 mg/L

แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนตลอดการศึกษา มีค่า 0.0115 – 0.0902 mg/L ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 24, 25) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0339 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 2) 0.1154 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม (จุดที่ 3) 0.0016 mg/L

ที่ 10.00 m มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0380 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 3) 0.1482 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 3) 0.0029 mg/L

ที่ 20.00 m มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0365 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.0719 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 0.0087 mg/L

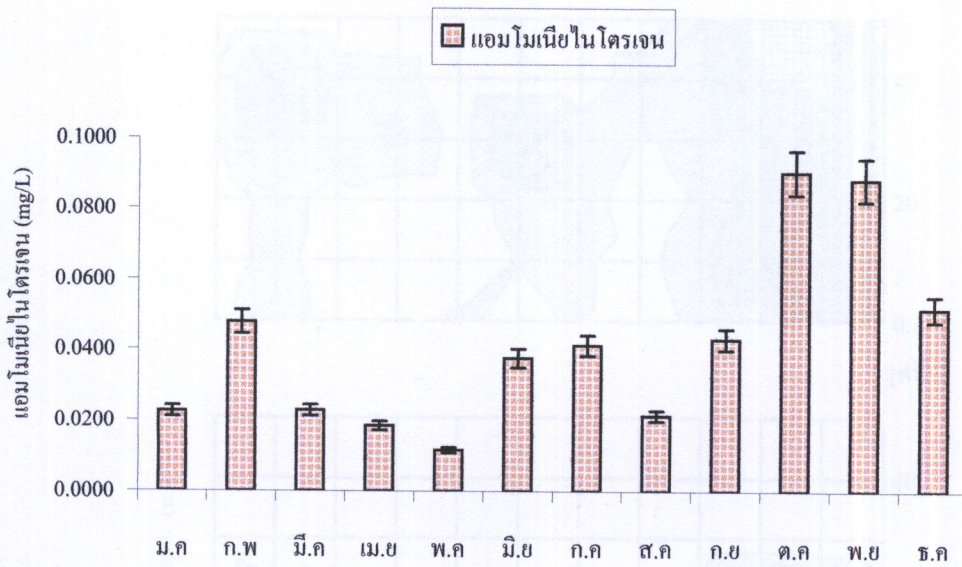
ที่ 30.00 m มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0554 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 0.1121 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 0.0272 mg/L

ที่ 40.00 m มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0844 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.1298 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 0.0468 mg/L

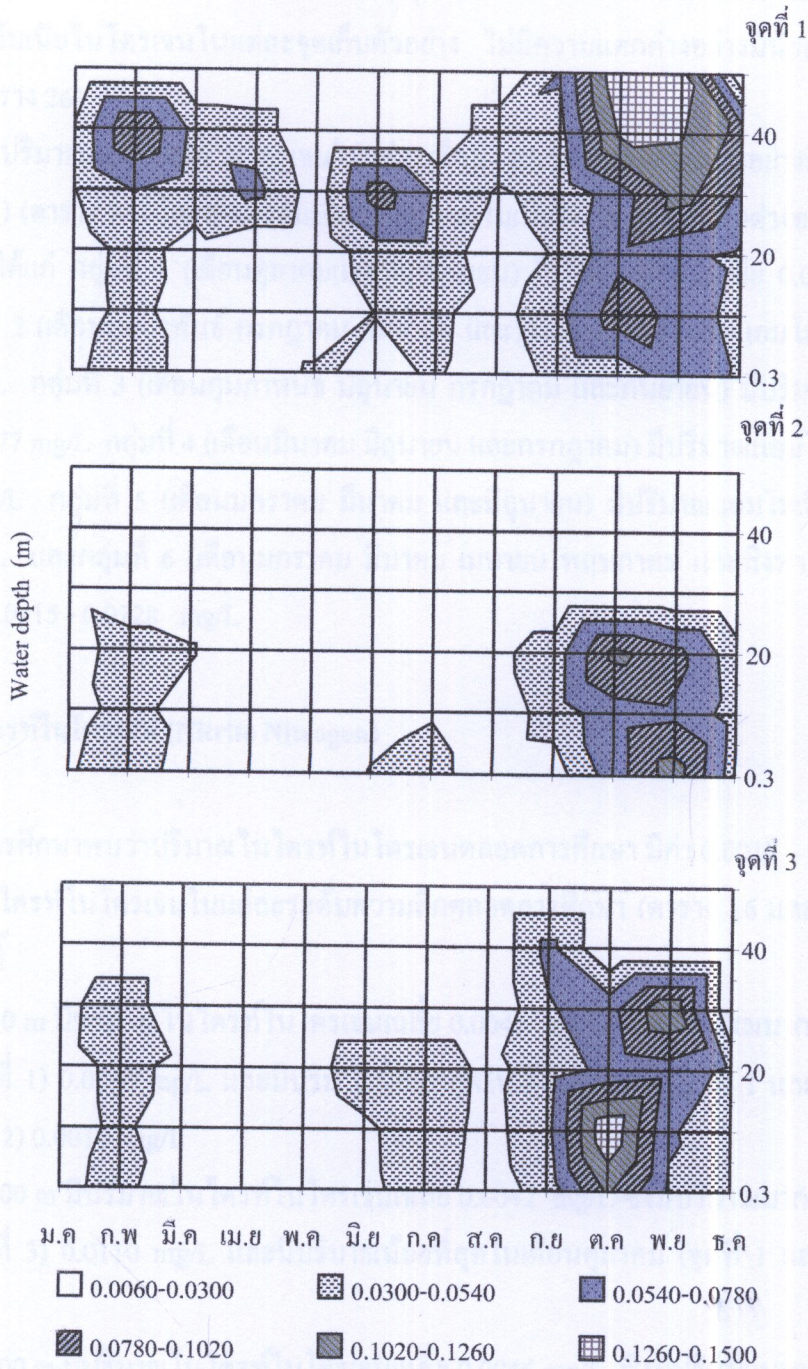
ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0527 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.1504 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 2) 0.0061 mg/L

ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามมีบางระดับความลึกที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนแตกต่างออกไป คือ เมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าลดลง เช่นจุดที่ 1 ที่พื้นท้องน้ำ เดือนเมษายน ที่ 20 และ 30 m เดือนตุลาคม และที่ 20 m เดือนพฤศจิกายน เป็นต้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึกพบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 26) โดยสามารถแบ่งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (40.00 m) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน 0.0844 mg/L กลุ่มที่ 2 (ที่พื้นท้องน้ำ) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน 0.0527 mg/L และกลุ่มที่ 3 (0.30, 10.00, 20.00 และ 30.00 m) มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน 0.0339 – 0.0554 mg/L



ภาพ 24 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน



ภาพ 25 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษา พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 26)

ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 26) โดยสามารถแบ่งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 6 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนตุลาคมและพฤศจิกายน) มีปริมาณแอมโมเนีย 0.0881 - 0.0902 mg/L กลุ่มที่ 2 (เดือนกุมภาพันธ์ กรกฎาคม กันยายน และธันวาคม) มีปริมาณแอมโมเนีย 0.0411-0.0515 mg/L กลุ่มที่ 3 (เดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน กรกฎาคม และกันยายน) มีปริมาณแอมโมเนีย 0.0375 - 0.0477 mg/L กลุ่มที่ 4 (เดือนมีนาคม มิถุนายน และกรกฎาคม) มีปริมาณแอมโมเนีย 0.0228 - 0.0411 mg/L กลุ่มที่ 5 (เดือนมกราคม มีนาคม และมิถุนายน) มีปริมาณแอมโมเนีย 0.0226 - 0.0375 mg/L และกลุ่มที่ 6 (เดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และสิงหาคม) มีปริมาณแอมโมเนีย 0.0115 - 0.0228 mg/L

ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite Nitrogen)

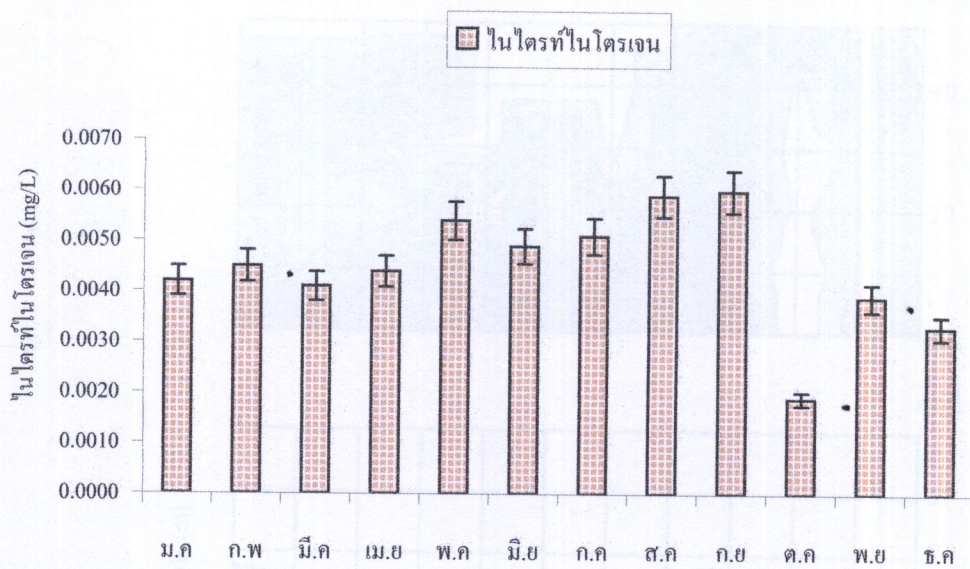
ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนตลอดการศึกษา มีค่า 0.0019 – 0.0060 mg/L ซึ่งปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 26, 27) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0043 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 0.0090 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1 และ 3) ในเดือนมีนาคม (จุดที่ 2) 0.0010 mg/L

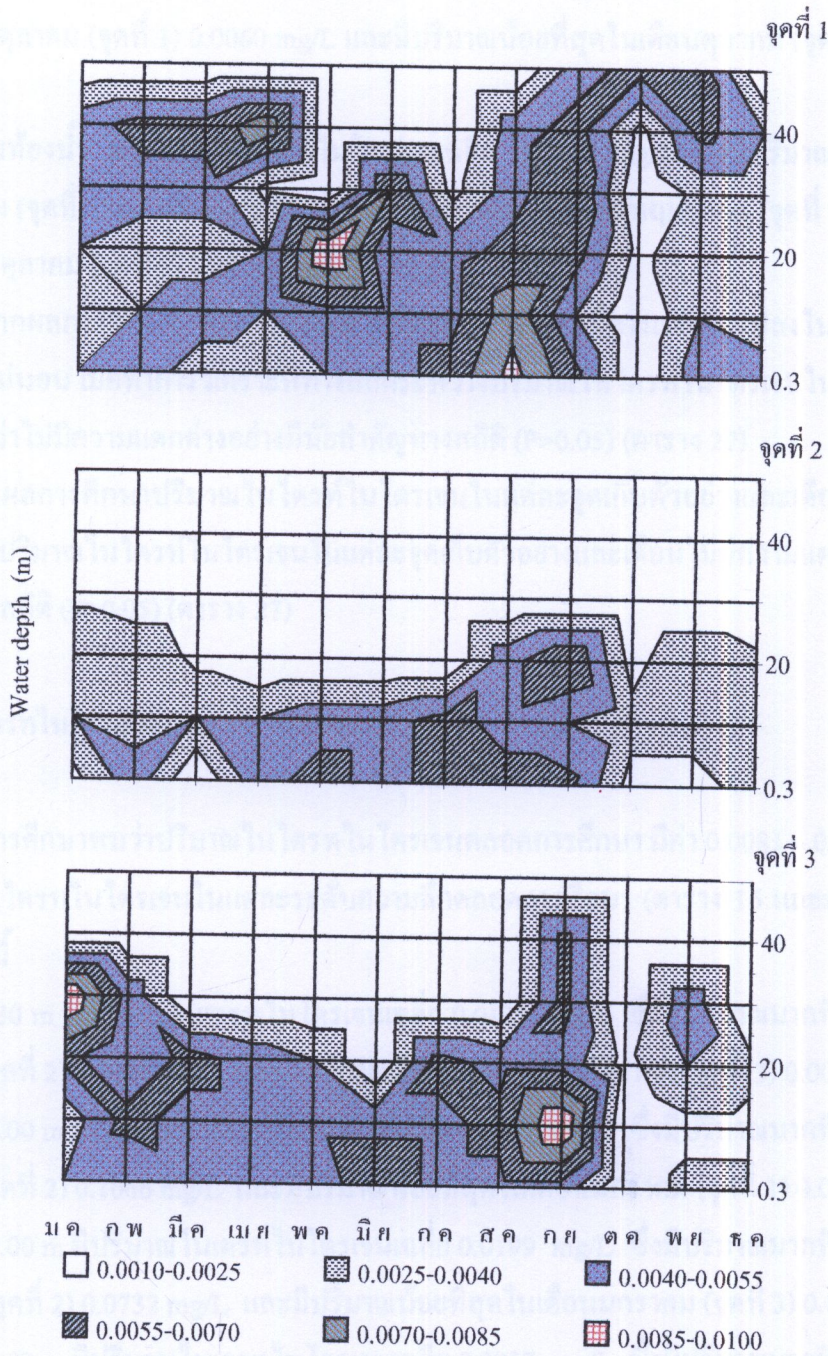
ที่ 10.00 m มีปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0042 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 3) 0.0110 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1 และ 3) 0.0010 mg/L

ที่ 20.00 m มีปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0046 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) 0.0150 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1 และ 3) 0.0020 mg/L

ที่ 30.00 m มีปริมาณไนไตรท์ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0041 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 0.0070 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.0010 mg/L



ภาพ 26 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน



ภาพ 27 ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก

ที่ 40.00 m มีปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนเฉลี่ย 0.0047 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายนและตุลาคม (จุดที่ 1) 0.0060 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.0020 mg/L

ที่พื้นที่ท้องน้ำ มีปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนเฉลี่ย 0.0046 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 3) 0.0100 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) และเดือนมิถุนายนและตุลาคม (จุดที่ 3) 0.0010 mg/L

ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละระดับความลึกไม่แน่นอน เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 27)

ส่วนผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 27)

ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนเตรทไนโตรเจนตลอดการศึกษา มีค่า 0.0081 – 0.0643 mg/L ซึ่งปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 28, 29) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0129 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 0.0577 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม (จุดที่ 3) 0.0019 mg/L

ที่ 10.00 m มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0177 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 0.1066 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) 0.0021 mg/L

ที่ 20.00 m มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0199 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 0.0732 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 3) 0.0033 mg/L

ที่ 30.00 m มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0237 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 1) 0.0758 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 0.0098 mg/L

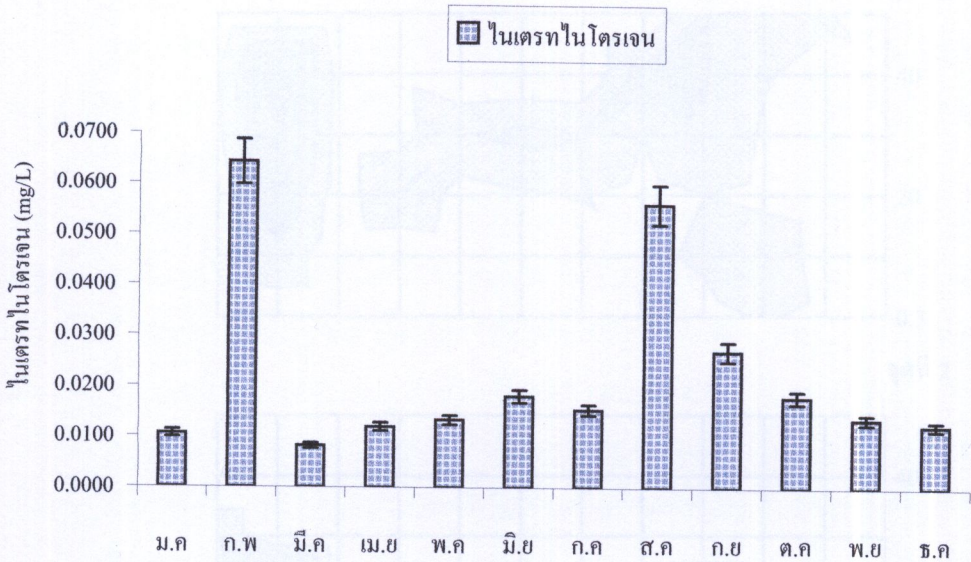
ที่ 40.00 m มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0226 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 0.0376 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 0.0134 mg/L

ที่พื้นที่ท้องน้ำ มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0389 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 0.4261 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม (จุดที่ 2) 0.0079 mg/L

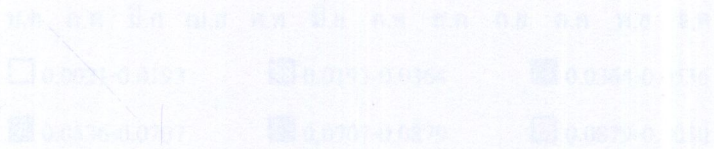
ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าที่ 20.00 m เดือนกันยายน และตุลาคม ที่ 30.00 m เดือนเมษายน (จุดที่ 1) ที่ 10.00 m เดือนมีนาคม และสิงหาคม (จุดที่ 2) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 28) โดยสามารถแบ่งปริมาณไนเตรทไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (ที่พื้นท้องน้ำ) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0389 mg/L และกลุ่มที่ 2 (ที่ 0.30, 10.00, 20.00, 30.00 และ 40.00 m) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0129 – 0.0237 mg/L

ผลการศึกษาปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษาพบว่าปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 28)

ส่วนปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแต่ละเดือน พบว่ามีปริมาณแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน ซึ่งส่วนใหญ่ในช่วงเดือนที่มีฝนตก คือ ช่วงเดือนมิถุนายน ถึง ตุลาคม จะมีปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมาก เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแต่ละเดือนพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 28) โดยสามารถแบ่งปริมาณไนเตรทไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 6 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนกุมภาพันธ์ และสิงหาคม) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0561 – 0.0643 mg/L กลุ่มที่ 2 (เดือนมิถุนายน กันยายน และตุลาคม) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0180 – 0.0270 mg/L กลุ่มที่ 3 (เดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0123 – 0.0181 mg/L กลุ่มที่ 4 (เดือนเมษายน พฤษภาคม กรกฎาคม ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0119 – 0.0180 mg/L กลุ่มที่ 5 (เดือนมกราคม เมษายน พฤษภาคม กรกฎาคม พฤศจิกายน และธันวาคม) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0105 – 0.0154 mg/L และกลุ่มที่ 6 (เดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พฤษภาคม พฤศจิกายน และธันวาคม) มีปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.0081 – 0.0136 mg/L

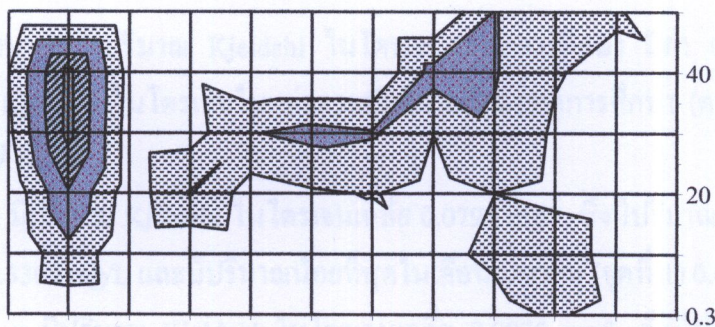


ภาพ 28 ค่าเฉลี่ยของไนเตรทไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน

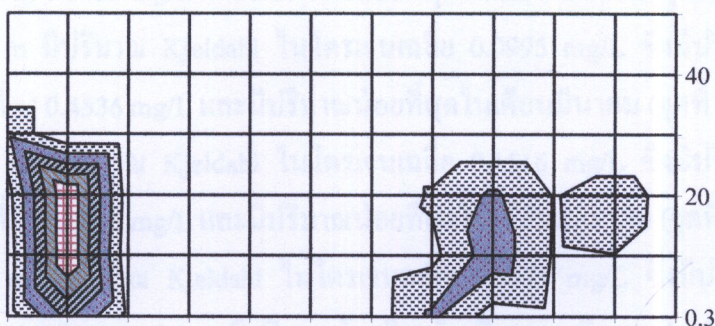


ภาพ 29 บริเวณไนเตรทไนโตรเจน (mg/L) ในค่าเฉลี่ยรายปี

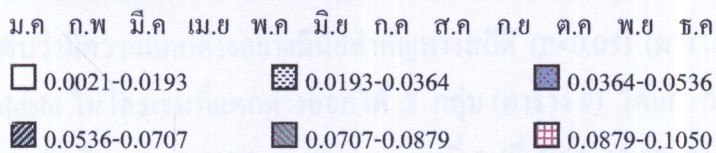
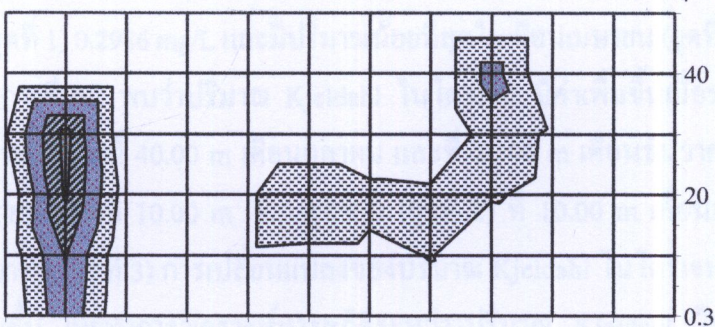
จุดที่ 1



จุดที่ 2



จุดที่ 3



ภาพ 29 ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก

Kjeldahl ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนตลอดการศึกษา มีค่า 0.0438 – 0.2924 mg/L ซึ่งปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 30, 31) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0799 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 2) 0.5302 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 0.0164 mg/L

ที่ 10.00 m มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0875 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 2) 0.3499 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 3) 0.0199 mg/L

ที่ 20.00 m มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.0995 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.4536 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม (จุดที่ 1) 0.0264 mg/L

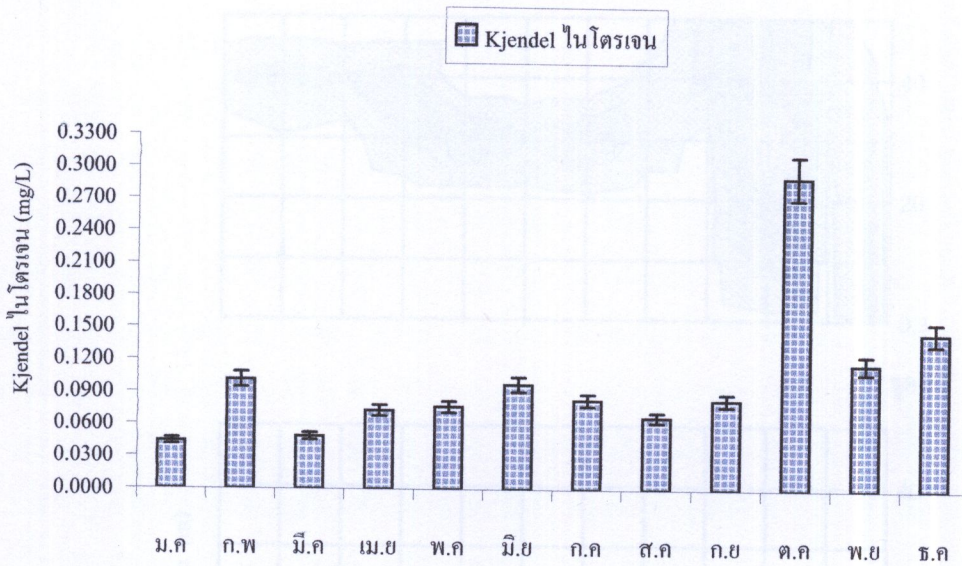
ที่ 30.00 m มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.1516 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.5935 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) 0.0313 mg/L

ที่ 40.00 m มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.2175 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.3069 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) 0.1368 mg/L

ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.1250 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 1) 0.2986 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 2) 0.0065 mg/L

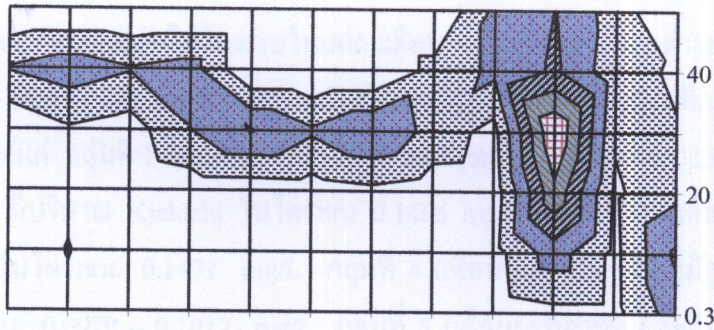
ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าที่ 40.00 m เดือนตุลาคม และที่ 20.00 m เดือนธันวาคม (จุดที่ 1) ที่พื้นท้องน้ำ เดือนเมษายน และที่ 10.00 m เดือนตุลาคม (จุดที่ 2) ที่ 10.00 m เดือนเมษายน มิถุนายน สิงหาคม และธันวาคม (จุดที่ 3) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน จะมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 29) โดยสามารถแบ่งปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (ที่ 40.00 m) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.2175 mg/L และกลุ่มที่ 2 (ที่ 0.30, 10.00, 20.00, 30.00 m และที่พื้นท้องน้ำ) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0799 – 0.1516 mg/L

ผลการศึกษาปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษา พบว่าปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 29) โดยสามารถแบ่งปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 10) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (จุดที่ 1) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.1321 mg/L กลุ่มที่ 2 (จุดที่ 2)

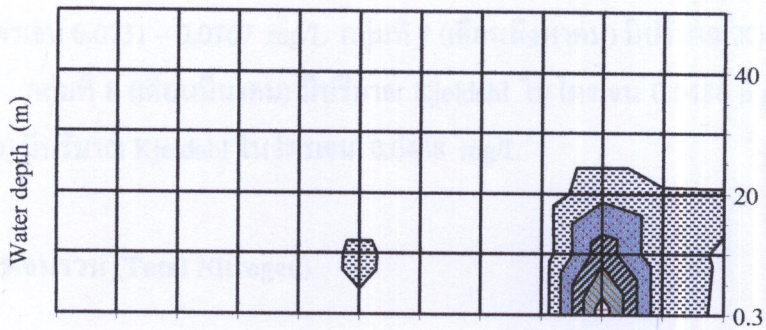


ภาพ 30 ค่าเฉลี่ยของ Kjeldahl ไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละเดือน

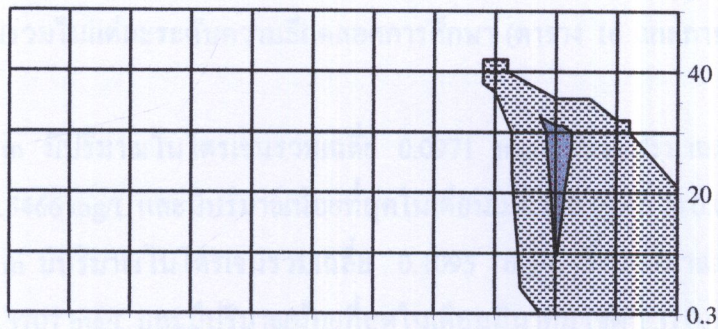
จุดที่ 1



จุดที่ 2



จุดที่



ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
□ 0.0150-0.1075	▤ 0.1075-0.2000	■ 0.2000-0.2925	▨ 0.2925-0.3850	▧ 0.3850-0.4775	▩ 0.4775-0.5700						

ภาพ 31 ปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน (mg/L) ในต่างระดับความลึก

มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0881 mg/L และกลุ่มที่ 3 (จุดที่ 3) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0808 mg/L

ส่วนปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนในแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 29) โดยสามารถแบ่งปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจนที่แตกต่างออกได้ 9 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนตุลาคม) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.2924 mg/L กลุ่มที่ 2 (เดือนธันวาคม) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.1466 mg/L กลุ่มที่ 3 (เดือนพฤศจิกายน) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.1177 mg/L กลุ่มที่ 4 (เดือนกุมภาพันธ์ และมิถุนายน) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0979 – 0.1017 mg/L กลุ่มที่ 5 (เดือนกรกฎาคม และกันยายน) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0833 – 0.0836 mg/L กลุ่มที่ 6 (เดือนเมษายน และพฤษภาคม) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0731 – 0.0767 mg/L กลุ่มที่ 7 (เดือนสิงหาคม) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0670 mg/L กลุ่มที่ 8 (เดือนมีนาคม) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0486 mg/L และกลุ่มที่ 9 (เดือนมกราคม) มีปริมาณ Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0438 mg/L

ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมตลอดการศึกษา มีค่า 0.0586 – 0.3123 mg/L ซึ่งปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 32, 33) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 0.0971 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 2) 0.5466 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 0.0236 mg/L

ที่ 10.00 m มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 0.1095 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 2) 0.3707 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม (จุดที่ 3) 0.0288 mg/L

ที่ 20.00 m มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 0.1241 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.4705 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม (จุดที่ 1) 0.0389 mg/L

ที่ 30.00 m มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 0.1794 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.6113 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) 0.0503 mg/L

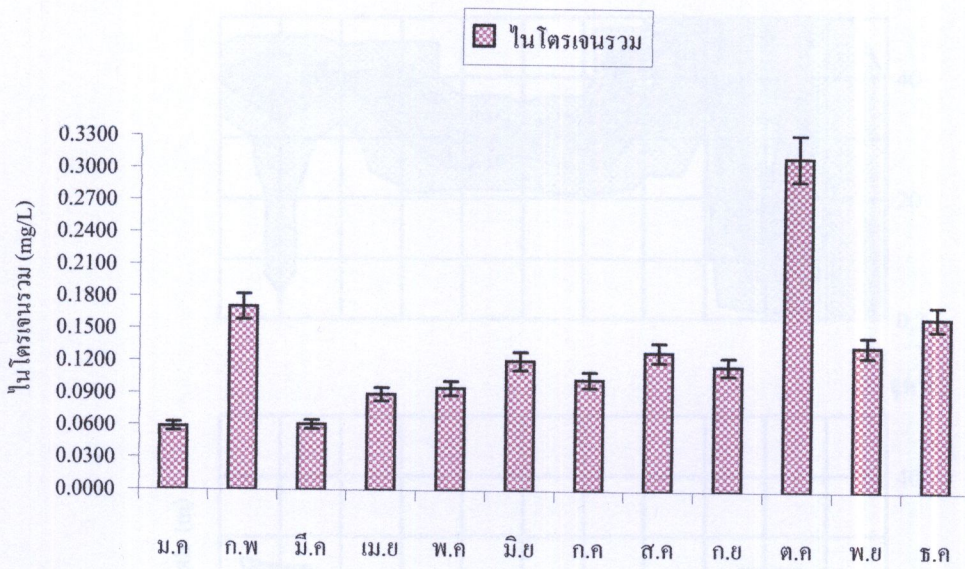
ที่ 40.00 m มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 0.2449 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 0.3294 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 0.1562 mg/L

ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 0.1685 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 0.5690 mg/L และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 2) 0.0242 mg/L

ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าที่ 40.00 m เดือนตุลาคม และที่ 20.00 m เดือนธันวาคม (จุดที่ 1) ที่พื้นท้องน้ำ เดือนเมษายน และที่ 10.00 m เดือนตุลาคม (จุดที่ 2) ที่ 10.00 m เดือนเมษายน มิถุนายน สิงหาคม และธันวาคม (จุดที่ 3) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวมจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 30) โดยสามารถแบ่งปริมาณไนโตรเจนรวมที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (ที่ 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1685 – 0.2449 mg/L และกลุ่มที่ 2 (ที่ 0.30, 10.00, 20.00, 30.00 m และพื้นท้องน้ำ) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.0971 – 0.1794 mg/L

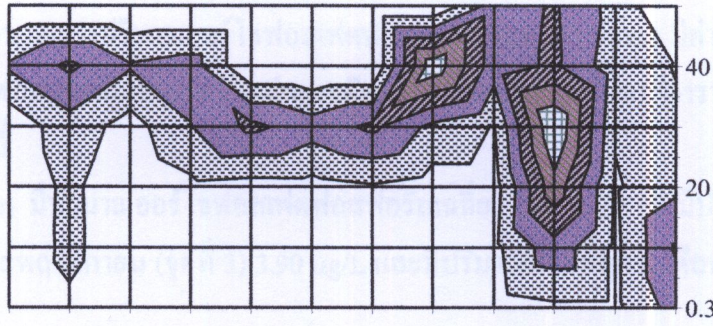
ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษา พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 30) โดยสามารถแบ่งปริมาณไนโตรเจนรวมที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 10) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (จุดที่ 1) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1623 mg/L กลุ่มที่ 2 (จุดที่ 2) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1145 mg/L และกลุ่มที่ 3 (จุดที่ 3) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1042 mg/L

ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 30) โดยสามารถแบ่งปริมาณไนโตรเจนรวมที่แตกต่างออกได้ 9 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนตุลาคม) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.3123 mg/L กลุ่มที่ 2 (เดือนกุมภาพันธ์ และธันวาคม) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1621 - 0.1704 mg/L กลุ่มที่ 3 (เดือนสิงหาคม และพฤศจิกายน) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1290 – 0.1352 mg/L กลุ่มที่ 4 (เดือนมิถุนายนและสิงหาคม) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1210 – 0.1290 mg/L กลุ่มที่ 5 (เดือนมิถุนายน และกันยายน) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1166 – 0.1210 mg/L กลุ่มที่ 6 (เดือนกรกฎาคมและกันยายน) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.1038 – 0.1166 mg/L กลุ่มที่ 7 (เดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.0955 – 0.1038 mg/L กลุ่มที่ 8 (เดือนเมษายนและพฤษภาคม) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.0895 – 0.0955 mg/L และกลุ่มที่ 9 (เดือนมกราคมและมีนาคม) มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.0586 – 0.0608 mg/L

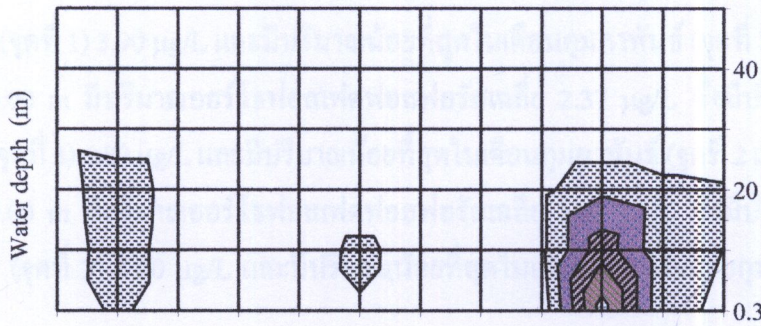


ภาพ 32 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนรวม (mg/L) ในแต่ละเดือน

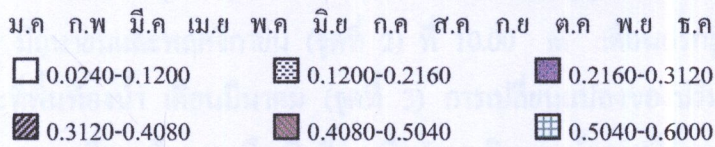
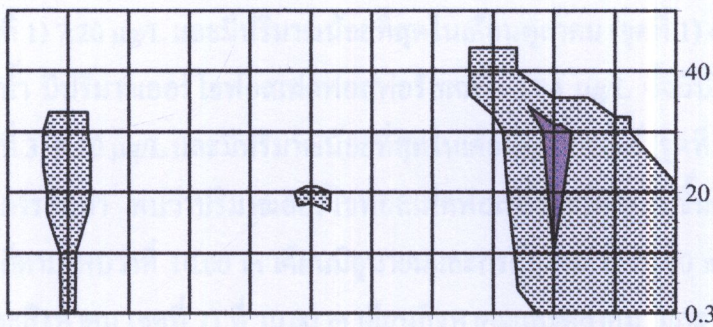
จุดที่ 1



จุดที่ 2



จุดที่ 3



ภาพ 33 ปริมาณไนโตรเจนรวม (mg/L) ในต่างระดับความลึก

ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Orthophosphate Phosphorus)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสตลอดการศึกษา มีค่า 0.60 – 4.98 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 34, 35) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย 1.74 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกรกฎาคมและพฤศจิกายน (จุดที่ 3) 3.90 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 0.20 $\mu\text{g/L}$

ที่ 10.00 m มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย 1.95 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 3.90 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 0.30 $\mu\text{g/L}$

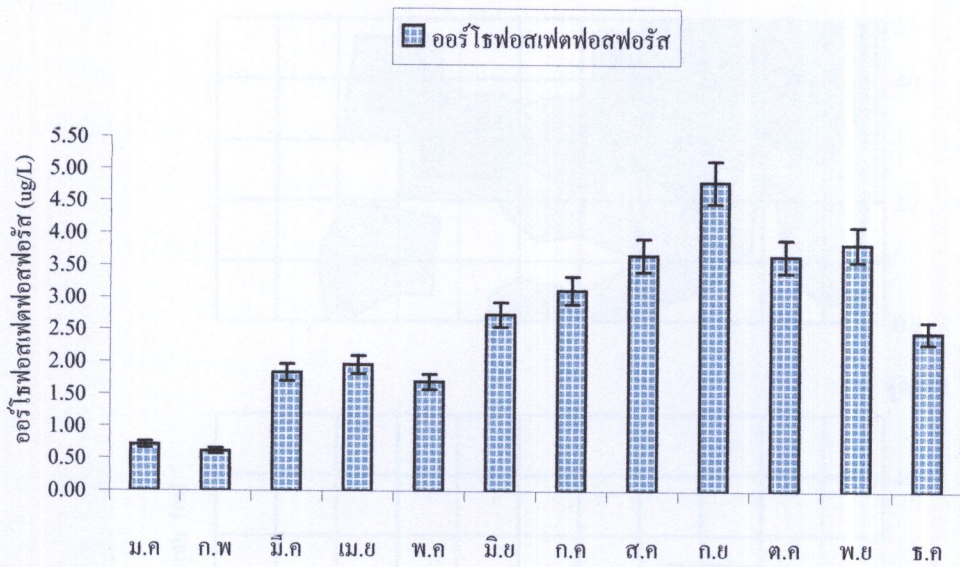
ที่ 20.00 m มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2.37 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 3) 6.80 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2 และ 3) 0.40 $\mu\text{g/L}$

ที่ 30.00 m มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย 3.49 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 3) 6.80 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ (จุดที่ 1) 0.70 $\mu\text{g/L}$

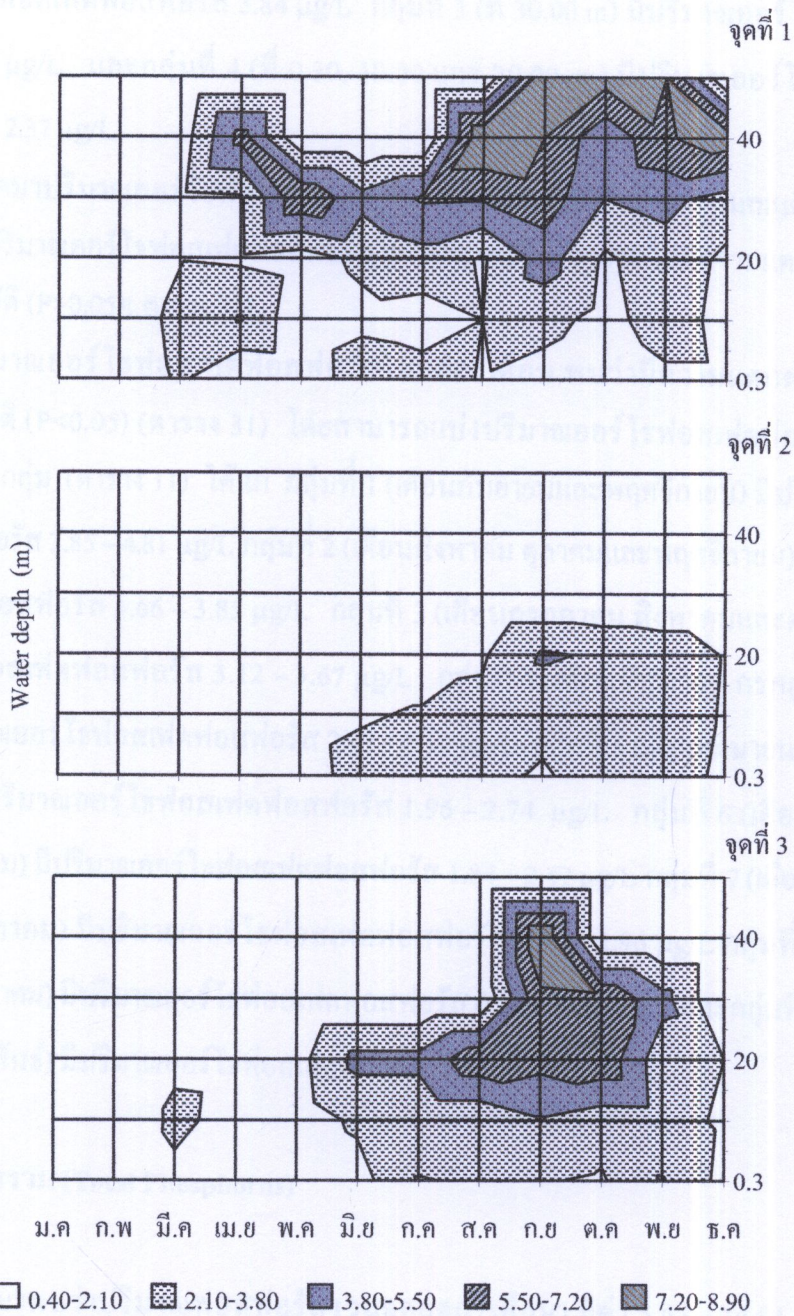
ที่ 40.00 m มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย 4.98 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 7.20 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 4.20 $\mu\text{g/L}$

ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเฉลี่ย 3.84 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 3) 9.10 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 0.40 $\mu\text{g/L}$

ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าที่ 10.00 m เดือนมิถุนายนและกรกฎาคม ที่ 20.00 m เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายนและสิงหาคม (จุดที่ 1) ที่ 10.00 m เดือนสิงหาคมและตุลาคม และที่พื้นท้องน้ำ เดือน มีนาคม เมษายน มิถุนายนและพฤศจิกายน (จุดที่ 2) ที่ 10.00 m เดือนกรกฎาคม สิงหาคมและพฤศจิกายน และที่พื้นท้องน้ำ เดือนมีนาคม (จุดที่ 3) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 31) โดยสามารถแบ่งปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่แตกต่างออกได้ 4 กลุ่ม (ตาราง 9) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (ที่ 40.00 m) มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส 4.98 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 2 (ที่พื้นท้องน้ำ)



ภาพ 34 ค่าเฉลี่ยของออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (mg/L) ในแต่ละเดือน



ภาพ 35 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (ug/L) ในต่างระดับความลึก

มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 3.84 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 3 (ที่ 30.00 m) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 3.49 $\mu\text{g/L}$ และกลุ่มที่ 4 (ที่ 0.30, 10.00 และ 20.00 m) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 1.74 – 2.37 $\mu\text{g/L}$

ผลการศึกษาปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษา พบว่าปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 31)

ส่วนปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 31) โดยสามารถแบ่งปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่แตกต่างออกได้ 9 กลุ่ม (ตาราง 11) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนกันยายนและพฤศจิกายน) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 3.85 – 4.81 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 2 (เดือนสิงหาคม ตุลาคมและพฤศจิกายน) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 3.66 – 3.85 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 3 (เดือนกรกฎาคม สิงหาคมและตุลาคม) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 3.12 – 3.67 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 4 (เดือนมิถุนายน กรกฎาคมและธันวาคม) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 2.47 – 3.12 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 5 (เดือนเมษายน มิถุนายนและธันวาคม) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 1.96 – 2.74 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 6 (เดือนมีนาคม เมษายนและธันวาคม) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 1.84 – 2.47 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 7 (เดือนมีนาคม เมษายนและพฤษภาคม) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 1.70 – 1.96 $\mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 8 (เดือนมกราคมและพฤษภาคม) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 0.71 – 1.70 $\mu\text{g/L}$ และกลุ่มที่ 9 (เดือนมกราคมและกุมภาพันธ์) มีปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส 0.61 – 0.71 $\mu\text{g/L}$

ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมตลอดการศึกษา มีค่า 5.62 – 14.01 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 36, 37) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 6.45 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2) 13.20 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 3.20 $\mu\text{g/L}$

ที่ 10.00 m มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 7.70 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 1) 19.30 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) 3.60 $\mu\text{g/L}$

ที่ 20.00 m มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 8.70 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือน
กุมภาพันธ์ (จุดที่ 1) 14.10 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 4.80 $\mu\text{g/L}$

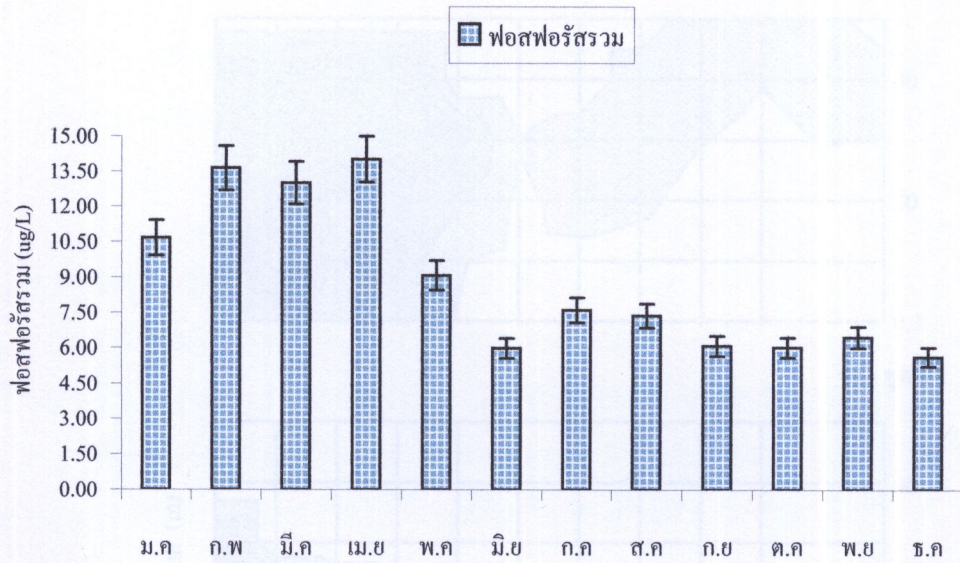
ที่ 30.00 m มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 11.15 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือน
เมษายน (จุดที่ 1) 22.00 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 6.10 $\mu\text{g/L}$

ที่ 40.00 m มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 10.90 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือน
กันยายน (จุดที่ 1) 8.30 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 7.10 $\mu\text{g/L}$

ที่พื้นที่ท้องน้ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 11.12 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือน
มีนาคม (จุดที่ 1) 24.30 $\mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 2) 4.20 $\mu\text{g/L}$

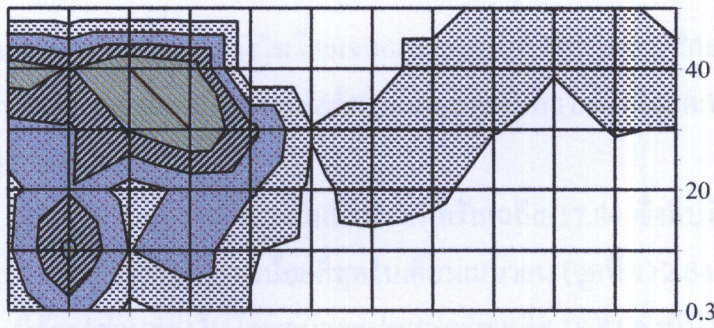
ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่
อย่างไรก็ตาม พบว่า ที่ 20.00 m เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน (จุดที่ 1) ที่ 10.00 m เดือน
มกราคมและตุลาคม และที่พื้นที่ท้องน้ำ เดือนมิถุนายนและสิงหาคม (จุดที่ 2) ที่ 10.00 m เดือน
กุมภาพันธ์ เมษายน สิงหาคมและพฤศจิกายน และที่พื้นที่ท้องน้ำ เดือนมกราคม (จุดที่ 3) การ
เปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสรวมจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์
ทางสถิติระหว่างฟอสฟอรัสรวมในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P < 0.05$) (ตาราง 32) โดยสามารถแบ่งปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม (ตาราง 11)
ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (ที่ 30.00 m และพื้นที่ท้องน้ำ) มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 11.12 – 11.15 $\mu\text{g/L}$ และกลุ่ม
ที่ 2 (ที่ 0.30, 10.00, 20.00, 30.00 และ 40.00 m) มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 6.45 – 11.15 $\mu\text{g/L}$

ผลการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษา
พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 32)

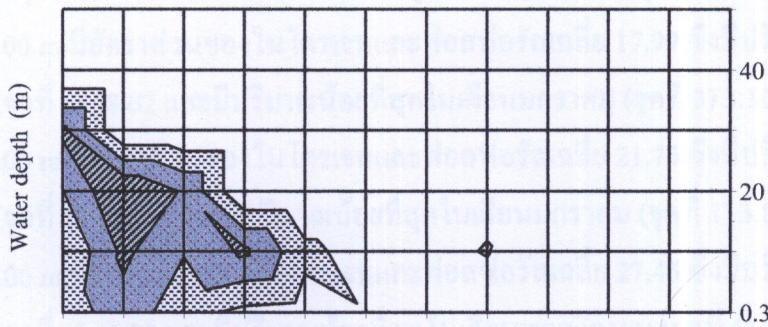


ภาพ 36 ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสรวม (ug/L) ในแต่ละเดือน

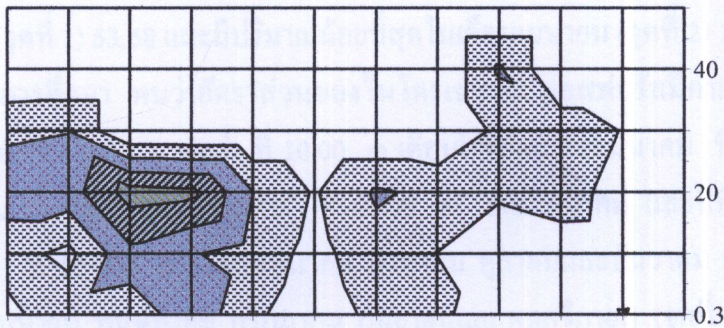
จุดที่ 1



จุดที่ 2



จุดที่ 3



ม.ค ก.พ มี.ค เม.ย พ.ค มิ.ย ก.ค ส.ค ก.ย ต.ค พ.ย ธ.ค

□ 3.20-6.96 ▨ 6.96-10.72 ■ 10.72-14.48 ▩ 14.48-18.24 ■ 18.24-22.00

ภาพ 37 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (ug/L) ในต่างระดับความลึก

อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Nitrogen and Phosphorus ratio)

ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสตลอดการศึกษา มีค่า 4.46 – 55.17 ซึ่งอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 38, 39) ปรากฏผลดังนี้

ที่ 0.30 m มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 17.84 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 2) 97.60 และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 1) 2.84

ที่ 10.00 m มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 18.83 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนธันวาคม (จุดที่ 1) 75.39 และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม (จุดที่ 3) 2.13

ที่ 20.00 m มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 17.99 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 98.02 และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 3) 3.10

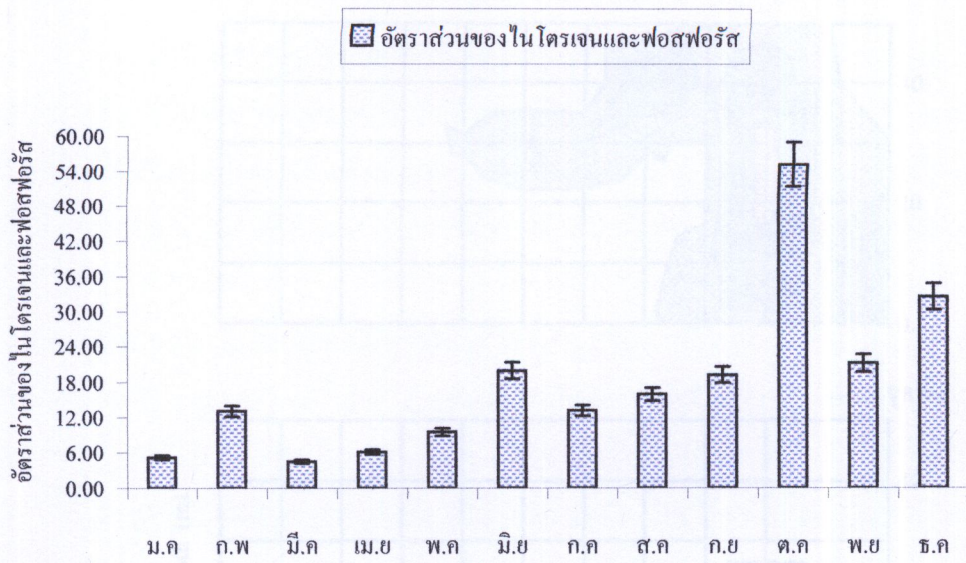
ที่ 30.00 m มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 21.76 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 100.21 และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) 3.86

ที่ 40.00 m มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 27.46 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) 46.39 และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) 20.55

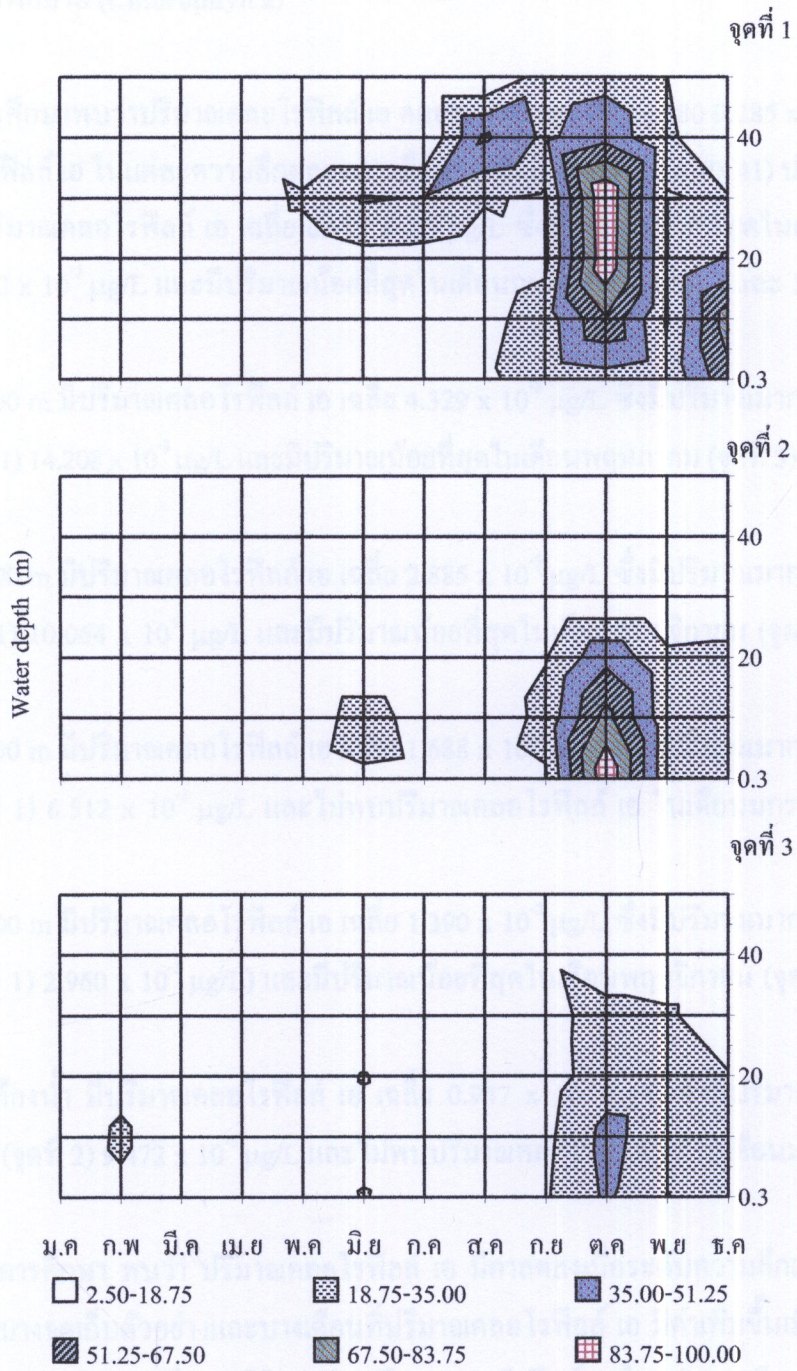
ที่พื้นที่ท้องน้ำ มีอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเฉลี่ย 17.61 ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (จุดที่ 1) 53.68 และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนเมษายน (จุดที่ 2) 1.59

ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ที่ 10.00 m เดือนมกราคมและมีนาคม ที่ 20.00 m เดือนมิถุนายน สิงหาคม กันยายน และธันวาคม ที่ 40.00 m เดือนตุลาคม และที่พื้นที่ท้องน้ำ เดือนกันยายน (จุดที่ 1) ที่ 10.000 m เดือนมีนาคม สิงหาคม ตุลาคมและธันวาคม และที่พื้นที่ท้องน้ำ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน พฤษภาคม กรกฎาคม กันยายนและพฤศจิกายน (จุดที่ 2) ที่ 10.00 m เดือนมีนาคม เมษายน มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายนและธันวาคม ที่ 20.00 m เดือนมกราคม กุมภาพันธ์และตุลาคม และที่พื้นที่ท้องน้ำ เดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 3) การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 33)

ผลการศึกษาอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนตลอดการศึกษา พบว่าอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 33)



ภาพ 38 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละเดือน



ภาพ 39 อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต่างระดับความลึก

คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a)

ผลการศึกษพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตลอดการศึกษา มีค่า $1.480 - 9.285 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละความลึกตลอดการศึกษา (ตาราง 16 และภาพ 40, 41) ปรากฏผลดังนี้ ที่ 0.30 m มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย $6.917 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 2) $27.232 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ (จุดที่ 2 และ 3) $2.664 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$

ที่ 10.00 m มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย $4.329 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) $14.208 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม (จุดที่ 3) $0.592 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$

ที่ 20.00 m มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย $2.885 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนตุลาคม (จุดที่ 1) $10.064 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 3) $1.184 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$

ที่ 30.00 m มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย $1.688 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) $6.512 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และไม่พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) $0 \mu\text{g/L}$

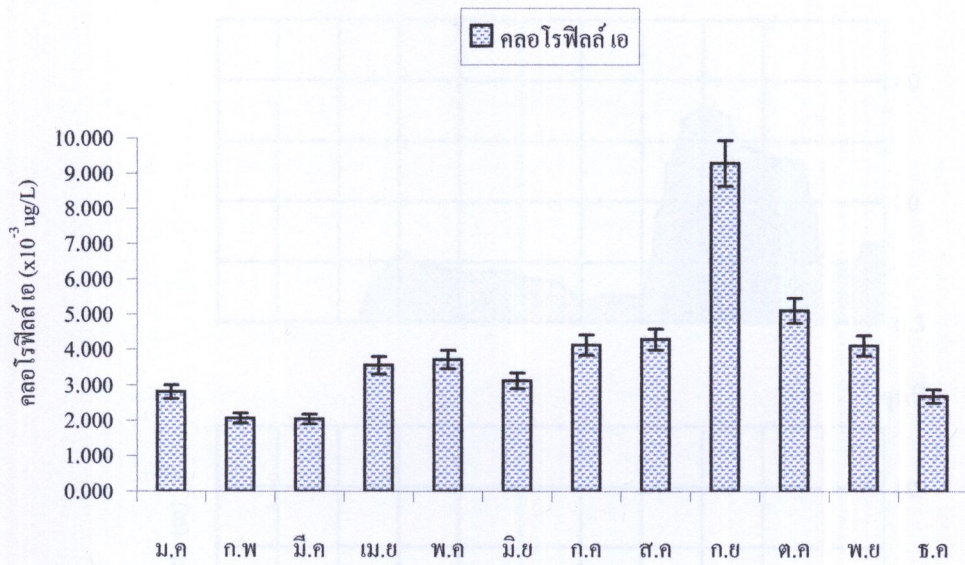
ที่ 40.00 m มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย $1.390 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 1) $2.960 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และมีปริมาณน้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน (จุดที่ 1) $1.184 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$

ที่พื้นท้องน้ำ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ย $0.947 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดในเดือนกันยายน (จุดที่ 2) $9.472 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และไม่พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) $0 \mu\text{g/L}$

ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น แต่ก็มีระดับความลึกบางจุดเก็บตัวอย่างและบางเดือนที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละระดับความลึก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 34) โดยสามารถแบ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม (ตาราง 12) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (0.30 m) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $6.917 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 2 (10.00 m) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $4.370 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และกลุ่มที่ 3 (20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $1.480 - 3.369 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$

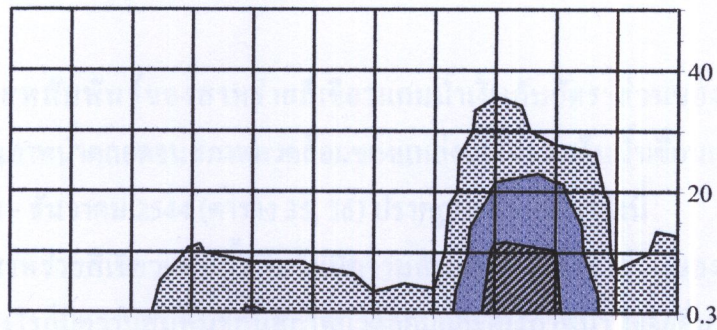
ผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 34)

ส่วนผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละเดือน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 34) โดยสามารถแบ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่แตกต่างกันได้ 6 กลุ่ม (ตาราง 14) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (เดือนกันยายน) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $9.285 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 2 (เดือนกรกฎาคม สิงหาคม ตุลาคมและพฤศจิกายน) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $4.111 - 5.100 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 3 (เดือนเมษายน พฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคมและพฤศจิกายน) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $3.552 - 4.283 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 4 (เดือนเมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคมและพฤศจิกายน) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $3.124 - 4.126 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ กลุ่มที่ 5 (เดือนมกราคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน พฤษภาคม มิถุนายน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $2.691 - 3.716 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ และกลุ่มที่ 6 (เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม มิถุนายนและธันวาคม) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $2.037 - 3.124 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$

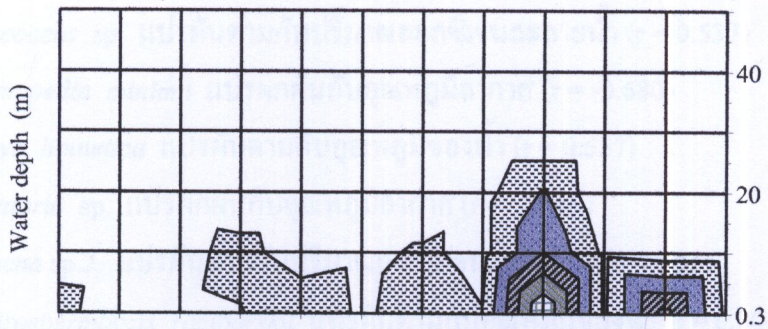


ภาพ 40 ค่าเฉลี่ยของคลอโรฟิปล์ เอ ($\times 10^{-3}$ ug/L) ในแต่ละเดือน

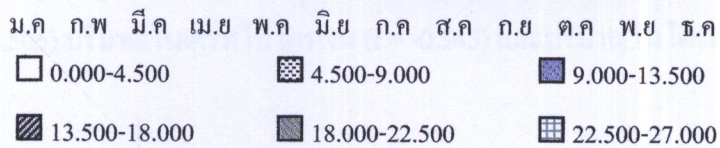
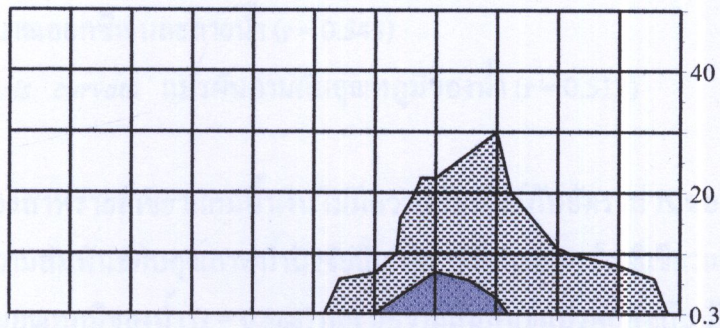
จุดที่ 1



จุดที่ 2



จุดที่ 3



ภาพ 41 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\times 10^{-3}$ ug/L) ในต่างระดับความลึก

สหสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีบางประการ

การศึกษาสหสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และคุณภาพน้ำตลอดจนสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2544 (ตาราง 35, 36) ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่อย่างไรก็มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำปัจจัยอื่น ดังนี้

Chroococcus turgidus แปรผกผันกับปริมาณไนโตรเจนในไตรโทไนโตรเจน ($r = -0.957$)

Chroococcus sp. แปรผันตามกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.537$)

Merismopedia minima แปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศ ($r = -0.680$)

Lyngbya limnetica แปรผันตามกับอุณหภูมิของน้ำ ($r = 0.557$)

Oscillatoria sp. แปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศ ($r = -0.560$)

Anabaena sp.2 แปรผันตามกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.586$)

Cylindrospermopsis raciborskii แปรผันตามกับอุณหภูมิของน้ำ ($r = 0.504$)

Cylindrospermopsis philippinensis แปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำ ($r = -0.547$) และแปรผันตามกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.543$)

Raphidiopsis curvata แปรผันตามกับอุณหภูมิของน้ำ ($r = 0.512$)

ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำปัจจัยอื่น คือ ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความสัมพันธ์แปรผันตามอุณหภูมิของน้ำ ($r = 0.588$) และมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.506$) ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ($r = -0.545$) และปริมาณไนโตรเจนรวม ($r = -0.525$)

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

ความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล

การศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม 2544 พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งหมด 3 อันดับ 4 วงศ์ 13 สกุล และ 22 ชนิด ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการแพร่กระจายในทุกระดับความลึกที่ทำการศึกษา เนื่องด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเคลื่อนไหวได้ในลักษณะต่างๆ เช่น แบบลื่นไถล ลื่นไถลไปข้างหน้าและถอยหลัง แกว่งไปซ้าย ขวา สลับกัน เคลื่อนไหวแบบเป็นคลื่นหรือหมุนเป็นเกลียวแบบควงส่ววน ประกอบกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแก๊สแวนควิโอล กระจายอยู่ในโครโมพลาสซึม ลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถเคลื่อนที่แพร่กระจายในแนวดิ่งได้ (ลัดดา, 2538; อักษร, 2529; Desikachary, 1959) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น แสงและอุณหภูมิ ซึ่งเป็นการตอบสนองของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเคลื่อนที่แพร่กระจายอยู่ในระดับความลึกที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จากผลการศึกษาจะเห็นอย่างเด่นชัดว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีจำนวนชนิดและปริมาณมากที่ระดับความลึก 0.30 m และมีจำนวนชนิดรวมทั้งปริมาณลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นกล่าวได้ว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนใหญ่มีการแพร่กระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0.30 – 10.00 m (ตาราง 1 และภาพ 9,10) แสดงว่าระดับความลึกดังกล่าวมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากกว่าระดับความลึกอื่น และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่นที่มีการแพร่กระจายในทุกระดับความลึกตลอดการศึกษา คือ *Lyngbya limnetica* และ *Raphidiopsis curvata* ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ระหว่างปี พ.ศ 2540 - 2543 พบว่า สาหร่ายที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *L. limnetica* และ *Cylindrospermopsis raciborskii* (ธารรงค์, 2542; นันทขลิ และศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544; Saeton and Traichaiyaporn, 2001) ซึ่งจะพบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่นในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาการศึกษาในครั้งนี้ เปลี่ยนจาก *C. raciborskii* มาเป็น *R. curvata* เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลในปี 2540 – 2543 โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงที่ *C. raciborskii* มีการเจริญอย่างรวดเร็ว(bloom) มาก พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าที่ทำการการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะพบ *C. raciborskii* ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารน้อย (Branco and Senna, 1994) อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ก็พบ *C. raciborskii* แพร่กระจายในทุกระดับความลึก แต่ปริมาณไม่มากพอที่จะเป็นชนิดเด่นในการศึกษากครั้งนี้ได้ แต่มี *R. curvata* เป็นชนิดเด่นมาแทนที่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าองค์ประกอบของสาหร่ายส่วนใหญ่ประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่

สกุล *Chroococcus*, *Merismopedia* และ *Oscillatoria* (วุฒินันท์, 2544) ส่วนการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าว พบว่าสาหร่ายสกุลเด่นในนาข้าว คือ *Aphanocapsa*, *Anabaena* *Oscillatoria* และ *Cylindrospermum* (ทวีเดช, 2544)

เปรียบเทียบกับผลการศึกษานาข้าวในอ่างเก็บน้ำห้วยผิงเฒ่า พบว่าสาหร่ายที่เป็นชนิดเด่นตลอดการศึกษา คือ *C. raciborskii* ซึ่งมีแนวโน้มสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน (นพรัตน์, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา พบว่า *C. raciborskii* และ *M. aeruginosa* เป็นสาหร่ายชนิดเด่น โดยที่ *C. raciborskii* มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณไนเตรทไนโตรเจนทั้งนี้เพราะ *C. raciborskii* มีเฮทเทอโรซิสต์ซึ่งเป็นออร์แกเนลที่สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนซึ่งสาหร่ายนำไปใช้ได้ ขณะที่ *M. aeruginosa* มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสรวม (ปริญญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) และในอ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล ที่พบ *C. raciborskii* เป็นชนิดเด่นช่วงฤดูฝนทั้งนี้เพราะน้ำฝนจะเจือจางสารอาหารและ *M. aeruginosa* จะเป็นชนิดเด่นช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีการเพิ่มของอุณหภูมิและเกิดมลภาวะจากสารอินทรีย์และมักพบเป็นชนิดเด่นในอ่างเก็บน้ำและทะเลสาบที่มีปริมาณสารอาหารสูง (Branco and Senna, 1994) การศึกษาความหลากหลายและองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายในทะเลสาบ Kastoria ซึ่งเป็นทะเลสาบที่อยู่แถบเมดิเตอร์เรเนียน พบสาหร่าย 67 ชนิด โดยองค์ประกอบชนิดของสาหร่ายส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Limnothrix redekei*, *C. raciborskii*, *Microcystis*, *Anabaena* และ *Aphanizomenon* spp. (Aligizaki et al., 2001)

คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล

ระดับความลึกของน้ำ

ระดับความลึกของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชลตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2544 พบว่าช่วงแรกของการศึกษา (เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์) น้ำลึกมาก เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากจากการกักเก็บน้ำในช่วงปลายปี 2543 ที่ผ่านมา (พรศิริ, 2544) จากนั้นระดับความลึกของน้ำจะค่อยๆ ลดลงในช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม) เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนน้อยมากและมีการระบายน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค โดยระดับความลึกของน้ำต่ำสุด 26.95 m ในเดือนมิถุนายน (ตาราง 16 และภาพ 13) หลังจากนั้นระดับความลึกของน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม - ตุลาคม) ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมาก โดยปริมาณน้ำฝนมากที่สุด 309.90 mL ในเดือนกรกฎาคม และระดับความลึกของน้ำลึกสุด 45.80 m ในเดือนกันยายน ดังนั้นพบว่าปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการเพิ่มและลดระดับน้ำ

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น การปิด-เปิดประตูระบายน้ำเพื่อการกักเก็บน้ำและการระบายน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ซึ่งมีการส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำอย่างยิ่ง

ความโปร่งใสของน้ำ

ความโปร่งใสของน้ำในปี 2544 มีค่าเฉลี่ย 1.73 – 4.62 m โดยมีความโปร่งใสของน้ำมากที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 3) 5.04 m ซึ่งขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างท้องฟ้าโปร่ง มีแสงแดดปานกลาง ประกอบกับน้ำค่อนข้างใส สภาพน้ำนิ่งไม่มีกระแสลมพัดส่งผลให้ปริมาณแสงผ่านลงไปใต้น้ำได้มาก ความโปร่งใสของน้ำจึงมีค่ามาก และพบว่าความโปร่งใสของน้ำน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม (จุดที่ 3) 0.92 m ซึ่งขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างท้องฟ้าปิดประกอบกับน้ำค่อนข้างขุ่น ส่งผลให้ปริมาณแสงผ่านลงไปใต้น้ำได้น้อย ความโปร่งใสของน้ำจึงมีค่าน้อย โดยทั่วไปค่าความโปร่งใสของน้ำจะขึ้นกับปริมาณแสงผ่านลงไปใต้น้ำ ช่วงเวลาของวัน สภาพของอากาศ ปริมาณของ แพลงก์ตอนในน้ำ และปริมาณตะกอนสารแขวนลอยรวมทั้งอนุภาคสารอินทรีย์ในน้ำ (นันทนา, 2536; ศิริเพ็ญ, 2537; Boney, 1975; Goldman and Horne, 1983) จากผลการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ระหว่างปี พ.ศ 2540 – 2543 ที่มีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ระหว่าง 1.35 – 3.96 m (ธำรงค์, 2542; นันทขลิ และศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544) และในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดภูมธรา มีค่าความโปร่งใสของน้ำอยู่ระหว่าง 2.27 – 4.90 m (ชลินดา, 2539) ส่วนในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าค่าความโปร่งใสของน้ำมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณน้ำฝนและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช โดยเมื่อมีฝนตกอนุภาคสารแขวนลอยในน้ำจะเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความโปร่งใสของน้ำลดลง อีกทั้งเมื่อความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าความโปร่งใสของน้ำลดลงเช่นกัน (Traichaiyapom, 1985)

อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศในปี 2544 มีค่าเฉลี่ย 21.33 – 32.00 °C โดยมีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม (ทั้ง 3 จุด) 32.00 °C ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝนแต่ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างฝนไม่ตกทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูง และพบว่าอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในเดือนมกราคม (จุดที่ 1) 18.00 °C เนื่องจากอยู่ในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิจึงต่ำ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดภูมธราที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดในช่วงฤดูฝนในวันที่ฝนไม่ตกและมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในช่วงฤดูหนาว (ปริญญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) แต่อุณหภูมิอากาศในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ในปี พ.ศ 2543 พบว่ามีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดช่วงฤดูร้อนในเดือนเมษายน (34.67 °C) และมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดช่วงฤดูหนาวในเดือนธันวาคม (23.33 °C) (พรศิริ, 2544)

อุณหภูมิน้ำ

อุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 25.13 – 28.11 °C โดยอุณหภูมิที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 28.11, 26.74, 25.99, 25.19, 25.17 และ 25.13 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละระดับความลึก (temperature stratification) โดยมีอุณหภูมิมากที่ระดับความลึก 0.30 m และมีค่าลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้จะเห็นอย่างเด่นชัดในช่วงฤดูร้อน จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อุณหภูมิน้ำในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 22) นอกจากนี้อุณหภูมิในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.05 – 29.57 °C ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นไปตามฤดูกาลอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในช่วงฤดูฝน วันที่ทำการเก็บตัวอย่างฝนไม่ตก อุณหภูมิอากาศมีอุณหภูมิสูงทำให้มีอุณหภูมิน้ำมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย จากผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิน้ำในแต่ละเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 22) และอุณหภูมิน้ำแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ ($r = 0.858$) (ตาราง 36) โดยปกติการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำจะผันแปรตามความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศ ช่วงเวลาของวัน ฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ความลึก ความเร็วของกระแสน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ ซึ่งอุณหภูมิของแหล่งน้ำตามธรรมชาติในประเทศไทยมีค่าผันแปร 23.00 – 32.00 °C ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของวัน และฤดูกาล (ประเทือง, 2534; ศิริเพ็ญ, 2543)

ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่างในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 5.27 – 7.22 โดยความเป็นกรด-ด่างที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 7.22, 6.61, 6.35, 6.29, 6.08 และ 5.27 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากที่ระดับความลึก 0.30 m และมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น เนื่องจากบริเวณผิวน้ำมีการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชสูง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดต่ำลง ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจึงมีค่าสูงขึ้น ขณะที่เมื่อระดับความลึก เพิ่มขึ้นการสังเคราะห์แสงน้อยลงหรือไม่มีการสังเคราะห์แสง ประกอบกับมีการหายใจของสิ่งมีชีวิตทำให้คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับน้ำจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจึงลดต่ำลง (ประเทือง, 2534; มั่นสิน, 2540; ศิริเพ็ญ, 2543) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 23) ความเป็นกรด-ด่างในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษามี ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.51 – 8.30 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือนโดยส่วนใหญ่ช่วงเดือนที่ท้องฟ้าโปร่งมีแสงขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง แต่ช่วงเดือนที่ท้องฟ้าปิดโดยเฉพาะถ้ามีฝนตก น้ำฝนจะชะล้างสารอินทรีย์ลงไปแหล่งน้ำแล้วเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลง จากผลการศึกษาพบว่า ค่าความเป็น

กรด-ด่าง ในแต่ละเดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 23) อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ($\text{pH} = 5.00 - 9.00$) (ตาราง 40) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสอดคล้องกับค่าที่รายงานในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2540 - 2543 ($\text{pH} = 6.45 - 9.10$) (ธารรงค์, 2542; นันทขลิ และศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544) และอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวดมหารา ($\text{pH} = 6.80 - 8.30$) (ชลินดา, 2539; ปริญญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) และทำนองเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในอ่างเก็บน้ำ Benutan ประเทศมาเลเซีย ที่ระดับความลึกผิวน้ำ มีค่า 7.00 และมีค่าลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นจนมีค่า 6.00 ที่ระดับความลึก 4 - 5 m (Booth *et al.*, 1994)

ความนำไฟฟ้าของน้ำ

ความนำไฟฟ้าของน้ำในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 97.06 - 116.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ โดยความนำไฟฟ้าของน้ำที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 97.97, 97.06, 94.47, 102.89, 116.60 และ 116.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ตามลำดับ พบว่าค่าความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นมีสารประกอบอนินทรีย์ที่สามารถแตกตัวให้อิออนมากกว่าที่ระดับความลึกผิวน้ำจึงทำให้มีค่าความนำไฟฟ้ามาก จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ความนำไฟฟ้าในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 24) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวดมหาราที่มีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 64.00 - 109.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ โดยมีค่ามากขึ้นเมื่อระดับความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น และในอ่างเก็บน้ำ Benutan ประเทศมาเลเซีย ความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของน้ำเช่นเดียวกัน (ชลินดา, 2539; Booth *et al.*, 1994) ความนำไฟฟ้าของน้ำในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 86.31 - 115.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งมีค่ามากในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำฝน ที่ตกจะชะล้างเอาสารประกอบอนินทรีย์ลงไปแหล่งน้ำแล้วก็เกิดการย่อยสลายเปลี่ยนเป็นสารประกอบอนินทรีย์ ทำให้ค่าความนำไฟฟ้ามีค่ามาก แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการปนเปื้อนของสารประกอบอนินทรีย์ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างก็ไม่ได้หมายความว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำจะมีค่ามาก ทั้งนี้ต้องพิจารณาว่าการเกิดเป็นสารประกอบอนินทรีย์มีมากน้อยเพียงใด ซึ่งขึ้นกับระยะเวลาการปนเปื้อนของสารประกอบอนินทรีย์ในแหล่งน้ำ จากผลการศึกษาพบว่าค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 24) การศึกษาค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในอุโมงค์เชียงใหม่ พบว่ามีค่าความนำไฟฟ้าสูงสุด 390.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ เนื่องจากมีปริมาณน้ำในอุโมงค์น้อยทำให้ปริมาณสารประกอบอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมีความเข้มข้นมาก ค่าความนำไฟฟ้าจึงมีค่ามาก และมีค่าความนำไฟฟ้าต่ำสุด 193.80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากทำให้มีการเจือจางปริมาณสาร

ประกอบอินทรีย์ ค่าความนำไฟฟ้าจึงน้อย (ถาวร, 2538) ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีค่าน้อยกว่าแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปที่จะมีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง $150.00 - 300.00 \mu\text{S/cm}$ ซึ่งโดยปกติแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารต่ำจะมีค่าความนำไฟฟ้าของน้ำค่อนข้างน้อย ทั้งนี้ความนำไฟฟ้าของน้ำจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิของน้ำขณะที่ทำการวัด (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528; ประเทือง, 2534; มั่นสิน, 2540) ส่วนการศึกษาค่าความนำไฟฟ้าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลปี 2540 – 2543 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง $70.00 - 254.40 \mu\text{S/cm}$ (ธำรงค์, 2542; นันทชลี และศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544) และอ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง $199.00 - 241.00 \mu\text{S/cm}$ (ประเสริฐ, 2539)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย $0 - 5.83 \text{ mg/L}$ โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 5.83, 2.49, 1.51, 0.47 และ 0 mg/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นจนไม่มีออกซิเจนละลายน้ำอยู่เลยที่พื้นท้องน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นแต่อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งการย่อยสลายของสารอินทรีย์ มีสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงหรือไม่มี ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 25) จากผลการศึกษาสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำตามระดับความลึกในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ชลินดา, 2539; ปริญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษา พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.23 - 3.94 \text{ mg/L}$ ซึ่งพบว่ามีค่ามากในช่วงฤดูร้อนหรือในช่วงฤดูฝนในวันที่ฝนไม่ตก อากาศมีอุณหภูมิสูงแต่อย่างไรก็ตามในฤดูฝนแหล่งน้ำมีปริมาณสารประกอบอินทรีย์มากจากการชะล้างของน้ำฝน ทำให้ตั้งแต่ระดับความลึกผิวน้ำลงมามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยและมีความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในต่างระดับความลึกมาก ซึ่งโดยทั่วไปแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจะมีความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในต่างฤดูกาลและต่างความลึกของน้ำในปริมาณน้อยเพราะกระบวนการต่างๆทางชีวเคมีของสิ่งมีชีวิตมีน้อย แต่จะกลับกันแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะพบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำแตกต่างกันมากในฤดูกาลและความลึกที่ต่างกัน (Goldman and Horne, 1983) จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละเดือน มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตาราง 25) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำ ($r = -0.740$) และมีความสัมพันธ์แปรผันตามกับอุณหภูมิอากาศและค่าความเป็นกรด-ด่าง ($r = 0.578$ และ 0.574 ตามลำดับ) (ตาราง 36) โดยทั่วไปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ คือ ช่วงเวลาของวัน ระดับความลึก อัตราการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความกดของบรรยากาศและปริมาณมลพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่ปราศจากมลภาวะจะมีค่าปริมาณออกซิเจนโดยเฉลี่ยสูงกว่า 5.00 mg/L และมีค่าได้สูงถึง 7.00 mg/L หรือมากกว่านี้ในเวลาบ่าย สำหรับบริเวณที่มีแพลงก์ตอนพืชปริมาณมากอาจมีค่าปริมาณออกซิเจนสูงได้ถึง 14.00 mg/L (ประเทือง, 2534; นันทนา, 2536; เปี่ยมศักดิ์, 2538; มั่นสิน, 2540; ศิริเพ็ญ, 2543) การศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จันทบูรณ์ชล พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง $0 - 9.60 \text{ mg/L}$ (ธำรงค์, 2542; นันทสิทธิ์ และศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544) ขณะที่อ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ระหว่าง $7.30 - 9.10 \text{ mg/L}$ (ประเสริฐ, 2539) ในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ระหว่าง $4.40 - 8.40 \text{ mg/L}$ (Traichaiyaporn, 1985) และในอ่างเก็บน้ำ Benutan ประเทศมาเลเซีย พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่ามากที่ระดับความลึกน้อยกว่า 4.00 m (Booth *et al.*, 1994)

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย $0.0339 - 0.1136 \text{ mg/L}$ โดยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่ระดับความลึก $0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 \text{ m}$ และพื้นที่ท้องน้ำมีค่าเฉลี่ย $0.0339, 0.0355, 0.0394, 0.0553, 0.0734$ และ 0.1136 mg/L ตามลำดับ พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 26) ส่วนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0.0115 - 0.0902 \text{ mg/L}$ โดยเริ่มแรกของการศึกษามีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนน้อยและน้อยที่สุดในช่วงฤดูร้อน หลังจากนั้นเมื่อมีฝนตกในช่วงฤดูฝน ปริมาณแอมโมเนียจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจเกิดจากน้ำฝนชะล้างเอาสารประกอบอินทรีย์ลงไปแหล่งน้ำแล้วเกิดกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนตามวัฏจักรไนโตรเจน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำฝนที่ตกก็ขึ้นอยู่กับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนให้มีปริมาณไม่สูงมากนัก จนกระทั่งมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมากที่สุดในช่วงปลายฤดูฝน-ต้นฤดูหนาว (เดือนตุลาคม-พฤศจิกายน)

จากผลการศึกษา พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 26) ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละระดับความลึกและแต่ละเดือนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา (ชลิศา, 2539; ปริญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) โดยปกติปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจะมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติในปริมาณน้อยกว่า 1.00 mg/L ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพที่ไม่มีมลพิษ และจากผลการศึกษาที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน คือ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 0.50 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2535; เปี่ยมศักดิ์, 2538; นันทนา, 2539) และพบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับระดับความลึกของน้ำ ($r = 0.529$) และแปรผกผันกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ($r = -0.640$) (ตาราง 36) การศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชลที่ผ่านมา พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 0.0040 – 0.2000 mg/L (ธำรงค์, 2542; นันทชิต และศิริเพ็ญ, 2543) การศึกษาคุณภาพน้ำในสระน้ำนิ่งในเมืองเชียงใหม่ คือ ภูเขาเชียงใหม่ อ่างเก็บน้ำอ่างแก้วและอ่างเก็บน้ำห้วยแม่หยวก พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน 0.2700 – 1.6300, น้อยกว่า 0.0200 – 0.3075 และ น้อยกว่า 0.0200 – 0.2850 mg/L ตามลำดับ (พันทวี และศิริเพ็ญ, 2539) อ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน มีค่า 0.1200 mg/L (ประเสริฐ, 2539) ส่วนอ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศ บราซิล พบว่าในช่วงฤดูฝนปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 527.00 $\mu\text{g/L}$ แต่ในช่วงฤดูแล้งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่า 1,461.00 $\mu\text{g/L}$ (Branco and Senna, 1994)

ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 0.0041 – 0.0057 mg/L โดยปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นที่ท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 0.0043, 0.0044, 0.0044, 0.0041, 0.0054 และ 0.0057 mg/L ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 27) ส่วนปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษา พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.0019 – 0.0060 mg/L ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนในแต่ละเดือนไม่ชัดเจน แต่มีแนวโน้มมีปริมาณมากในฤดูร้อนและฤดูฝนและลดน้อยลงในฤดูหนาว จากผลการศึกษา พบว่าปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตาราง 27)

ซึ่งการศึกษาสอดคล้องกับอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธาราที่มีปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.0010 – 0.0041 mg/L ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนโดยจะมีปริมาณสูงในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน และลดน้อยลงในฤดูหนาว ส่วนการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึก พบว่าไม่ชัดเจนแต่มีแนวโน้มว่ามีค่ามากบริเวณผิวน้ำและลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น (ปริญญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) แต่ในอ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล พบว่าในช่วงฤดูฝนปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนมีค่า 12.00 $\mu\text{g/L}$ แต่ในช่วงฤดูร้อนปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนมีค่า 27.00 $\mu\text{g/L}$ (Branco and Senna, 1994) โดยปกติปริมาณไนไตรท์ในโตรเจนจะมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติในปริมาณน้อย (เปี่ยมศักดิ์, 2538)

ปริมาณไนเตรทในโตรเจน

ปริมาณไนเตรทในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 0.0129 – 0.0680 mg/L โดยปริมาณไนเตรทในโตรเจนที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นที่ท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 0.0129, 0.0169, 0.0230, 0.0283, 0.0680 และ 0.0269 mg/L ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนเตรทในโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณไนเตรทในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 28) และปริมาณไนเตรทในโตรเจนมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับระดับความลึกของน้ำ ($r = 0.578$) (ตาราง 36) ส่วนปริมาณไนเตรทในโตรเจนในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษา พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.0081 – 0.0643 mg/L ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในโตรเจนเป็นไปอย่างไม่ชัดเจนในแต่ละเดือนและแต่ละฤดูกาล โดยเริ่มแรกของการศึกษาพบว่าปริมาณไนเตรทในโตรเจนมีปริมาณค่อนข้างมากอาจเนื่องจากสภาพแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนตั้งแต่ปลายปี 2543 ประกอบกับไม่มีการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ จึงเกิดสภาพการย่อยสลายกลายเป็นแอมโมเนียในโตรเจนและไนเตรทในโตรเจนตามลำดับในวัฏจักรไนโตรเจน ผลการศึกษาปริมาณไนเตรทในโตรเจนในแต่ละเดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 28) โดยทั่วไปในแหล่งน้ำถ้าตรวจพบแอมโมเนียในโตรเจนในปริมาณที่มากแสดงว่าได้รับการปนเปื้อนมาใหม่ๆ ในทางกลับกันถ้าพบไนเตรทในโตรเจนในปริมาณที่มากก็แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นๆ ได้รับการปนเปื้อนมานานแล้วเนื่องจากการเปลี่ยนรูปมาเป็นไนเตรทในโตรเจนมากแล้ว และจากผลการศึกษาพบว่าหลังจากช่วงแรกของการศึกษาไนเตรทในโตรเจนมีปริมาณเริ่มลดน้อยลงยิ่งในช่วงฤดูร้อนและกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกในช่วงฤดูฝนทั้งนี้อาจเกิดจากน้ำฝนจะชะล้างไนเตรทในโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในทะเลสาบหลายแห่งที่ปริมาณของไนเตรทในโตรเจนมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณจะมากในฤดูฝนและน้อยลงในฤดูร้อน (กรณิการ์, 2529; นันทนา, 2536; ศิริเพ็ญ, 2537) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในโตรเจนแต่ละฤดูกาลต่างจากในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา ที่มีปริมาณ

มากในฤดูร้อน ปานกลางในฤดูฝนและมีปริมาณน้อยที่สุดในฤดูหนาว (ปริญญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้มีค่าไนโตรเจนในโตรเจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน คือ ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนไม่เกิน 5.00 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2535; เปี่ยมศักดิ์, 2538) การศึกษาคุณภาพน้ำในสระน้ำหนึ่งในเมืองเชียงใหม่ คือ ภูเขาเชียงใหม่ อ่างเก็บน้ำอ่างแก้วและอ่างเก็บน้ำห้วยแม่หยวก พบว่าปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนมีค่า 0.0617 – 0.4017, 0.0300 – 0.2950 และ 0.0300 – 0.6000 mg/L ตามลำดับ (พันทวี และศิริเพ็ญ, 2539) ส่วนอ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล พบว่าในช่วงฤดูฝนปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนมีค่า 110.00 µg/L และในช่วงฤดูร้อนมีค่า 173.00 µg/L (Branco and Senna, 1994)

ปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจน

ปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 0.0799 – 0.2222 mg/L โดยปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นที่ท้องน้ำมีค่าเฉลี่ย 0.0799, 0.0842, 0.0908, 0.1568, 0.1927 และ 0.2222 mg/L ตามลำดับ พบว่าปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 29) ส่วนปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษา พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.0438 – 0.2924 mg/L ซึ่งปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจน จะมีปริมาณมากในช่วงฤดูฝน เพราะน้ำฝนจะชะล้างเอาสารประกอบอินทรีย์ลงไปแหล่งน้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจน ในอ่างเก็บน้ำจะมีลักษณะคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน เนื่องจากปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจน เกิดจากปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนรวมกับสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน จากผลการศึกษาปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนในแต่ละเดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 29) และปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน ($r = 0.528$) (ตาราง 36) การศึกษาปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จันทสมบูรณ์ชล ที่ผ่านมา ปริมาณ Kjeldahl มีค่า 0.70 – 9.43 mg/L ซึ่งมีปริมาณมากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจน ในช่วงที่ทำการศึกษาก็ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติของแหล่งน้ำทั่วไปที่มีปริมาณ Kjeldahl ในโตรเจน สูงสุดได้ถึง 0.20 – 0.30 mg/L (พรศิริ, 2544; ศิริเพ็ญ, 2543)

ปริมาณไนโตรเจนรวม

ปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 0.0971 – 0.2661 mg/L โดยปริมาณไนโตรเจนรวมที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 0.0971, 0.1055, 0.1182, 0.1892, 0.2661 และ 0.2548 mg/L ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 30) ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษา มีค่าเฉลี่ย 0.0586 – 0.3123 mg/L ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนรวมจะมีปริมาณมากในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้เพราะน้ำฝนจะชะล้างเอาสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนลงไปในพื้นที่น้ำ แล้วเกิดกระบวนการย่อยสลายเปลี่ยนเป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจนตามวัฏจักรไนโตรเจน จากผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวมในแต่ละเดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตาราง 30) เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนรวม ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่าอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ มีปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ย 1.13 mg/L ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน คือ แอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจน โดยปริมาณไนโตรเจนรวมสามารถบ่งบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (Traichaiyaporn, 1985) ทะเลสาบ 3 แห่งในประเทศจีนที่มีสภาพความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างกัน คือ ทะเลสาบ Paizhong มีสภาพเป็น Oligotrophic status มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.21 mg/L ทะเลสาบ Biandan มีสภาพเป็น Mesotrophic status มีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.66 mg/L และทะเลสาบ Chidong มีสภาพเป็น Eutrophic status มีปริมาณไนโตรเจนรวม 1.45 mg/L (Zhang and Chang, 1994) และจากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนรวมที่ได้แล้วนำไปเปรียบเทียบกับการจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (trophic state) โดยใช้ปริมาณไนโตรเจนรวมพบว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษามีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Oligotrophic status คือ มีปริมาณไนโตรเจนรวม 307.00 - 1,630.00 mg/m³ (Lorraine and Vollenweider, 1981) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ Wetzel (1983) จะมีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Ultraoligotrophic status คือ มีปริมาณไนโตรเจนรวม <1.00 - 250.00 µg/L

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 1.74 – 7.90 µg/L โดยปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 1.74, 1.90, 2.54, 3.64, 5.53 และ 7.90 µg/L ตามลำดับ พบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟต

ฟอสฟอรัสมีค่าน้อยที่ระดับความลึก 0.30 m และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 31) และปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำ ($r = 0.587$) (ตาราง 36) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสสามารถละลายน้ำได้ดีในสภาวะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำ ซึ่งโดยปกติแหล่งน้ำทั่วไปค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าลดลงตามระดับความลึก ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ ที่มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ($r = -0.48$) (ศิริเพ็ญ, 2543; Traichaiyaporn, 1985) ส่วนปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ย 0.61 – 4.81 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสมีปริมาณมากในช่วงฤดูฝนทั้งนี้เพราะน้ำฝนอาจชะล้างสารประกอบอินทรีย์หรือนินทรีย์ฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำ จากผลการศึกษาปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในแต่ละเดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 31) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จิดสมบูรณ์ชลที่ผ่านมา ที่มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสน้อยกว่า 0.003 mg/L (ธารรงค์, 2542) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส มีค่า 18.00 – 288.50 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งมีปริมาณมากในช่วงฤดูหนาวและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก (ปริญญา, 2540) ส่วนในอ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส มีค่า 0 – 0.08 mg/L (ประเสริฐ, 2539)

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 6.45 – 10.17 $\mu\text{g/L}$ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 6.45, 7.81, 9.41, 10.88, 13.86 และ 10.17 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 32) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ย 5.62 -14.01 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสรวมจะมีปริมาณมากในช่วงฤดูร้อน ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงฤดูร้อนปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำน้อยทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นมาก ผลการศึกษปริมาณฟอสฟอรัสรวมในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

(ตาราง 32) เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสรวม พบว่าฟอสฟอรัสส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์ ฟอสฟอรัสมากกว่าอนินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยทั่วไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูปอินทรีย์ฟอสฟอรัส อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ และออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสมีน้อย (Round, 1973) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมสามารถบ่งบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (Traichaiyaporn, 1985) เช่น ทะเลสาบ 3 แห่ง ในประเทศจีนที่มีสภาพความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างกัน คือ ทะเลสาบ Paizhong มีสภาพเป็น Oligotrophic status มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.010 mg/L ทะเลสาบ Biandan มีสภาพเป็น Mesotrophic status มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.014 mg/L และ ทะเลสาบ Chidong มีสภาพเป็น Eutrophic status มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.019 mg/L (Zhang and Chang, 1994) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล มีปริมาณน้อยกว่าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่วงอุดมธาราที่มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 29.38 – 415.71 µg/L ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก (ปริญญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) และในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 80.00 – 113.00 µg/L (Traichaiyaporn, 1985) และเมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ได้ พบว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (trophic state) โดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสรวม พบว่า อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล ช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษามีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Oligotrophic status คือ มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 3.00 - 17.70 mg/m³ (Lorraine and Vollenweider, 1981) เมื่อเปรียบเทียบกับ Wetzel (1983) จะมีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Oligomesotrophic status คือ มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 5.00 - 10.00 µg/L และเมื่อเปรียบเทียบกับ Mason (1996) จะมีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Oligotrophic status คือ มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม <10.00 µg/L

อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย 16.60 – 24.82 โดยอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 17.84, 18.03, 16.60, 21.34, 23.10 และ 24.82 ตามลำดับ พบว่าอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละระดับความลึก ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 33) และอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษา พบว่ามีค่าเฉลี่ย 4.46 – 55.17 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่ามากในช่วงฤดูฝนเนื่องจากน้ำฝนจะชะล้างเอา

สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินทรีย์ในโตรเจนและอนินทรีย์ในโตรเจนประกอบกับช่วงฤดูฝนปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณน้อยกว่าช่วงฤดูร้อน จึงทำให้อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่ามากในช่วงฤดูฝน ผลการศึกษาอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง 33) การศึกษาคุณภาพน้ำในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าอัตราส่วน N/P มีค่า 9.4 - 15.1 ซึ่งอัตราส่วน N/P สามารถบ่งบอกว่าสารอาหารชนิดใดเป็นปัจจัยจำกัดและบ่งบอกระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (ศิริเพ็ญ, 2543; Traichaiyaporn, 1985) ถ้าอัตราส่วน N/P มากกว่า 20:1 ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัด แต่ถ้าน้อยกว่า 10:1 ในโตรเจนก็จะเป็นปัจจัยจำกัด (ศิริเพ็ญ, 2543; Schollhorn and Wilhelm, 1997) หรือถ้าอัตราส่วน N/P มากกว่า 50 ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัด แต่ถ้าน้อยกว่า 20 ในโตรเจนก็จะเป็นปัจจัยจำกัด (Guildford and Hecky, 2000)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละระดับความลึก มีค่าเฉลี่ย $0.947 - 6.917 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระดับความลึก 0.30, 10.00, 20.00, 30.00, 40.00 m และพื้นที่ท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 6.917, 4.329, 2.885, 1.688, 1.390 และ $0.947 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะมีค่าแปรผันตามความหนาแน่นของประกอบและมวลชีวภาพของสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายส่วนใหญ่จะมีปริมาณและการแพร่กระจายอยู่บริเวณผิวน้ำและลดลงตามระดับความลึก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละระดับความลึก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 34) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละเดือนตลอดที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ย $2.037 - 9.285 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละฤดูกาลไม่ชัดเจน ผลการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละเดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 34) ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลที่ผ่านมา ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่า $1.97 - 20.72 \times 10^{-3} \mu\text{g/L}$ (ธำรงค์, 2542; พรศิริ, 2544) และในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลธารา ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่า $0.10 - 20.13 \mu\text{g/L}$ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก (ชตินดา, 2539; ปริญา, 2540; ชีรศักดิ์, 2541) เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แล้วเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (trophic state) โดยใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลช่วงที่ทำการศึกษามีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Oligotrophic status คือ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $0.30 - 4.50 \text{ mg/m}^3$ (Lorraine and Vollenweider, 1981) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ Wetzel (1983) จะมีสภาพของแหล่งน้ำที่

เป็น Oligomesotrophic status คือ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $0.30 - 3.00 \text{ mg/m}^3$ และเมื่อเปรียบเทียบกับ Mason (1996) จะมีสภาพของแหล่งน้ำที่เป็น Oligotrophic-mesotrophic status คือ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $< 2.50 - 8.00 \text{ }\mu\text{g/L}$

สหสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีบางประการ

การศึกษาสหสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและคุณภาพน้ำตลอดจนสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2544 พบว่าชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่มีทิศทางที่แน่นอน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ตาราง 1) พบว่าช่วงระยะเวลาที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีปริมาณและการแพร่กระจายมาก คือ ที่ระดับความลึก 0.30 - 10.00 m ในเดือนมิถุนายน - กันยายน ซึ่งช่วงเดือนและระดับความลึกดังกล่าว อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่า 7.21 - 27.50 (ตาราง 16) Yunes *et al.* (1998) รายงานว่า อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีค่าอยู่ระหว่าง 10:1 - 16:1 โดยแหล่งน้ำทั่วไป ถ้าอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าน้อยและฟอสฟอรัสมีปริมาณเพียงพอ คาดว่าจะมีผลทำให้เกิดกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนได้ และหากอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่ามาก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแนวโน้มลดลง (Heo and Bomchul, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในทะเลสาบ Katugday ประเทศฟิลิปปินส์ อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่า 9.4 - 15.1 เมื่ออัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่าน้อย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเป็นชนิดเด่นในแหล่งน้ำ แต่เมื่ออัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่ามาก(มากกว่า 29:1) สาหร่าย สีเขียวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีแนวโน้มลดลงในแหล่งน้ำ (Traichaiyaporn, 1985)

นอกจากอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก็ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ และคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ จากผลการศึกษาพบว่า *Merismopedia minima* และ *Oscillatoria* sp. มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศ ($r = -0.680$ และ $r = -0.560$ ตามลำดับ) *Anabaena* sp.2, *Chroococcus* sp., *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Lyngbya limnetica* และ *Raphidiopsis curvata* มีความสัมพันธ์แปรผันตามกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.586$, $r = 0.537$, $r = 0.504$, $r = 0.557$ และ $r = 0.512$ ตามลำดับ) *Cylindrospermopsis philippinensis* แปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำ ($r = -0.547$) และแปรผันตามกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($r = 0.543$) *Chroococcus turgidus* แปรผกผันกับปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน ($r = -0.957$) และจากผลการศึกษา

ปริมาณสาหร่ายสีเขียว แกรมน้ำเงินมีความสัมพันธ์แปรผันตามอุณหภูมิของน้ำ ($r = 0.588$) และมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.506$) ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ($r = -0.545$) และปริมาณไนโตรเจนรวม ($r = -0.525$) การศึกษาแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ระหว่างปี พ.ศ 2540 – 2543 พบว่าแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ตลอดการศึกษา คือ *Lyngbya limnetica* และ *Cylindrospermopsis raciborskii* ซึ่งโดยทั่วไป *C. raciborskii* จะพบในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารต่ำ (ธำรงค์, 2542; นันทขลิและศิริเพ็ญ, 2543; พรศิริ, 2544; Branco and Senna, 1994) นอกจากนี้พบว่าความหนาแน่นของ *C. raciborskii* ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลมีความสัมพันธ์แปรผันตามกับอุณหภูมิของน้ำและแปรผกผันกับระดับความลึกของน้ำ (Traichaiyaporn *et al.*, 2001) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดกวอดมธาราพบว่า *C. raciborskii* และ *M. aeruginosa* เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น โดยที่ *C. raciborskii* มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณไนเตรทไนโตรเจนทั้งนี้เพราะ *C. raciborskii* มีเฮทเทอโรซิสต์ซึ่งเป็นออร์แกเนลที่สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนในรูปที่สามารถนำไปใช้ได้ ขณะที่ *M. aeruginosa* มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสรวม(ปริญญา, 2540) อ่างเก็บน้ำ Paranos ประเทศบราซิล พบว่า *C. raciborskii* เป็นชนิดเด่นช่วงฤดูฝน ทั้งนี้เพราะน้ำฝนจะเจือจางสารอาหาร และ *M. aeruginosa* จะเป็นชนิดเด่นช่วงฤดูแล้งซึ่งมีการเพิ่มของอุณหภูมิและเกิดมลภาวะจากสารอินทรีย์และมักพบเป็นชนิดเด่นในอ่างเก็บน้ำและทะเลสาบที่มีปริมาณสารอาหารสูงและ *M. aeruginosa* มีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับปริมาณไนโตรเจน (Branco and Senna, 1994)

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาสหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำต่อความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544 ตั้งแต่เดือนมกราคม - ธันวาคม 2544 สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 3 อันดับ 4 วงศ์ 13 สกุล และ 22 ชนิด ได้แก่ 1) *Anabaena* sp.1, 2) *Anabaena* sp.2,3) *Aphanocapsa koordersi* Strom, 4) *Aphanothece* sp., 5) *Chroococcus minutus* (Kutzing) Naegeli, 6) *Chroococcus turgidus* (Kutzing) Naegeli, 7) *Chroococcus* sp., 8) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya & Subba, 9) *Cylindrospermopsis philippinensis* (Taylor)Ka., 10) *Dactylococcopsis fascicularis* Lemmermann, 11) *Lyngbya limnetica* Lemmermann, 12) *Merismopedia minima* Beck, 13) *Merismopedia punctata* Meyen, 14) *Microcystis aeruginosa* Kutz, 15) *Myxosarcina spectabilis* Geitler, 16) *Oscillatoria angustissima* West & West, 17) *Oscillatoria prolifica* (Greville) Gomont, 18) *Oscillatoria splendida* Greville.ex Gomont, 19) *Oscillatoria* sp., 20) *Raphidiopsis curvata* Fritsch & Rich, 21) *Raphidiopsis mediterranea* Skuja และ 22) *Spirulina* sp. โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการแพร่กระจายในทุกระดับความลึกที่ทำการศึกษา แต่อย่างไรก็ตามสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนใหญ่มีการแพร่กระจายอยู่ที่ระดับความลึก 0.30 – 10.00 m ทั้งนี้เพราะระดับความลึกนี้มีปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากกว่าระดับความลึกอื่น ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีจำนวนชนิดและปริมาณมาก ที่ 0.30 m และมีจำนวนชนิดและปริมาณลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น จากการพิจารณาผลการศึกษา พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นชนิดเด่นในทุกระดับความลึก คือ *Lyngbya limnetica* และ *Raphidiopsis curvata* ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งสองชนิดนี้ พบย่อยตลอดการศึกษา มีการแพร่กระจายในทุกระดับความลึก รวมทั้งมีปริมาณมากโดยเฉพาะในช่วงเดือนที่องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชลส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (เดือนมิถุนายน - กันยายน)

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ พบว่ามีค่าดังนี้ ความลึกของน้ำ 15.85 – 35.81 m ความโปร่งใสของน้ำ 1.73 – 4.63 m อุณหภูมิอากาศ 21.33 – 32.00 °C อุณหภูมิน้ำ 24.05 – 29.57 °C ความเป็นกรด-ด่าง 5.51 – 8.30 ความนำไฟฟ้า 86.31 – 115.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 0 – 5.83 mg/L แอมโมเนียไนโตรเจน 0.0115 – 0.0902 mg/L ไนโตรที่ไนโตรเจน

0.0019 – 0.0060 mg/L ไนเตรทไนโตรเจน 0.0081 – 0.0643 mg/L Kjeldahl ไนโตรเจน 0.0438 – 0.2924 mg/L ไนโตรเจนรวม 0.0586 – 0.3123 mg/L ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส 0.60 – 4.98 $\mu\text{g/L}$ ฟอสฟอรัสรวม 5.62 – 14.01 $\mu\text{g/L}$ อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส 4.46 – 55.17 และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ $1.480 - 9.285 \times 10^3 \mu\text{g/L}$ ซึ่งอุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่ความนำไฟฟ้า แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน Kjeldahl ไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสรวม และอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น และจากการพิจารณาปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆ พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำทั้งหมดที่ศึกษามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ยกเว้นปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ที่ระดับความลึกต่ำกว่า 0.30 หรือ 10.00 m ในบางเดือนที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ($< 3.0 \text{ mg/L}$)

ส่วนการศึกษาสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและคุณภาพน้ำ พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่ามีจำนวนลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 2 กรณีประกอบเข้าด้วยกัน อัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก็น่าที่จะมีอิทธิพลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าสหสัมพันธ์ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่มีทิศทางที่แน่นอน

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำและปัจจัยคุณภาพน้ำอื่นๆ ดังผลการศึกษาที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความสัมพันธ์แปรผันตามอุณหภูมิของน้ำ ($r=0.588$) และมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($r = -0.506$) ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ($r = -0.545$) และปริมาณไนโตรเจนรวม ($r = -0.525$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ (trophic state) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (Lorraine and Vollenweider, 1981; Mason, 1996; Wetzel, 1983) โดยพิจารณาใช้ค่าความลึกที่แสงส่องถึง ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ รวมทั้งพิจารณาถึงคุณภาพน้ำปัจจัยอื่นประกอบด้วย พบว่าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ในปี 2544 ที่ทำการศึกษา มีสภาพอยู่ในประเภทแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารน้อย (Oligotrophic status) และหากจัดลำดับคุณภาพน้ำตามคณะกรรมการ

สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) จะจัดอยู่ในประเภทที่ 2 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคและหากนำไปเพื่อการบริโภคควรผ่านกระบวนการบำบัดเสียก่อน

บรรณานุกรม

- กาญจนภานันท์ ลี้วมนิมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ
- กรมควบคุมมลพิษ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2535. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา
คุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- กรรณิการ์ พุทธาธร. 2529. ปริมาณและการแพร่กระจายของสาหร่ายที่สัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบาง-
ประการบริเวณลุ่มน้ำปิง-วัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. กองจัดการ
คุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย.
กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน กรุงเทพฯ ฯ
- ชลินดา อริยเดช. 2539. สหสัมพันธ์ของสารอาหารบางชนิดและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอน
พืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ถาวร ถนอมพงษ์ชาติ. 2538. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของแพลงก์
ตอนพืชในคูเมืองเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่.
- ทวีเดช ไชยนาพงษ์. 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าว
อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ ฯ
สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- ธีรศักดิ์ สมดี. 2541. การกระจายของแพลงก์ตอนพืช *Microcystis aeruginosa* Kutz ในอ่างเก็บน้ำ
เขื่อนแม่กวงอุดมธารา ปี 2539 – 2540. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ธีรพงศ์ ประเสริฐ. 2542. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ
เขื่อนแม่จันทมนุรักษ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่.

- นพรัตน์ ภาณุวิชชากร. 2543. การกระจายของ *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz) Seenayya & Subba ในอ่างเก็บน้ำห้วยตึงเฒ่า จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2542. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ, หน้า 364.
- นันทนา กษเสนี. 2536. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาแหล่งน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันท์ชลี กิมภากรณ์ และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2543. สหสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในต่างระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ (กันยายน – ธันวาคม 2542). การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ, หน้า 275.
- ปริญญานู มุลสิน. 2540. ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- ประเสริฐ ไวยะกา. 2539. คุณภาพน้ำทางชีวภาพของน้ำและการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรศิริ ตูถารักษ์. 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยี่ดเกาะและสหสัมพันธ์เชิงอาหารในปลากินพืชบางชนิดในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- พันทวี มาไพโรจน์ และ 6 ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2539. ศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีชีวภาพของคุณภาพน้ำในสระน้ำนิ่งในเมืองเชียงใหม่. รายงานการวิจัย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- มันสิน ดันจุลเวศม์. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ, กรมประมง.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ, ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- วุฒินันท์ ศิริรัตนวรานุกร. 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่ายและตะกอนดินและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ 2542. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2537. สาหร่ายวิทยาประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อักษร ศรีปลั่ง. 2529. สาหร่าย. กรุงเทพฯ, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Aligizaki K., Tryfon E. and Gouni M.M. 2001. **Phytoplankton species composition and diversity in shallow, urban Mediterranean lake (Lake Kastoria).** 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 100.
- Antoni A., Kusnan M., Yusoff F.M. and Ong E. S. 1995. **Nutrient enrichment studies in a tropical reservoir: effect of N:P ratios on phytoplankton populations.** Journal Tropical Limnology, 11, 179-185.
- American Public Health Association (APHA). 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.** 20th edition, Washington D.C.
- Berges J.A., Varela D.E. and Harrison P.J. 2001. **Rate, composition and nitrogen metabolism in a marine diatom.** 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 12.
- Boney A.D. 1975. **Phytoplankton.** The Institute of Biology Studies in Biology. Edward Arnold Ltd, London.
- Booth W.E., Satish C.C. and Kamariah A.S. 1994. **Ecology of a tropical man - made lake in Brunei Darussalam with proposal for its development and management.** Internat. Verein. Limnol, 24, 273-278.
- Branco C.W.C. and Senna P.A.C. 1994. **Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoa Reservoir, Brasilia.** Brazil, Journal Algological, 75, 85 - 96.
- Desikachary T.V. 1959. **Cyanophyta.** New Delhi, Indian Council of Agriculture Research.

- Gabriela R.G. and Valadez C.F. 2001. **Phytoplankton from Chignahupan lake, Mexico state, Mexico.** 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 104.
- Goldman C.R. and Horne A. J.. 1983. **Limnology.** McGraw - Hill Book Company Published, New York.
- Guildford S.J. and Hecky R.E. 2000. **Total nitrogen, total phosphorus and nutrient limitation in lake and oceans: Is there a common relationship.** Marine Progress Series, 45, 1213-1223.
- Heo W.M. and Bomchul K. 1997. **The change in N/P ratio with eutrophication and cyanobacterial bloom in Lake Soyang, Korea.** Internat. Verein. Limnol, 26, 491-495.
- Lorraine L. J. and Vollenweider R.A. 1981. **Summary report. The OECD Cooperative Programme on Eutrophication.** National Water Research Institute, Burlington.
- Mason C.F. 1996. **Biology of Freshwater Pollution.** 3th edition, Long man, England.
- Misiewicz S. and Adam L. 2001. **Photoadaptations, photosynthesis rate and biomass production in the Baltic cyanobacterium *Phormidium amphibium*.** 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 98.
- Nagarkar S. 2001. **Physical stress and morphological variation in cyanobacteria on tropical rocky shores of Hong Kong.** 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 94.
- Nusch E.A. 1980. **Comparision of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination.** Arch Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 14, 14-36.
- Phlips E.J., Cichra M., Havens K., Hanlon C., Badylak S., Rueter B., Randall M. and Hansen P. 1997. **Relationships between phytoplankton dynamics and the availability of light and nutrient in a shallow sub-tropical lake.** Journal of Plankton Research, 19, 319-342.
- Prescott G.W. 1970. **How to Know the Freshwater Algae.** W.M.C. Brown Company Pulisher, Dubuque, Iowa.
- Round F.E. 1973. **The Biology of Algae.** Edward Arnold (Published) Ltd., London.

- Royal irrigation department. 1977. **Mae Ngat Project**. Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Saeton K. and Traichaiyaporn S. 2001. **Vertical distribution of blue-green algae in the Mae Ngat Somboonchol Reservoir Chiang Mai, Thailand**. 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 105.
- Smith G. M. 1950. **The Fresh Water Algae of the United States**. 2nd edition, McGraw – Hill Book Company Publishers, New York.
- Schollhorn E. and Wilhelm G. 1997. **The importance of increasing N/P ratios for phytoplankton biomass and species composition in an oligotrophic lake**. Internat. Verein. Limnol., 26, 615-620.
- Sorokin Y.I. 1999. **Aquatic microbial ecology**. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.
- Stevenson R. J., Max L.B. and Rex L.L. 1996. **Algae Ecology Freshwater Benthic Ecosystems**. Academic Press Inc., San Diego, California.
- Sze P. 1997. **A Biology of the Algae**. 3rd edition, McGraw -Hill Book Company Publishers, New York.
- Traichaiyaporn S. 1985. **Selected physico-chemical and biological characteristics of lake Katugday, Buhi, Camarines sur. Philippines**. Ph.D. Thesis, Dissertation University of the Philippines at Los Banos (UPLB) Philippines.
- Traichaiyaporn S., Pornsiri T. and Thaweedat C. 2001. **Seasonal succession of *Cylindrospermopsis raciborskii* in Mae Ngat Somboonchol reservoir**. 7th International Phycological Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Greece, Phycologia, 40, 16.
- Vymazal J. 1995. **Algae and Element Cycling in Wetland**. Lewis Publishers, London.
- Wetzel R.G. 1983. **Limnology**. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- Yin C., Zhiwen L and Ming Z. 1994. **Factors limiting algal growth in eutrophic Chaohu Lake, China**. Internat. Verein. Limnol., 24, 213-218.
- Yunes J.S., Luis F.H.N. and Paulo S.S. 1998. **Effect of nutrient balance and physical factors on blooms of toxic cyanobacteria in the Patos Lagoon, Southern Brazil**. Internat. Verein. Limnol., 26, 1796-1800.
- Zhang H. and Chang W.Y.B. 1994. **Management of inland fisheries in shallow eutrophic mesotrophic and oligotrophic lakes in China**. Internat. Verein. Limnol., 24, 225-229.

ภาคผนวก ก

ชนิด ปริมาณและการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล ปี 2544
(เดือนมกราคม – ธันวาคม 2544)

ภาคผนวก ข

คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ
ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544
(เดือนมกราคม – ธันวาคม 2544)

ภาคผนวก ค

**ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและคุณภาพน้ำ
ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล ปี 2544
(เดือนมกราคม – ธันวาคม 2544)**

ตาราง 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	613.100	4.610	9.220	0.258
Intercept	1	1875.547	1875.547	3751.093	0.010
Station	2	7.421	3.711	7.421 ^{ns}	0.251
Depth	5	129.540	25.840	51.680 ^{ns}	0.189
Month	11	126.096	11.463	22.927 ^{ns}	0.162
Station * Depth	7	2.934	0.419	0.838 ^{ns}	0.689
Station * Month	22	66.307	3.014	6.028 ^{ns}	0.312
Depth * Month	43	99.305	2.309	4.619 ^{ns}	0.356
Station * Depth * Month	43	73.077	1.699	3.399 ^{ns}	0.410
Error	1	0.500	0.500		
Total	135	5692.000			
Corrected Total	134	613.600			

หมายเหตุ a. R Squared = 0.999 (Adjusted R Squared = 0.891)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	5.7E+09	4.3E+07	30685.62	0.005
Intercept	1	1.9E+08	1.9E+08	134923.1	0.002
Station	2	2.3E+07	1.1E+07	8086.102	**
Depth	5	4.9E+08	1.0E+08	86218.73	**
Month	11	1.5E+09	1.4E+08	97441.53	**
Station * Depth	7	4.9E+07	7033051	5053.174	*
Station * Month	22	6.5E+08	3.0E+07	21245.08	**
Depth * Month	43	1.8E+09	4.3E+07	30712.64	**
Station * Depth * Month	43	3.0E+08	6876887	4940.971	*
Error	1	1391.809	1391.809		
Total	135	6.4E+09			
Corrected Total	134	5.7E+09			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตาราง 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับความลึกของน้ำ

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	34	4217.927	124.057	4.531	0.358
Intercept	1	19539.97	19539.97	713.659	0.024
Station	2	3120.310	1560.155	56.982 ^{**}	0.000
Month	11	879.040	79.913	2.919 ^{ns}	0.430
Station * Month	21	178.409	8.496	0.310 ^{ns}	0.913
Error	1	27.380	27.380		
Total	36	23687.89			
Corrected Total	35	4245.307			

หมายเหตุ a. R Squared = 0.994 (Adjusted R Squared = -0.774)
 ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตาราง 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศ

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	34	338.576	9.958	6.8E+12	0.000
Intercept	1	29177.38	29177.38	2.0E+16	0.000
Station	2	13.268	6.634	4.6E+12 ^{**}	0.000
Month	11	297.651	27.059	1.9E+13 ^{**}	0.000
Station * Month	21	21.377	1.018	7.0E+11 ^{**}	0.000
Error	1	1.458E-12	1.458E-12		
Total	36	29951.25			
Corrected Total	35	338.576			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)
 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตาราง 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความโปร่งใสของน้ำ

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	34	28.675	0.843	117.138	0.073
Intercept	1	259.954	259.954	36104.66	0.003
Station	2	1.537	0.768	106.726 ^{ns}	0.068
Month	11	22.415	2.038	283.012 [*]	0.046
Station * Month	21	4.405	0.210	29.132 ^{ns}	0.145
Error	1	7.200E-03	7.200E-03		
Total	36	289.990			
Corrected Total	35	28.682			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.991)
 ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ
 * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตาราง 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิน้ำ

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	629.104	4.730	236.505	0.052
Intercept	1	42147.86	42147.86	2107393.0	0.000
Station	2	1.071	0.536	26.780 ^{ns}	0.135
Depth	5	98.721	19.744	987.210 [*]	0.017
Month	11	302.770	27.525	1376.228 [*]	0.021
Station * Depth	7	1.257	0.180	8.979 ^{ns}	0.252
Station * Month	22	6.040	0.275	13.728 ^{ns}	0.210
Depth * Month	43	56.798	1.321	66.045 ^{ns}	0.097
Station * Depth * Month	43	5.091	0.118	5.920 ^{ns}	0.317
Error	1	2.000E-02	2.000E-02		
Total	135	95925.35			
Corrected Total	134	629.124			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.996)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่าง

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	110.331	0.830	1843.451	0.019
Intercept	1	2611.601	2611.601	5803557	0.000
Station	2	1.622E-02	8.108E-03	18.017 ^{ns}	0.164
Depth	5	18.139	3.628	8062.778 ^{**}	0.008
Month	11	57.621	5.238	11640.54 ^{**}	0.007
Station * Depth	7	0.283	4.050E-02	89.995 ^{ns}	0.081
Station * Month	22	3.679	0.167	371.614 [*]	0.041
Depth * Month	43	11.668	0.271	603.005 [*]	0.032
Station * Depth * Month	43	2.111	4.908E-02	109.075 ^{ns}	0.076
Error	1	4.500E-04	4.500E-04		
Total	135	5989.215			
Corrected Total	134	110.331			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.999)
 ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตาราง 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำ

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	35907.83	269.984	539.967	0.034
Intercept	1	659490.9	659490.9	1318982	0.001
Station	2	35.088	17.544	35.088 ^{ns}	0.199
Depth	5	3821.93	764.386	1528.772 [*]	0.027
Month	11	18303.33	1663.939	3327.879 [*]	0.014
Station * Depth	7	449.575	64.225	128.450 ^{ns}	0.068
Station * Month	22	1013.430	46.065	92.130 ^{ns}	0.082
Depth * Month	43	10935.06	254.304	508.607 [*]	0.035
Station * Depth * Month	43	939.682	21.853	43.706 ^{ns}	0.120
Error	1	0.500	0.500		
Total	135	1368167			
Corrected Total	134	35908.33			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.998)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	913.078	6.865	2.5E+13	0.000
Intercept	1	298.671	298.671	1.1E+15	0.000
Station	2	1.234	0.617	2.3E+12**	0.000
Depth	5	519.230	103.846	3.8E+14**	0.000
Month	11	64.122	5.829	2.1E+13**	0.000
Station * Depth	7	7.692	1.099	4.0E+12**	0.000
Station * Month	22	23.310	1.060	3.9E+12**	0.000
Depth * Month	43	162.599	3.781	1.4E+13**	0.000
Station * Depth * Month	43	34.197	0.795	2.9E+12**	0.000
Error	1	2.724E-13	2.724E-13		
Total	135	1854.766			
Corrected Total	134	913.078			

หมายเหตุ

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตาราง 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	0.132	9.952E-04	48.596	0.114
Intercept	1	0.151	0.151	7362.579	0.007
Station	2	1.581E-04	7.906E-05	3.860 ^{ns}	0.339
Depth	5	1.372E-02	2.744E-03	113.984 [*]	0.032
Month	11	7.023E-02	6.384E-03	311.727 [*]	0.044
Station * Depth	7	7.734E-04	1.105E-04	5.395 ^{ns}	0.320
Station * Month	22	4.152E-03	1.887E-04	9.215 ^{ns}	0.255
Depth * Month	43	1.442E-02	3.354E-04	16.377 ^{ns}	0.194
Station * Depth * Month	43	6.966E-03	1.620E-04	7.910 ^{ns}	0.276
Error	1	2.048E-05	2.048E-05		
Total	135	0.384			
Corrected Total	134	0.132			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.979)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจน

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	5.486E-04	4.125E-06	8.249	0.272
Intercept	1	1.245E-03	1.245E-03	2490.809	0.013
Station	2	1.016E-05	5.082E-06	10.165 ^{ns}	0.217
Depth	5	1.874E-05	3.748E-06	7.496 ^{ns}	0.221
Month	11	1.349E-04	1.226E-05	24.525 ^{ns}	0.156
Station * Depth	7	1.662E-05	2.374E-06	4.748 ^{ns}	0.340
Station * Month	22	6.062E-05	2.755E-06	5.511 ^{ns}	0.326
Depth * Month	43	1.573E-04	3.657E-06	7.315 ^{ns}	0.287
Station * Depth * Month	43	1.157E-04	2.690E-06	5.379 ^{ns}	0.331
Error	1	5.000E-07	5.000E-07		
Total	135	3.198E-03			
Corrected Total	134	5.491E-04			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.878)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนเตรทไนโตรเจน

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	0.211	1.583E-03	273.861	0.048
Intercept	1	5.204E-02	5.204E-02	9003.802	0.007
Station	2	1.395E-03	6.976E-04	120.691 ^{ns}	0.064
Depth	5	1.321E-02	2.642E-03	457.093 [*]	0.042
Month	11	5.686E-02	5.169E-03	894.310 [*]	0.026
Station * Depth	7	1.602E-04	2.288E-05	3.959 ^{ns}	0.369
Station * Month	22	5.067E-03	2.303E-04	39.851 ^{ns}	0.124
Depth * Month	43	0.121	2.804E-03	485.101 [*]	0.036
Station * Depth * Month	43	2.294E-03	5.336E-05	9.231 ^{ns}	0.256
Error	1	5.780E-06	5.780E-06		
Total	135	0.281			
Corrected Total	134	0.211			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.996)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ TKN

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	1.277	9.599E-03	19197.77	0.006
Intercept	1	0.790	0.790	1579324	0.001
Station	2	1.863E-02	9.313E-03	18626.55	0.005
Depth	5	5.118E-02	1.024E-02	20483.65	0.008
Month	11	0.452	4.111E-02	82211.31	0.003
Station * Depth	7	2.230E-02	3.185E-03	6370.181	0.010
Station * Month	22	0.112	5.086E-03	10172.09	0.008
Depth * Month	43	0.205	4.777E-03	9553.687	0.008
Station * Depth * Month	43	0.160	3.111E-03	7422.025	0.009
Error	1	5.000E-07	5.000E-07		
Total	135	2.776			
Corrected Total	134	1.277			

หมายเหตุ

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตาราง 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนรวม

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	1.560	1.173E-02	2029.071	0.018
Intercept	1	1.327	1.327	229621.4	0.001
Station	2	1.802E-02	9.010E-03	1558.880	0.018
Depth	5	0.351	7.028E-02	1215.916	0.029
Month	11	0.464	4.220E-02	7300.550	0.009
Station * Depth	7	2.054E-02	2.935E-03	507.753	0.034
Station * Month	22	0.119	5.407E-03	935.500	0.026
Depth * Month	43	0.314	7.302E-03	1263.368	0.022
Station * Depth * Month	43	0.157	3.653E-03	631.947	0.032
Error	1	5.780E-06	5.780E-06		
Total	135	3.935			
Corrected Total	134	1.560			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตาราง 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	590.129	4.437	98.601	0.080
Intercept	1	699.280	699.280	15539.56	0.005
Station	2	6.656	3.328	73.958 ^{ns}	0.082
Depth	5	109.154	21.831	485.129 [*]	0.019
Month	11	193.571	17.597	391.052 [*]	0.039
Station * Depth	7	5.583	0.798	17.724 ^{ns}	0.181
Station * Month	22	24.688	1.122	24.938 ^{ns}	0.157
Depth * Month	43	100.002	2.326	51.681 ^{ns}	0.110
Station * Depth * Month	43	23.071	0.537	11.923 ^{ns}	0.226
Error	1	4.500E-02	4.500E-02		
Total	135	1534.770			
Corrected Total	134	590.174			

หมายเหตุ

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.990)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสรวม

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	2553.926	19.202	0.701	0.765
Intercept	1	6224.367	6224.367	227.333	0.042
Station	2	22.548	11.274	0.412 ^{ns}	0.741
Depth	5	572.841	114.568	4.184 [*]	0.042
Month	11	1347.665	122.515	4.475 ^{ns}	0.354
Station * Depth	7	39.301	5.614	0.205 ^{ns}	0.937
Station * Month	22	162.303	7.377	0.269 ^{ns}	0.933
Depth * Month	43	273.809	6.368	0.233 ^{ns}	0.956
Station * Depth * Month	43	108.228	2.517	0.092 ^{ns}	0.998
Error	1	27.380	27.380		
Total	135	12881.40			
Corrected Total	134	2581.306			

หมายเหตุ a. R Squared = 0.989 (Adjusted R Squared = -0.421)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	44567.59	335.095	21.219	0.172
Intercept	1	17239.80	17239.80	1091.666	0.019
Station	2	973.542	486.771	30.823 ^{ns}	0.126
Depth	5	383.143	76.628	4.852 ^{ns}	0.276
Month	11	20481.13	1861.921	117.901 ^{ns}	0.072
Station * Depth	7	398.153	56.879	3.602 ^{ns}	0.385
Station * Month	22	5851.140	265.961	16.841 ^{ns}	0.190
Depth * Month	43	6707.891	155.997	9.878 ^{ns}	0.248
Station * Depth * Month	43	4907.811	114.135	7.227 ^{ns}	0.288
Error	1	15.792	15.792		
Total	135	91333.00			
Corrected Total	134	44583.38			

หมายเหตุ a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.953)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

Soure	df	Sum of Squares	Mean Square	F ratio	F Prob
Corrected Model	133	2137.768	16.073	91.727	0.083
Intercept	1	560.772	560.772	3200.108	0.011
Station	2	7.688	3.844	21.937 ^{ns}	0.149
Depth	5	548.237	109.647	626.554 [*]	0.021
Month	11	554.793	50.436	287.823 [*]	0.046
Station * Depth	7	38.561	5.509	31.437 ^{ns}	0.137
Station * Month	22	365.196	16.600	94.730 ^{ns}	0.081
Depth * Month	43	289.448	6.731	38.414 ^{ns}	0.127
Station * Depth * Month	43	180.073	4.188	23.898 ^{ns}	0.161
Error	1	0.175	0.175		
Total	135	4332.545			
Corrected Total	134	2137.943			

หมายเหตุ

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 0.989)

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตาราง 36 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของปริมาณสารห้าสปีชีส์ในน้ำกับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

	BGA	W.depth	Secchi	A. tem	W. tem	pH	Conduc	DO	NH ₃	NO ₂	NO ₃	TKN	Org N	Inorg N	TN	PO ₄	Org P	Inorg P	TP	TNP
BGA	1.000	-0.324**	-0.262	0.445**	0.588**	0.327**	0.029	0.441**	-0.506*	0.175*	-0.545*	-0.486*	-0.066	-0.449*	-0.525*	-0.460*	-0.042	-0.431*	-0.481*	0.000
Water depth	1.000		-0.511**	0.489**	-0.475**	-0.476**	0.454**	-0.740**	0.529**	0.080	0.578**	0.474	0.270**	0.470**	0.433**	0.587**	0.156	0.587**	0.450**	0.106
Secchi depth		1.000		-0.641**	-0.587	-0.009	-0.208	-0.135	-0.070	-0.079	0.151	-0.036	-0.017	-0.004	-0.016	-0.444**	0.321	-0.444**	0.199	-0.075
Air temperature			1.000		0.858**	0.412*	0.412*	0.578**	-0.335**	0.309	0.023	-0.085	0.012	-0.262	-0.075	0.275	-0.210	0.275	-0.137	-0.035
Water temperature				1.000		0.250**	-0.135	0.423**	-0.236**	0.160	-0.087	-0.122	-0.053	-0.201*	-0.139	0.050	-0.470**	0.050	-0.507**	0.083
pH					1.000		0.374**	0.574**	-0.640**	0.244**	-0.085	-0.417**	-0.241**	-0.438**	-0.403**	-0.468**	0.385**	-0.468**	0.211**	-0.462**
Conductivity						1.000		-0.023	-0.125	0.128	-0.028	0.127	0.191*	-0.091	0.107	-0.004	0.444**	-0.004	0.500**	-0.202*
DO							1.000		-0.380**	0.008	-0.152	-0.346**	-0.256**	-0.343**	-0.369**	-0.469**	0.018	-0.469**	-0.203*	-0.210*
NH ₃ -N								1.000		-0.229**	0.088	0.528**	0.236**	0.656**	0.506**	0.443**	-0.293**	0.443**	-0.120	0.473**
NO ₂ -N									1.000		0.021	-0.312**	-0.273**	-0.083	-0.256**	0.060	0.037	0.060	0.070	-0.317**
NO ₃ -N										1.000		0.085	0.065	0.808**	0.445**	0.238**	0.050	0.238**	0.170*	0.167
TKN											1.000		0.950**	0.369**	0.930**	0.349**	-0.150	0.349**	-0.003	0.861**
Organic N												1.000		1.000	0.878**	0.236**	-0.064	0.236**	0.041	0.812**
Inorganic N													1.000		0.629**	0.447**	-0.136	0.447**	0.060	0.397**
Total N														1.000		0.404**	-0.117	0.404**	0.061	0.835**
PO ₄ -P															1.000		-0.468**	1.000**	-0.051	0.222**
Organic P																1.000		-0.468**	0.906**	-0.427**
Inorganic P																	1.000		-0.051	0.222**
Total P																		1.000		-0.477**
TN/TP																			1.000	1.000

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

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

ภาคผนวก ง

มาตรฐานคุณภาพน้ำ

ตาราง 37 การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจนรวม
คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง

Variable (Annual Mean Values)		Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Hyper- eutrophic
Total Phosphorus mg m^{-3}	$\bar{x}$	<u>8.0</u>	<u>26.7</u>	<u>84.4</u>	750 - 1200 2
	$\bar{x} + 1 \text{ SD}$	4.85 - 13.3	14.5 - 49	38 - 189	
	$\bar{x} + 2 \text{ SD}$	2.9 - 22.1	7.9 - 90.8	16.8 - 424	
	Range	3.0 - 17.7	10.9 - 95.6	16.2 - 386	
	n	21	19 (21)	71 (72)	
Tatal Nitrogen mg m^{-3}	$\bar{x}$	<u>661</u>	<u>753</u>	<u>1875</u>	
	$\bar{x} + 1 \text{ SD}$	371 - 1180	485 - 1170	861 - 4081	
	$\bar{x} + 2 \text{ SD}$	208 - 2103	313 - 1816	395 - 8913	
	Range	307 - 1630	361 - 1387	393 - 6100	
	n	11	8	37 (38)	
Chlorophyll a mg m^{-3}	$\bar{x}$	<u>1.7</u>	<u>4.7</u>	<u>14.3</u>	100 - 150 2
	$\bar{x} + 1 \text{ SD}$	.8 - 3.4	3.0 - 7.4	6.7 - 31	
	$\bar{x} + 2 \text{ SD}$	.4 - 7.1	1.9 - 11.6	3.1 - 66	
	Range	.03 - 4.5	3.0 - 11	2.7 - 78	
	n	22	16 (17)	70 (72)	
Chlorophyll a Peak Value mg m^{-3}	$\bar{x}$	<u>4.2</u>	<u>16.1</u>	<u>42.6</u>	
	$\bar{x} + 1 \text{ SD}$	2.6 - 7.6	8.9 - 29	16.9 - 107	
	$\bar{x} + 2 \text{ SD}$	1.5 - 13	4.9 - 52.5	6.7 - 270	
	Range	1.3 - 10.6	4.9 - 49.5	9.5 - 275	
	n	16	12	46	
Secchi Depth m.	$\bar{x}$	<u>9.9</u>	<u>4.2</u>	<u>2.45</u>	0.4 - 0.5 2
	$\bar{x} + 1 \text{ SD}$	5.9 - 16.5	2.4 - 7.4	1.5 - 4.0	
	$\bar{x} + 2 \text{ SD}$	3.6 - 27.5	1.4 - 13	.9 - 6.7	
	Range	5.4 - 28.3	1.5 - 8.1	.8 - 7.0	
	n	13	20	70 (72)	

$\bar{x}$ = geometric mean

SD = Standard deviation

() = Value in bracket refers to the number of variables (n) employed in the first calculation.

ที่มา : Lorraine and Vollenweider (1981)

ตาราง 38 การจัดชั้นน้ำตามระดับของสารอาหาร คุณสมบัติด้านกายภาพ - เคมีและชีวภาพ บางประการ และ กลุ่มของแพลงก์ตอนพืช
ที่พบเป็นชนิดเด่นในระดับต่าง ๆ

Trophic Type	Mean	Phyto- plankton	Phyto- density	Chloro- phyll-a	Dominant	Light extinction	Total organic	Total P (ug.l ⁻¹)	Total N (ug.l ⁻¹)	Total
	primary	plankton	biomass	phyll-a	phytoplankton	extinction	organic	(ug.l ⁻¹)	(ug.l ⁻¹)	inorganic
	productivity	density	biomass	(mg m ⁻³)		coefficients	carbon			solids
	(mg C m ⁻²	(cm ³ m ⁻³)	(mg C m ⁻²)			(nm ⁻¹)	(ug.l ⁻¹)			(ug.l ⁻¹)
	Day ⁻¹)									
Ultraoligotrophic	< 50	< 1	< 50	0.01 - 0.5		0.03 - 0.8		< 1 - 5	< 1 - 250	2 - 15
Oligotrophic	50 - 300		20 - 100	0.3 - 3	Chrysophyceae	0.05 - 1.0	< 1 - 3			
					Cryptophyceae					
Oligomesotrophic		1 - 3			Dinophyceae,			5 - 10	250 - 600	10 - 200
					Bacillariophyceae					
Mesotrophic	250 - 1000		100 - 300	2 - 15		0.1 - 2.0	< 1 - 5			
Mesoeutrophic		3 - 5						10 - 30	500 - 1100	100 - 500
Eutrophic	> 1000		> 300	10 - 500	Bacillariophyceae,	0.5 - 4.0	5 - 30			
					Cyanophyceae					
Hypereutrophic		> 10			Chlorophyceae			30 - > 5000	500 - > 15000	400 - 60000
					Euglenophyceae					
Dystrophic	< 50 - 500		< 50 - 200	0.1 - 10		1.0 - 4.0	3 - 30	< 1 - 10	< 1 - 500	5 - 200

ที่มา : Wetzel (1983)

ตาราง 39 การจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสรวม
คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง

Trophic category	TP (ug/l)	mean Chlorophyll-a (ug/l)	max Chlorophyll-a (ug/l)	mean Secchi (m)	min Secchi (m)
Ultra-oligotrophic	<4.0	<1.0	<2.5	> 12.0	>6.0
Oligotrophic	<10.0	<2.5	<8.0	>6.0	>3.0
Mesotrophic	10 - 35	2.5 - 8	8 - 25	6 - 3	3 - 1.5
Eutrophic	35 - 100	8 - 25	25 - 75	3 - 1.5	1.5 - 0.7
Hypertrophic	>100	>25	>75	<1.5	< 0.7

หมายเหตุ TP = ปริมาณฟอสฟอรัสรวมโดยเฉลี่ยตลอดปี (ug/l)

mean Chlorophyll = ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ผิวน้ำ โดยเฉลี่ย ตลอดปี (ug/l)

max Chlorophyll = ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่ผิวน้ำ สูงสุด ตลอดปี (ug/l)

mean Secchi = ค่าความโปร่งใสโดยเฉลี่ย ตลอดปี (m)

min Secchi = ค่าความโปร่งใส ต่ำสุดตลอดปี (m)

ที่มา : Mason (1996)

ตาราง 40 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน
มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ ^ข	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ^ข				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1	สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)		-	ช	ช'	ช'	ช'	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)		°C	ช	ช'	ช'	ช'	-
3	ความเป็นกรดและด่าง (pH)		-	ช	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0	-
4	ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	P 20	มก./ล. (mg/l)	ช	≥ 6.0	≥ 4.0	≥ 2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	P 80	"	ช	≥ 1.5	≥ 2.0	≥ 4.0	-
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P 80	เอ็ม.พี.เอ็น/ 100 มล. (MPN / 100 ml)	ช	≥ 5,000	≥ 20,000	-	-
7	แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal Coliform Bacteria)	P 80	"	ช	≥ 1,000	≥ 4,000	-	-
8	ไนเตรด (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ช	มีค่าไม่เกิน		5.0	-
9	แอมโมเนีย (NH ₄) ในหน่วยไนโตรเจน		"	ช	"		0.5	-
10	ฟีนอล (Phenols)		"	ช	"		0.005	-
11	ทองแดง (Cu)		"	ช	"		0.1	-
12	นิกเกิล (Ni)		"	ช	"		0.1	-
13	แมงกานีส (Mn)		"	ช	"		1.0	-
14	สังกะสี (Zn)		"	ช	"		1.0	-
15	แคดเมียม (Cd)		"	ช	"		0.005*	-
							0.05**	-
16	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)		"	ช	"		0.05	-
17	ตะกั่ว (Pb)		"	ช	"		0.05	-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	ช	"		0.002	-

ตาราง 40 (ต่อ)

ลำดับ	คุณภาพน้ำ ^{2/}	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ^{1/}				
				ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท	ประเภท
				1	2	3	4	5
19	สารหนู (As)		"	ร	"		0.01	-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)		"	ร	"		0.005	-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบคเคอเรล/ล.	ร	มีค่าไม่เกินกว่า		0.1	-
	- ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	ร	"		1.0	-
22	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มี คลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	ร	"		0.05	-
23	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	ร	"		1.0	-
24	บีเอชซีแอลฟา (Alpha-BHC)		"	ร	"		0.02	-
25	ดิลดริน (Dieldrin)		"	ร	"		0.1	-
26	อัลดริน (Aldrin)		"	ร	"		0.1	-
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอ อีพอกไซด์ (Heptachlor & Heptachlor epoxide)		"	ร	"		0.2	-
28	เอนดริน (Endrin)		"	ร	ไม่สามารถตรวจสอบได้ตามวิธี การตรวจสอบที่กำหนด			-

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ณ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายขจรเกียรติ แซ่ตัน
วัน เดือน ปี เกิด	17 กรกฎาคม 2519
ภูมิลำเนา	316/45 ต. เขานิเวศน์ อ.เมือง จ.ระนอง 85000
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิชัยรัตนาคาร จ.ระนอง ปีการศึกษา 2537 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยาการประมง (เกียรตินิยม อันดับ 2) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2541
ทุนการศึกษา	ได้รับทุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการ ทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) กรกฎาคม 2544 - ธันวาคม 2545
ประสบการณ์	ฝึกงานที่บริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์ (ซีพี) อ. ละแม จ. ชุมพร ระยะเวลา มีนาคม - เมษายน 2540 ฝึกงานที่บริษัท แหลมทองฮอวอเทค จำกัด อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ระยะเวลา มีนาคม - พฤษภาคม 2541 นักวิชาการประมง 3 ที่สถานีวิจัยทรัพยากรชายฝั่งระนอง สถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.ระนอง ระยะเวลาทำงาน เมษายน - กันยายน 2542 อบรมเชิงปฏิบัติการ 6 th WRC Workshop เรื่อง Eutrophication and Toxic Cyanophyta in Freshwater Reservoirs. ณ. มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ผู้ช่วยสอนปฏิบัติการชีววิทยาพื้นฐานกระบวนวิชา 202184 ปีการศึกษา 1/2544 และ 1/2545 ผู้ช่วยการอบรมครูวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (พ.ศ 2544 และ 2545) ณ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

ผลงานวิจัย

ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร.2544. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในต่างระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ I (มกราคม – เมษายน 2544). การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27 ณ โรงแรมลีการ์เดน พลาซ่า จ. สงขลา. หน้า 677.

ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร.2544. สหสัมพันธ์ของสารอาหารและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ (I) (มกราคม – เมษายน 2544).การประชุมวิชาการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมทางน้ำนานาชาติ: การจัดการและการใช้ประโยชน์อย่างบูรณาการ.ณ โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว จ. เชียงใหม่.

ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร.2545. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในต่างระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ (II) (พฤษภาคม – สิงหาคม 2544) การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย ครั้งที่ 3. ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา. หน้า 517.

ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร.2545. สหสัมพันธ์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำต่อความหลากหลายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ปี 2544. การประชุมวิชาการประจำปีโครงการ BRT ครั้งที่ 6 ณ โรงแรมทวินโลตัส จ.นครศรีธรรมราช. หน้า 55.

ขจรเกียรติ แซ่ตัน และ ศิริเพ็ญ ตรีชัยยาพร.2544. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในต่างระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่ III (กันยายน – ธันวาคม 2544). การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ. หน้า 404.

Saeton, K. and Traichaiyaporn, S. 2001. Vertical Distribution of Blue - green Algae in the Mae Ngat Somboonchol Reservoir Chiang Mai, Thailand. Phycologia. 40(4): 105.