

**คุณภาพน้ำ การกระจายและผลผลิตเบื้องต้นของแพลงก์ตอนพืช
ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา เชียงใหม่**

**Water Quality, Distribution and Primary Productivity of Phytoplankton
in the Reservoir of Mae Kuang Udomtara Dam, Chiang Mai**

โดย

ยวดี พิรพรพิศาล

ธีรศักดิ์ สมดี

วันชัย สนธิไชย

Eugen Rott

ลิขสิทธิ์หนังสือสงวนลิขสิทธิ์ของเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**ทุนสนับสนุนการวิจัย : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี 2538-2539
ประเภทโครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ**

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยทางด้านฝ่ายไทยและ Austrian Federal Research Council, Vienna ประเทศออสเตรีย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายออสเตรีย จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณวิม สุวรรณวงศ์ หัวหน้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กก คุณวัฒนา กิระจินดา คุณดนัย สว่างแจ้ง นายช่างชลประทาน คุณอนันต์ แก้วเขียว อดีตหัวหน้าหน่วยอนุรักษ์ทรัพยากรประมงน้ำจืดแม่กก ที่ได้อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำตลอดการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร. อภารัตน์ มหาพันธ์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้อนุเคราะห์ผลการวิเคราะห์สารพิษจากตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช รองศาสตราจารย์ ดร. เกตุ กรุดพันธ์ และ ดร. พลยุทธ สุขสมิตี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ช่วยในการวิเคราะห์สารอาหารในแหล่งน้ำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มรกต สุโขติรัตน์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ช่วยในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่อง

ขอขอบคุณคณะทำงานในงานวิจัยเรื่องนี้ รวมทั้งนักศึกษาในหน่วยวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการช่วยเหลืองานทั้งภาคสนาม และการจัดทำรายงานฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ยวดี พิรพรพิศาล

ธีรศักดิ์ สมดี

วันชัย สนธิไชย

Eugen Rott

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

ชื่อเรื่องการวิจัย คุณภาพน้ำ การกระจายและผลผลิตเบื้องต้นของแพลงก์ตอนพืช
ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา เชียงใหม่

ชื่อผู้วิจัย ยุวดี พิรพรพิศาล อีรศักดิ์ สมดี วันชัย สนธิไชย และ Eugen Rott

บทคัดย่อ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำ การกระจายและผลผลิตเบื้องต้นของแพลงก์ตอนพืช ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2538 - มกราคม 2540 รวม 18 เดือน พบว่า คุณภาพน้ำตามมาตรฐานในแหล่งน้ำจืดผิวดินจัดเป็นประเภท 2-3 สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน เมื่อจัดตามปริมาณสารอาหารจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทมีสารอาหารปานกลางจนถึงมีสารอาหารมาก

ปัญหาที่สำคัญของคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำนี้คือ การเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช *Microcystis aeruginosa* Kutz. ซึ่งสร้างสารพิษไมโครซิสติน ที่มีพิษต่อตับ พบแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ตลอดการวิจัยโดยเพิ่มปริมาณอย่างมากในช่วงกรกฎาคม 2539 - มกราคม 2540 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้คือ soluble reactive phosphorus และฟอสฟอรัสรวมซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางด้านกายภาพเคมีและชีวภาพตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกเกิดขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะปริมาตรชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและของ *M. aeruginosa* พบมากในระดับผิวน้ำและลดลงในระดับชั้นน้ำด้านล่าง นอกจากนี้ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดยังมีความสัมพันธ์กับผลผลิตเบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษาแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด 122 ชนิด กลุ่มที่พบจำนวนมากที่สุดคือ Chlorophyceae (35%), Zygnemaphyceae (20%), Diatomophyceae (14%), Cyanophyceae (9%), Euglenophyceae (9%), Cryptophyceae (6%), Dinophyceae (5%) และ Xanthophyceae (2%) ตามลำดับ แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไป มีส่วนน้อยที่พบในเขตร้อน หรือเขตอบอุ่น ค่อนข้างร้อนและเขตร้อน ชนิดที่เด่นคือ *M. aeruginosa* ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำที่มีสารอาหารมากได้

Research Title **Water Quality, Distribution and Primary Productivity of Phytoplankton in the Reservoir of Mae Kuang Udomtara Dam, Chiang Mai**

Authors **Yuwadee Peerapornpisal, Theerasak Somdee, Wanchai Sonthichai and Eugen Rott**

Abstract

The study of water quality, distribution and primary productivity of phytoplankton in the reservoir of Mae Kuang Udomtara Dam, Chiang Mai, were investigated for 18 months during August 1996 - January 1998. The water quality in the reservoir classified by standard surface water quality was found to be in the second to the third category and relatively clean for household consumption when properly treated. However, by the trophic levels, the reservoir was mesotrophic to eutrophic.

The main problem of water quality in the reservoir was the proliferation of phytoplankton, *Microcystis aeruginosa* Kütz. which secreted microcystin (hepatotoxin). It was found throughout the investigation in large amount during July 1996 - January 1998. The factors effecting the proliferation were the amount of soluble reactive phosphorus and the total phosphorus which showed negative correlation with the volume of water in the reservoir. The vertical changes of the physical, chemical and biological properties of water were more obvious especially the total biovolume and that of *M. aeruginosa* at the water surface and decreased at the lower levels. Moreover, the total biovolume correlated with the primary productivity and chlorophyll a.

One hundred and twenty two species of phytoplankton were found. The greatest number of species was in Chlorophyceae (35%) followed by Zygnemaphyceae (20%), Diatomophyceae (14%), Cyanophyceae (9%), Euglenophyceae (9%), Cryptophyceae (6%), Dinophyceae (5%) and Xanthophyceae (2%) respectively. The large proportion of phytoplanktons were cosmopolitan, the minority were tropical or warm temperate and tropical species. The dominant species was *M. aeruginosa* which could be used to indicate the eutrophic water quality.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพประกอบ	ฉ
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	12
บทที่ 4 ผลการวิจัย	16
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย	51
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน และการจัดชั้นน้ำ ตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร	63
ภาคผนวก ข ตารางสหสัมพันธ์ คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพเคมีและชีวภาพ	70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ชนิดและค่าประมาณความมกน้อยของแพลงก์ตอนพืช ที่พบในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	17
2	ผลการตรวจหาแบคทีเรีย <i>Streptococcus fecalis</i> อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540 ตามระดับความลึกทุก 5 เมตร ทางน้ำออก 3 ทาง และทางน้ำเข้า 2 ทาง	44
3	ผลการตรวจหาแบคทีเรีย <i>Clostridium perfringen</i> อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540 ตามระดับความลึกทุก 5 เมตร ทางน้ำออก 3 ทาง และทางน้ำเข้า 2 ทาง	45
4	ผลการตรวจหาแบคทีเรีย <i>Vibrio cholerae</i> อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540 ตามระดับความลึกทุก 5 เมตร ทางน้ำออก 3 ทาง และทางน้ำเข้า 2 ทาง	46
5	เปรียบเทียบสารอาหารที่สำคัญ 4 ชนิดที่บริเวณกันอ่างและบริเวณริมฝั่งของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ และอ่างเก็บน้ำอ่างแก้วมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	48
6	ผลการวิเคราะห์สารพิษจากตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช (น้ำหนักแห้ง) ในช่วงที่มีการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ <i>M. aeruginosa</i> Kutz. ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่	50
7	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน	64
8	การจัดชั้นน้ำตามระดับความมกน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นและแพลงก์ตอนพืชที่พบเห็นได้ทั่วไป ในชั้นน้ำระดับต่าง ๆ	66
9	การจัดชั้นน้ำตามระดับความมกน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ และกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดเด่น ในชั้นน้ำระดับต่าง ๆ	67
10	การจัดชั้นน้ำตามระดับความมกน้อยของ ฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง	68
11	สหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	70

สารบัญภาพประกอบ

ภาพ	หน้า
1	4
2	11
3	19
4	21
5	22
6	23
7	24
8	25
9	26
10	26
11	28
12	29

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
13 ความแตกต่างของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	29
14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg.l^{-1}) ในรอบปีตามระดับชั้นน้ำในลิก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	30
15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนอิ่มตัวในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	31
16 ค่า BOD ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	31
17 ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจน ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	32
18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลิก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	33
19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลิก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	34
20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ soluble reactive phosphorus ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลิก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	36
21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวม ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลิก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	37
22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเหล็กรวม ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลิก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	38

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืช ($\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) ในรอบปีตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	39
24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพรวมของ <i>M. aeruginosa</i> ($\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	41
25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	42
26 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/ 100 ml) อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	43
27 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ รวม 3 ฤดู	47
28 เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารที่สำคัญ 5 ชนิด บริเวณทางน้ำเข้า (inflows) กลางอ่าง (reservoir) และทางน้ำออก (outflows) อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 ถึง มกราคม 2540	49

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

บทที่ 1

บทนำและวัตถุประสงค์

1.1 บทนำ

ความสำคัญของเขื่อนแม่กวงอุดมธารา อำเภอต๋อยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากจะมีจุดประสงค์เพื่อการนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำของเขื่อน เข้าสู่ระบบชลประทานให้กับอำเภอหลาย ๆ แห่งในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนแล้ว ความสำคัญอีกประการหนึ่งคือ การนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำมาใช้ผลิตน้ำประปาให้แก่หลาย ๆ อำเภอรอบ ๆ เขื่อนแม่กวง รวมทั้งอำเภอเมืองเชียงใหม่ซึ่งดำเนินงานโดยสำนักงานประปา เขต 9 จังหวัดเชียงใหม่ การประปาส่วนภูมิภาค ด้วยจุดประสงค์นี้คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะเป็นน้ำดิบจ่ายให้กับโรงงานผลิตน้ำประปาจึงมีความสำคัญยิ่งและควรจะมีการติดตามตรวจสอบอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่องตลอดเวลา

ในเบื้องต้นของการวิจัยเรื่องนี้ คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงยังมีสภาพไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก เท่าที่สอบถามเจ้าหน้าที่ในโครงการพบเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวคือ การที่น้ำเปลี่ยนแปลงเป็นสีสนิมเหล็ก ซึ่งมีการวิเคราะห์ไปได้ 2 แนวทางคือ อาจเกิดจากการพอลิเมอร์ของชั้นน้ำด้านล่างชั้นผิวบนด้วยอิทธิพลของลมและคุณสมบัติทางด้านกายภาพบางประการของน้ำ มีผลให้เหล็กหมุนเวียนจากบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำสู่ชั้นผิวน้ำแล้วออกซิไดซ์กับอากาศเกิดเป็นสนิมเหล็กขึ้นหรืออีกประการหนึ่งอาจจะเกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชพวก *Euglena haematoides* ซึ่งเมื่อมีปริมาณอย่างมากแล้วจะทำให้ผิวน้ำเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง สภาพเช่นนี้เกิดเนื่องจากปริมาณสารอาหาร รวมทั้งคุณสมบัติบางประการของน้ำในอ่างเก็บน้ำพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้

นอกจากเหตุการณ์ดังกล่าวแล้ว คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงยังสงบนิ่งและสม่ำเสมอโดยตลอด แต่เมื่อปลายปี 2537 ในช่วงฤดูหนาวได้เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชื่อ *Microcystis aeruginosa* Kütz. ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่สร้างสารพิษชื่อ microcystin ซึ่งเป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดความผิดปกติต่อตับ (hepatotoxin) อาจจะมีผลให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเป็นอันตรายจนถึงแก่ชีวิตหรืออาจถ่ายทอดกันตามลูกโซ่อาหารจากแพลงก์ตอนพืชสู่ปลา และสู่คนตามลำดับ รายงานที่กล่าวถึงพิษของสารชนิดนี้รุนแรงที่สุดคือ เป็นตัวก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง การเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงมีลักษณะขึ้น ๆ ลง ๆ เพิ่มปริมาณมากในบางช่วงและลดลงในบางช่วง ด้วยเหตุนี้การวิจัยในช่วงหลัง ๆ จึงจำเป็นที่จะต้องหันมาให้ความสนใจต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ ซึ่งจะมีผลคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงเป็นอย่างสูง พร้อมกันนี้การศึกษาเพื่อดูการกระจายของแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ ในแต่ละฤดูกาลอันจะนำไปสู่การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีทางชีวภาพเพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำก็ยังคงกระทำอยู่อย่างต่อเนื่องรวมทั้งผลผลิตเบื้องต้นของอ่างเก็บน้ำอันจะมีผลต่อผลผลิตของสัตว์น้ำทั่วไป การวิจัยในเรื่องนี้ได้สิ้นสุดลงแล้ว คณะผู้วิจัยได้คำตอบอันจะเป็นแนวทางสู่จุดประสงค์ที่ตั้งไว้เป็นอย่างดีที่น่าพอใจ หวังว่างานวิจัยเรื่องนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาทางด้านคุณภาพน้ำ ชลประทานและแพลงก์ตอนพืชในประเทศไทยและเขตร้อนทั่วไป รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่เฉพาะเขื่อนแม่

กวาง แต่รวมถึงอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่เคยเกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์พืชเหล่านี้หรืออาจ
จะเกิดปรากฏการณ์ขึ้นในอนาคตโดยสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง
เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 2 ปี

1.2.2 เพื่อศึกษาแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นแรกในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศในน้ำทั้ง
ทางด้านชนิด ปริมาณ มวลชีวภาพ (ปริมาตรชีวภาพ) อย่างต่อเนื่องทุกฤดูกาลเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน
ในการศึกษาแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพของแหล่งน้ำ

1.2.3 เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช *Microcystis aeruginosa* ใน
อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง ตามระดับความลึก รวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ
แพลงก์ตอนพืชชนิดนี้

1.3 รายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ทำการวิจัย

1.3.1 ความเป็นมาและสถานที่ตั้ง

อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา ตั้งอยู่ในตำบลลวงเหนือ อำเภอต๋อยสะเท็ด จังหวัด
เชียงใหม่ ที่ละติจูด $18^{\circ} 56' 54'' N$ และลองจิจูด $99^{\circ} 7' 77'' E$ (ภาพ 1)
มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 350 เมตร เริ่มสร้างขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2519 โดยพระราชดำริ
ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ซึ่งในการนี้กรมชลประทานได้ดำเนินการพัฒนาลำน้ำแม่กวง ซึ่งเป็น
ลำน้ำสาขาหนึ่งของลำน้ำแม่ปิง โดยเริ่มจากสร้างเขื่อนปิดกั้นลำน้ำเพื่อเก็บน้ำที่มีเกินพอในฤดูฝน เขื่อน
นี้สร้างแล้วเสร็จและเปิดดำเนินการอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2540

1.3.2 ลักษณะภูมิประเทศ

อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงเป็นเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่รับน้ำ (watershed area
หรือ catchment area) 569 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ผิวน้ำ 11.8 ตารางกิโลเมตร ความลึกระหว่าง
40-45 เมตร และปริมาตรของน้ำ 263 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยประกอบด้วยตัวเขื่อนใหญ่ 1 แห่งมี
ความยาว 610 เมตร ความสูง 73 เมตร และเขื่อนดินปิดช่องเขาขาดอีก 2 แห่งคือ เขื่อนฝั่งซ้ายความ
ยาว 655 เมตร ความสูง 50 เมตร และเขื่อนฝั่งขวาความยาว 640 เมตร ความสูง 40 เมตร อ่าง
เก็บน้ำของเขื่อนรับน้ำมาจากทางน้ำเข้า (inflows) ประกอบไปด้วยทางน้ำเข้า 2 แห่งคือ บริเวณห้วย
แม่กวงรับน้ำจากแม่น้ำแม่กวง และห้วยแม่ลาย รับน้ำจากลำน้ำแม่ลาย ตำบลหนองแห้ว อำเภอสัน
ทราย จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณเขื่อนนี้มีคลองส่งน้ำหรือทางน้ำออก (outflows) สายใหญ่ 2 สายพร้อม
อาคารประกอบคือคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ท้องคลองกว้าง 3 เมตร ความลึก 2.65 เมตร ความยาว
ประมาณ 76.2 กิโลเมตร ส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกบริเวณอำเภอต๋อยสะเท็ด จังหวัดเชียงใหม่และ
อำเภอบ้านธิ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูนจำนวน 88,690 ไร่ ส่วนคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา ท้อง
คลองกว้าง 1.70 เมตร ความลึก 1.45 เมตร ความยาวประมาณ 15.50 กิโลเมตรและมีคลองส่งน้ำ

สายขอยรวมยาวประมาณ 200 กิโลเมตร พร้อมอาคารประกอบโดยส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกฝั่งขวาของเขื่อน บริเวณอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่จำนวน 11,560 ไร่ นอกจากนี้ยังส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานเดิม คือคลองส่งน้ำกลางซึ่งมีอยู่จำนวน 74,750 ไร่

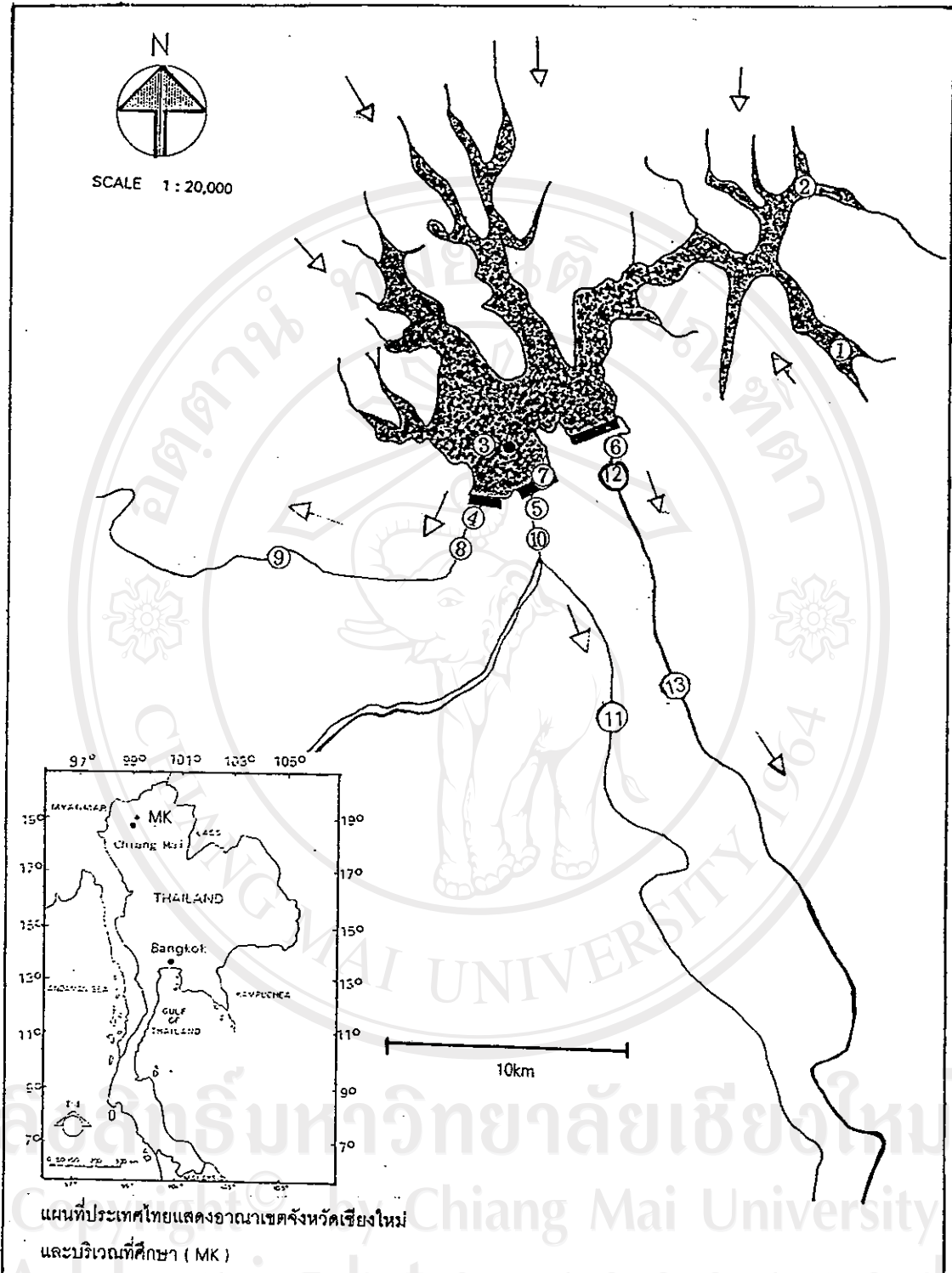
ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2539 เป็นต้นมา ทางสำนักงานประปา เขต 9 จังหวัดเชียงใหม่ การประปาส่วนภูมิภาค มีดำริที่จะสร้างโรงงานผลิตน้ำประปา บริเวณเขื่อนแม่กวงโดยนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำมาเป็นน้ำดิบในการทำน้ำประปา เพื่อจ่ายให้แก่ประชากรในเขตอำเภอเมือง และอำเภอรอบนอก บริเวณเขื่อนแม่กวง จังหวัดเชียงใหม่



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาพ 1 แผนที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ แสดงระบบน้ำ ทางน้ำเข้า ทางน้ำออกและจุดเก็บตัวอย่าง

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 ทางน้ำเข้า 1 (ห้วยแม่ลาย) | 2 ทางน้ำเข้า 2 (ห้วยแม่กวง) | 3 จุดเก็บตัวอย่างกลางอ่างเก็บน้ำ | 4 คลองส่งน้ำฝั่งขวา |
| 5 คลองส่งน้ำส่วนกลาง | 6 คลองส่งน้ำฝั่งซ้าย | 7 เขื่อนแม่งวง | 8 จุดเก็บตัวอย่างทางน้ำออก คลองส่งน้ำฝั่งขวา จุดที่ 1 |
| 9 จุดเก็บตัวอย่างทางน้ำออก คลองส่งน้ำฝั่งขวา จุดที่ 2 | 10 จุดเก็บตัวอย่างทางน้ำส่วนนอก คลองส่งน้ำส่วนกลาง จุดที่ 1 | 11 จุดเก็บตัวอย่างทางน้ำออก คลองส่งน้ำส่วนกลาง จุดที่ 2 | 12 จุดเก็บตัวอย่างทางน้ำออก คลองส่งน้ำฝั่งซ้าย จุดที่ 1 |
| 13 จุดเก็บตัวอย่างทางน้ำออก คลองส่งน้ำฝั่งซ้าย จุดที่ 2 | | | |

บทที่ 2

บททวนเอกสาร

แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton)

แพลงก์ตอน (plankton) หมายถึงสิ่งมีชีวิตซึ่งล่องลอยอยู่ในน้ำสุดแต่คลื่นและลมจะพัดพาไป เนื่องจากลักษณะทางกายภาพและขนาดทำให้แพลงก์ตอนไม่สามารถรักษาการเคลื่อนที่ต้านต่อกระแสได้ (ลัดดา, 2538) แพลงก์ตอนแบ่งได้ 2 ชนิด คือแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ แพลงก์ตอนพืชคือกลุ่มสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่เป็น prokaryote และ eukaryote มีรงควัตถุภายในเซลล์ สามารถดูดซับพลังงานแสงและเปลี่ยนสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนภายในเซลล์ได้ แพลงก์ตอนพืชจึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำในแง่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของห่วงโซ่อาหาร สารอินทรีย์บางส่วนที่ปล่อยออกมาจากแพลงก์ตอนทั้ง 2 ชนิดและที่เกิดจากการย่อยสลายของแพลงก์ตอนที่ตายแล้ว จะเปลี่ยนเป็นสารอาหารสำหรับผู้ย่อยสลายซึ่งมีบทบาทในการสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์และปลดปล่อยลงสู่ น้ำ ซึ่งจะมีความสำคัญต่อแพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำอื่น ๆ ในการนำกลับไปใช้เพื่อดำรงชีวิตในระบบนิเวศต่อไป แพลงก์ตอนพืชพบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยที่แพลงก์ตอนพืชจะเป็นกลุ่มที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดในกลุ่มแพลงก์ตอนทั้งหมด (Round, 1973 ; ยวดี, 2538 ; ลัดดา, 2538) แพลงก์ตอนพืชสามารถแบ่งได้เป็น 9 กลุ่มคือ Cyanophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Diatomophyceae , Chrysophyceae, Chlorophyceae , Zygnemaphyceae, Xanthophyceae และ Euglenophyceae (Rott, 1981)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช

แหล่งน้ำตามธรรมชาติไม่มีแห่งใดเป็นน้ำบริสุทธิ์ เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี ทำให้แหล่งน้ำได้รับการปนเปื้อนจากสารต่างๆ ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญในการควบคุมคุณสมบัติของน้ำได้แก่ ปริมาณฝน การพังทลายของหน้าดิน การระเหยของน้ำ การละลายของก๊าซและการตกตะกอนของสารละลายก็มีส่วนทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ฤดูกาลและวัฏจักรของสารก็มีผลกระทบเช่นเดียวกัน สิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่นแพลงก์ตอนพืชซึ่งจัดเป็นผู้ผลิตของแหล่งน้ำ อาศัยคุณสมบัติต่างๆของน้ำเพื่อการเจริญเติบโต (Goldman and Home, 1983) ดังนั้นในการศึกษาแพลงก์ตอนพืชจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยทางกายภาพเช่น ความเข้มของแสง การส่องผ่านของแสง ความขุ่นและอุณหภูมิของน้ำ ปัจจัยทางเคมีที่มีอิทธิพลต่อแพลงก์ตอนพืชเช่น ความเป็นกรดต่าง ความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และสถานะสารอาหาร ซึ่งจะมี ผลต่อการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนพืช (Wetzel, 1983 ; นันทนา, 2539) เนื่องจากปัจจัยทั้งสองนี้จะมีความสัมพันธ์ต่อกันถึงชนิด ปริมาณและการกระจายตัวของแพลงก์ตอนพืช อันจะทำให้ระบบนิเวศนั้นดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง (Hynes, 1970)

การศึกษาเพื่อนำแพลงก์ตอนพืชมาใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำ

Round (1973) กล่าวว่า แพลงก์ตอนพืชในแต่ละชนิดจะเจริญในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน บางชนิดอาจเจริญในสิ่งแวดล้อมที่มีสารอินทรีย์สูง บางชนิดเจริญอยู่ในที่ที่มีสารอินทรีย์ต่ำ และบางชนิดก็เจริญอยู่ในแหล่งที่มีสารอินทรีย์ปานกลาง ดังนั้นจึงสามารถใช้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ อย่างไรก็ตาม Campbell (1986) กล่าวว่า การใช้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำ นิยมกันมาเป็นเวลานานแล้ว ส่วนการใช้คุณสมบัติทางชีวภาพก็กระทำกันมานานแล้วเช่นกัน แต่มีอุปสรรคตรงที่การวินิจฉัยชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ตรวจสอบเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก

Bailey-Watts (1998) ได้กล่าวไว้ในการประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการนำสิ่งมีชีวิตมาเป็นดัชนีทางชีวภาพ ณ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อมีนาคม 2541 โดยมีสาระสำคัญว่า สามารถนำสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่มมาใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำได้เป็นต้นว่า พืชขนาดใหญ่ที่เจริญอยู่ริมน้ำหรือพืชน้ำ สัตว์น้ำขนาดใหญ่เช่นปลา สิ่งมีชีวิตหน้าดินทั้งสัตว์หน้าดิน (benthos) และไดอะตอมบริเวณก้นแหล่งน้ำ (benthic diatom) แพลงก์ตอนทั้งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์แม้กระทั่งแบคทีเรีย การใช้สิ่งมีชีวิตตรวจสอบคุณภาพน้ำสามารถจะรู้ช่วงเวลาของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นกว้างกว่าการตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางกายภาพและเคมี

Round (1973) ได้แบ่งคุณภาพน้ำออกเป็น 9 สภาพด้วยกัน เรียงลำดับตั้งแต่ น้ำที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรมเรื่อยมาถึงน้ำที่สะอาด เช่นน้ำพุธรรมชาติ และได้ยกตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่สามารถเจริญอยู่ในน้ำที่มีคุณภาพต่ำมากเป็นกลุ่มแรกคือ *Euglena* spp. ส่วนน้ำที่มีคุณภาพต่ำรองลงมาจะพบแพลงก์ตอนพืชพวก *Oscillatoria cholorina* และ *Oscillatoria benthenicum*, *Phormidium* sp. น้ำที่มีคุณภาพปานกลางจะพบแพลงก์ตอนพืชพวก *Cladophora fracta*, *C. glomorata*, *Stigeoclonium tenuis*, *Ulothrix zonata* และกลุ่ม dinoflagellates น้ำที่มีคุณภาพดีจะพบไดอะตอมประเภท centric diatom สาหร่ายสีเขียวหลายชนิดเช่น *Batrachospermum moniliforme* และ *Lemanea annulata* ส่วนน้ำที่มีคุณภาพดีมากจะพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Chamaesiphon polonius* และ *Calothrix* spp.

Wetzel (1983) ได้แบ่งกลุ่มแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น (dominant algae) ในน้ำที่มีคุณภาพต่างกัน โดยในสภาพน้ำที่มีสารอาหารน้อย (oligotrophic) จะพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว พวก desmids เช่น *Staurastrum* spp. และ *Staurodesmus* spp. กลุ่มไดอะตอมโดยเฉพาะ *Cyclotella* spp. และ *Tabellaria* spp. กลุ่มสาหร่ายสีเขียวเช่น *Oocystis* spp. *Botryococcus* spp. กลุ่ม dinoflagellates เช่น *Peridinium* spp. และ *Ceratium* spp. กลุ่ม Chrysophyceae เช่น *Dinobryon* spp. และ *Mallomonas* sp. บางชนิด ส่วนในสภาพที่มีสภาพสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) จะพบกลุ่ม dinoflagellates พวก *Peridinium* spp. และ *Ceratium* spp. ซึ่งเป็นชนิดที่แตกต่างจากกลุ่มที่อยู่ในที่มีสารอาหารน้อย และในสภาพที่มีสาร

อาหารมาก (eutrophic) จะพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยเฉพาะ *Microcystis* spp., *Aphanizomenon* spp. และ *Anabaena* spp.

ยูวตี (2538) ได้กล่าวถึงการใช้แพลงก์ตอนพืชตรวจสอบคุณภาพน้ำว่า ชนิดที่ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำได้อย่างแน่นอนนั้นควรจะมีจลยจนถึงระดับ species เพราะมีหลายกรณีที่อาจจะผิดพลาดถ้ากล่าวถึงเฉพาะกลุ่มหรือจีสเท่านั้น เช่น สาหร่ายสีเขียวกลุ่ม desmids เช่น *Closterium* spp., *Cosmarium* spp., *Staurastrum* spp. และ *Staurastrum* spp. โดยทั่วไปจะใช้บ่งบอกคุณภาพน้ำที่มีสารอาหารน้อย หรือน้ำที่มีคุณภาพดีแต่ก็มีรายงานว่า พบ *Closterium* หลายชนิดเช่นกันในน้ำที่มีสารอาหารมากหรือน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี

ในเขตภาคเหนือตอนบน มีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับแนวโน้มที่จะนำแพลงก์ตอนพืชมาเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำหลายคนด้วยกัน อาทิเช่น นพรัตน์และยูวตี (2528) สำรวจสาหร่ายที่เป็นแพลงก์ตอนพืชในกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา พบแพลงก์ตอนพืช 216 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (Division Chlorophyta) และพบ desmids (Family Desmidiaceae) ซึ่งเป็นกลุ่มที่บ่งบอกคุณภาพน้ำที่มีสารอาหารน้อย และพบแพลงก์ตอนพืชในฤดูฝนมากกว่าฤดูอื่น ๆ นารีและยูวตี (2529) สำรวจสาหร่ายที่เป็นแพลงก์ตอนพืชในคูเมืองเชียงใหม่ พบสาหร่าย 165 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียวใน Family Scenedesmaceae, Oocystaceae และ Coelastraceae และในปี 2538 Akter (1995) ได้สำรวจสาหร่ายที่เป็นแพลงก์ตอนพืชในสถานที่เดียวกับ นารีและยูวตี แต่พบเพียง 96 ชนิด และส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่บ่งบอกคุณภาพน้ำที่มีสารอาหารมาก แสดงว่าสาหร่ายที่เป็นแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้ลดจำนวนชนิดลงมากในช่วงเวลา 8 ปีที่ผ่านมา สุคนธ์ (2534) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำของการประปาเชียงราย พบว่าปริมาณสารอาหารมีความสัมพันธ์กับการเจริญของสาหร่าย โดยเดือนพฤษภาคมมีสารอาหารสูงและพบสาหร่ายมีจำนวนและชนิดมากกว่าในเดือนอื่น ๆ ผลการศึกษานี้คล้ายคลึงกับ พจนีย์และยูวตี(2536) ซึ่งพบเช่นเดียวกันว่า ฟอสฟอรัสรวม -SRP ปริมาณคลอโรฟิลล์ -เอและค่า pH มีความสัมพันธ์กับแพลงก์ตอนพืช ซึ่งพบในเดือนพฤษภาคมมากที่สุด ยูวตีและสาคร (2537) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำและการกระจายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำสำนักงานเกษตรภาคเหนือ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูร้อน พบว่ามีคุณภาพไม่ดีนัก มีสารอาหารมากจัดเป็น eutrophic reservoir พบ *Microcystis incerta* ปริมาณมาก ซึ่งแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้บ่งบอกคุณภาพน้ำที่มีสารอาหารมาก นอกจากนี้ยังพบแพลงก์ตอนพืชพวกสาหร่ายสีเขียวและสีเขียวแกมน้ำเงินอีกหลายชนิด ยูวตีและคณะ (2538) ได้ทำการศึกษาผลกระทบโครงการผันน้ำเมย-สาละวินลงลุ่มน้ำเจ้าพระยาจากกลุ่มแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์หน้าดิน พบว่าแหล่งรับน้ำทางฝ่ายไทยคือ อ่างเก็บน้ำดอยเต่า อ.ดอยเต่า จ.เชียงใหม่ มีแพลงก์ตอนพืช 24 ชนิด แพลงก์ตอนสัตว์ 15 ชนิด สัตว์หน้าดิน 6 ชนิด พบแพลงก์ตอนพืชชนิด *Aulacoseisa granulata* และ *Anabaena spiroides* ซึ่งเป็นดัชนีชี้ว่าแหล่งน้ำนี้มีสารอาหารระดับปานกลางจนถึงมีมาก หัวหน้าคณะวิจัยเคยพบสาหร่ายสีแดงพวก *Batrachospermum* sp. บนลำห้วยบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ซึ่งเป็นชนิดที่

บ่งบอกคุณภาพน้ำดีและพบเห็นได้ไม่บ่อยนัก ปัจจุบันได้หายไปไม่พบอีก อาจจะเป็นเพราะคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทางไม่ดีนักก็เป็นได้

Peerapompisal (1996) ทำการวิจัยในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ พบ แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นคือ *Cylindrospermopsis raciborskii* ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบแปรผกกลับกับปริมาณไนโตรเจนในโตรเจน เนื่องมาจาก *C. raciborskii* มีเฮอเทอโรซิสต์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนแล้วเปลี่ยนมาเป็นแอมโมเนียมหรือไนโตรเจนในรูปที่แพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้ แต่ในช่วงที่มีปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนสูง แพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า *C. raciborskii*

ความรู้เกี่ยวกับ *Microcystis aeruginosa* Kütz.

ดังได้กล่าวแล้วว่าในขณะที่ในขณะที่ยานวิจัยเรื่องนี้ดำเนินไปช่วงหนึ่ง ได้เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมาก (blooming) ของแพลงก์ตอนพืชชนิดดังกล่าว จึงขอกล่าวถึงแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ดังนี้

Desikachary(1959) ได้จัด *M. aeruginosa* อยู่ในลำดับอนุกรมวิธานดังนี้

Division Cyanophyta

Order Chroococcales

Family Chroococcaceae

Genus *Microcystis*

Species *Microcystis aeruginosa* Kütz.

การจัดจำแนกชนิดอาศัยหลักของ Huber-Pestalozzi (1938) โดยอาศัยรูปร่างของโคโลนีเป็นหลัก แต่ละเซลล์จะมีรูปร่างกลม หรือรูปไข่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.4-5.5 ไมโครเมตร ทำให้แยกตามขนาดของเซลล์ได้เป็นกลุ่มที่มีเซลล์ขนาดเล็กและกลุ่มที่เซลล์มีขนาดใหญ่ แต่ละเซลล์ไม่มีเมือกหุ้ม เซลล์ส่วนใหญ่จะอยู่รวมกันแน่นในลักษณะเป็นโคโลนี มีเมือกหุ้ม โดยแต่ละโคโลนีจะมีรูปร่างแตกต่างกันไป ในโคโลนีที่มีอายุน้อยจะมีรูปร่างกลม และต่อมารูปร่างจะบิดเบี้ยว หรือเว้าแหว่งไม่แน่นอน (amorphous colony) ในโครโมพลาสต์มี gas vacuole ลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีสีเหลืองกระจายอยู่ทั่วไป เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำจะเห็นเป็นจุดสีดำ และเมื่อใช้กำลังขยายสูงจะเห็นเป็นสีแดงเนื่องจากการสะท้อนแสง เป็นพวกที่ไม่มีทั้ง heterocysts และ akinetes (ยูวตี, 2538 ; ลัดดา, 2538 ; Watanabe, et al., 1996) จัดเป็นสิ่งมีชีวิตพวก prokaryote อยู่ในกลุ่ม Cyanophyceae หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือ cyanobacterium

M. aeruginosa เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดที่สามารถพบได้ในแหล่งน้ำทั่วไป (cosmopolitan species) (Reynolds, et al., 1981) ทั้งในแหล่งน้ำจืดและน้ำทะเล (Watanabe, et al., 1996) เช่นที่พบใน Abbots Pool ประเทศอังกฤษ (Thomas and Walsby, 1986) Mount Bold Reservoir ประเทศออสเตรเลีย (Ganf, 1982) Lake Brielle ประเทศเนเธอร์แลนด์ (Meijer and

van der Honing,1986) Lake Akersvatn ประเทศนอร์เวย์ (Berg, et al.,1987) Kremenchug Reservoir ประเทศรัสเซีย (Topachevskiy, et al.,1969) Lake Madison และ Lake Wisconsin ประเทศสหรัฐอเมริกา (Gerloff and Skoog,1957) Lake Kasumigaura และ Lake Suwa ประเทศญี่ปุ่น (Yamagishi and Aoyama, 1972 ; Takamura and Yasuno,1984) King Talal Reservoir ประเทศจอร์แดน (Hashwa,ยังไม่ได้ตีพิมพ์) Lake Kinneret ประเทศอิสราเอล (Robarts and Zohary,1987), Hartbeespoort Dam ประเทศแอฟริกาใต้ (Zohary and Robarts, 1989) Paranoa Reservoir ประเทศบราซิล (Branco and Senna,1994,a and b) Ciénaga Grande Lagoon ประเทศโคลัมเบีย (Hoppe, et al.,1983) Lake Gorge ประเทศยูกาดา (Ganf,1974) และ Lake Victoria ประเทศเคนยา (Ochumba and Kibaara,1989)

ส่วนที่พบรายงานในแหล่งน้ำเขตภาคเหนือตอนบน พบที่คูเมืองเชียงใหม่โดยนารีและยุวดี (2529) พบ *M. aeruginosa* ในฤดูร้อน ระหว่างเมษายนถึงกรกฎาคม ปี 2528 นพรัตน์และยุวดี (2528) พบที่กว๊านพะเยาในฤดูฝน ระหว่างพฤษภาคมถึงตุลาคม 2527 และฤดูหนาวระหว่างพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ 2528 พจนีย์และยุวดี (2536) พบในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ธเนศ (2539) พบที่คูเมืองเชียงใหม่ในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม 2538 ปรัชญา (2539) พบที่อ่างเก็บน้ำห้วยตึงเต่าเชียงใหม่ ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมและพฤศจิกายนถึงธันวาคม 2538 ตรีย์ (2539) พบที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงเดือนกรกฎาคม ตุลาคมและพฤศจิกายน 2538 และประเสริฐ (2539) พบที่อ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์เชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2538

ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถเพิ่มปริมาณอย่างมากในแหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอาหารสูง และล่องลอยในน้ำได้อย่างอิสระ โดยมีกลไกที่ช่วยในการลอยตัว (buoyancy) จึงทำให้สามารถเจริญได้ดีกว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า water bloom อีกทั้งแพลงก์ตองค์ตองค์สามารถสร้างสารพิษ microcystin ซึ่งอาจเป็นอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตที่บริโภคน้ำที่ได้รับการปนเปื้อนดังกล่าวเข้าไป (Liu and Tseng,1996)

สารพิษจากแพลงก์ตองค์

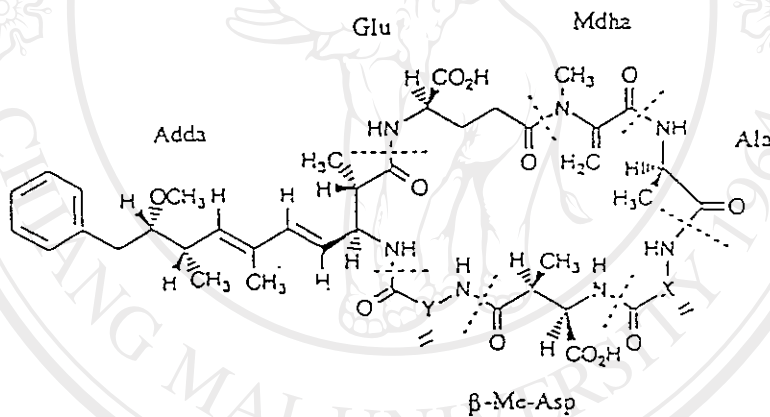
สารพิษจากแพลงก์ตองค์ คือสารทุติยภูมิที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างและสลายของเซลล์ (secondary metabolite) เป็นสารที่ไม่เกี่ยวข้องหรือจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตองค์ แม้ว่าในบางครั้งจะช่วยในการอยู่รอดในธรรมชาติก็ตาม สารพิษที่สร้างขึ้นอาจจะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และอาจมีการถ่ายทอดสารพิษที่เป็นอันตรายผ่านระบบห่วงโซ่อาหารและอาจทำให้เกิดการขยายพิษทางชีวภาพขึ้น ในปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริงในการผลิตสารพิษแต่คาดว่าสารพิษที่สร้างขึ้น จะทำหน้าที่เป็นเสมือนสารป้องกันตัว (protective compound) จากศัตรูหรือคู่แข่งในธรรมชาติ (อาภารัตน์,2539) สารพิษแบ่งตามการตรวจวิเคราะห์ทางชีววิธี (bioassay) ได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxin) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต

โด้ต่อสาหร่าย แบคทีเรียและรา และกลุ่มที่เป็นพิษต่อสัตว์และมนุษย์ (biotoxin) เป็นสารพิษที่พบในธรรมชาติ ผลิตโดยแพลงก์ตอนพืชที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น hepatotoxin cyclic peptides (microcystins และ nodularins) และ hepatotoxin alkaloid (cylindrospermopsin) (Carmichael,1992,a) ซึ่งจะออกฤทธิ์ต่อตับก่อให้เกิดความเป็นพิษในสัตว์เลี้ยง เช่น โค กระบือ ม้า สุกรและสัตว์ปีก ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย หดความอยากอาหาร เยื่อบุต่างๆ มีสีซีด อาเจียน หนาวสั่นและท้องร่วง และสามารถทำให้สัตว์ทดลองตายหลังจากได้รับพิษ 1-3 ชั่วโมง ส่วนใหญ่จะเกิดเนื่องจากเลือดออกในตับ ซ็อกเนื่องจากขาดเลือดไปหล่อเลี้ยง เส้นเลือดที่ตับและม้ามถูกทำลาย โดยสาเหตุเนื่องจากเมื่อเซลล์ตับ ได้รับพิษจะเกิดการหดตัว เซลล์ที่เกาะกันแน่นแยกออกและเกิดการแยกของ sinusoidal capillaries ทำให้โลหิตคั่งก่อให้เกิดความเสียหายของตับและเกิดอาการช็อกในที่สุด (ธีรพล,2530 ; อภารัตน์, 2539 ; Carmichael,1992,a ; Watanabe, et al., 1996)

สารพิษไมโครซิสติน

เป็นสารพิษที่สร้างจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทั้งพวกที่เป็นเส้นสายเช่น *Anabaena* spp., *Oscillatoria* spp., *Nostoc* spp., *Hapalosiphon* spp. และพวกที่เป็นโคโลนีเช่น *Microcystis* spp. มีสูตรโครงสร้างเป็นวงแหวนเปปไทด์ (cyclic peptide) (ภาพ 2) ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 7 ชนิด มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Carmichael,1992,a) สามารถสร้างสารพิษทั้งในแหล่งน้ำจืดและน้ำเค็ม (Anderson, et al.,1993 ; Thomas and Walsby,1986) สารพิษชนิดนี้ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกจาก *M. aeruginosa* สายพันธุ์ NRC-1 (Bishop, et al.,1959) และตั้งชื่อโดย Konst ในปี ค.ศ. 1965 โดยทั่วไป *Microcystis* spp. เป็นชนิดที่ก่อให้เกิดปัญหาการเพิ่มปริมาณอย่างมากมายกับแหล่งน้ำ มากกว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น (Carmichael,1992,a) มากกว่า 95% ของ *Microcystis* spp. สามารถสร้างสารพิษที่ทำให้เกิดการตายอย่างเฉียบพลันในสัตว์ (Carmichael, 1995) และสามารถสร้างสารพิษได้มากกว่า 1 ชนิด (Rinehart, et al.,1994) สารพิษไมโครซิสตินนั้นนอกจากจะเป็นพิษต่อตับแล้วยังพบว่า เป็นตัวเร่งให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง จากการติดตามศึกษาผลของการได้รับน้ำดื่มจากแหล่งที่มีการปนเปื้อนของไมโครซิสตินเป็นระยะเวลาในในประเทศจีน พบว่าผู้ที่บริโภคจะมีอัตราการเกิดมะเร็งในตับสูงเป็นพิเศษ (อภารัตน์,2539) สารพิษไมโครซิสตินสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีนฟอสฟาเทส ชนิด PP1 และ PP2A (Protein phosphatase PP1 and PP2A) ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการควบคุมกระบวนการต่างๆ เช่น เมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต การแบ่งเซลล์และการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ (Yoshizawa,et al.,1990)นอกจากนี้ยังพบว่าสารพิษไมโครซิสติน ยังก่อให้เกิดอาการระคายเคืองที่ผิวหนังและตา มีอาการเป็นไข้ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย และเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร (Carmichael,1992,a) สารพิษไมโครซิสตินทุกตัว มีค่าความเป็นพิษ LD₅₀ i.p.ในหนูระหว่าง 60-70ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้น MCYST-RR, demethylated toxin D-Asp และ Dha ซึ่งจะมีค่าความเป็นพิษในหนู LD₅₀ i.p. ระหว่าง 200-250 ไมโครกรัม

ต่อกลไกกรัม (อาภารัตน์,2539) ความเป็นพิษจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิด อายุ เพศและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสัตว์ (Miura, *et al.*,1991) การแก้ไขพิษสามารถกระทำได้โดยสารเคมีบางชนิด เช่น Cyclosporin-a, Rifampin และ Silymarin ซึ่งจะให้ผลยับยั้งพิษได้เป็นอย่างดีเมื่อได้รับสารแก้พิษเหล่านี้ก่อนหรือพร้อมกับการได้รับสารพิษ ซึ่งถ้าเกิดปัญหาการเพิ่มปริมาณอย่างมากและปล่อยสารพิษลงสู่แหล่งน้ำที่นำไปผลิตเป็นน้ำประปา จะก่อให้เกิดปัญหายุงยากในขั้นตอนการบำบัดสารพิษและกำจัดสารอินทรีย์ที่ถูกปล่อยออกนอกเซลล์ ซึ่งต้องผ่านกรรมวิธีต่างๆที่ยุงยาก ซับซ้อนและเสียค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งระบบการผลิตน้ำประปาในประเทศไทยเอง สามารถทำได้เพียงการกรองเซลล์หรือเจือจางพิษเท่านั้น ซึ่งการทำลายพิษไม่สามารถขจัดให้หมดได้โดยการกรอง ตกตะกอน เติมคลอรีนหรือแม้แต่การต้มได้ (Ishibashi,1997 ; กาญจนภาชน,2527 ; อาภารัตน์,2539)



	X	Y
microcystin LA	Leu	Ala
microcystin LR	Leu	Arg
microcystin YR	Tyr	Arg
microcystin YA	Tyr	Ala
microcystin YM	Tyr	Met

ภาพ 2 สูตรโครงสร้างสารพิษไมโครซิสติน (microcystin)

(Watanabe, *et al.*, 1996)

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. บริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ จุดที่มีความลึกสูงสุดจะเป็นตัวแทนของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง ณ จุดนี้จะมีการศึกษาทุกระดับความลึก 5 เมตร
2. บริเวณทางน้ำเข้า (inflows) 2 จุด คือบริเวณห้วยแม่กวงและห้วยแม่ลาย เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพบางชนิดก่อนที่จะเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ
3. บริเวณทางน้ำออก (outflows) 3 ทางคือ คลองส่งน้ำบริเวณซ้าย กลางและขวาของตัวอ่างเก็บน้ำ โดยเก็บโดยเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดที่ห่างจากอ่างเก็บน้ำ 1 และ 10 กิโลเมตร รวมทั้งหมด 6 จุด เพื่อต้องการทราบคุณสมบัติที่น้ำซึ่งออกจากอ่างเก็บน้ำและเมื่อไหลผ่านแหล่งชุมชนว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ

ได้แก่ การศึกษาปริมาตรน้ำ ความลึกของแหล่งน้ำ ความลึกที่แสงส่องถึง อุณหภูมิและความขุ่นของน้ำ โดยใช้เรือออกเก็บตัวอย่างทุกครั้ง บริเวณกลางอ่างเก็บน้ำจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำโดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า Ruttner water sampler หย่อนลงไปในระดับความลึกทุก 5 เมตร เก็บตัวอย่างน้ำที่ได้บรรจุใส่ขวดเก็บตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

~~3.1.1~~ 3.1.1 ความลึกของแหล่งน้ำ

ศึกษาความลึกของแหล่งน้ำโดยหาจุดที่ลึกที่สุดของแหล่งน้ำที่บริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ลูกตุ้มเหล็กถ่วงหา เมื่อได้ระดับความลึกที่สุดแล้วให้ทำเครื่องหมายโดยใช้ลูกบอลพลาสติกผูกกับก้อนหินถ่วงไว้เพื่อเป็นจุดเก็บตัวอย่างและอ่านค่าความลึกของแหล่งน้ำในครั้งต่อไป

3.1.2 ความลึกที่แสงส่องถึง

ศึกษาความลึกที่แสงส่องถึง โดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า Secchi disc ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลม มีสีดำและขาวสลับกันหย่อนลงไปใต้น้ำ อ่านค่าความลึก ณ จุดที่ไม่สามารถมองเห็นความแตกต่างของแถบดำและขาว

3.1.3 อุณหภูมิของน้ำ

ศึกษาอุณหภูมิของน้ำโดยเครื่อง Oximeter รุ่น OXI-86 WTW ของบริษัท GmH. Werheim ประเทศเยอรมัน โดยการศึกษาอุณหภูมิที่จุดเก็บตัวอย่างกลางอ่างเก็บน้ำทุกระดับความลึก 5 เมตร นอกจากนี้ยังศึกษาอุณหภูมิน้ำบริเวณทางน้ำเข้า 2 จุด และทางน้ำออก 6 จุด ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร

3.1.4 ความขุ่น

ศึกษาความขุ่นของน้ำโดยใช้เครื่อง Turbidity meter ของบริษัท Cole Parmer รุ่น 8391-

35 ประเทศสหรัฐอเมริกา หน่วยเป็น NTU

3.2 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำทางเคมี

คุณสมบัติทางด้านเคมีของน้ำได้แก่ ความเป็นกรดต่าง(pH) ความเป็นต่าง(alkalinity) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) เปอร์เซนต์ออกซิเจนที่อิ่มตัว (percentage of oxygen saturation) ค่า BOD (biochemical oxygen demand) การนำไฟฟ้า (conductivity) ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายในน้ำ (total dissolved solids) ปริมาณไนโตรท์ ไนโตรเจน (nitrite nitrogen) ไนเตรท ไนโตรเจน (nitrate nitrogen) แอมโมเนียม ไนโตรเจน (ammonium nitrogen) SRP (soluble reactive phosphorus) ฟอสฟอรัสรวม (total phosphorus) และเหล็กรวม (total irons) สำหรับการเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณ ไนโตรท์ ไนโตรเจน ไนเตรท ไนโตรเจน แอมโมเนียม ไนโตรเจน SRP ฟอสฟอรัสรวม และเหล็กรวม จะกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 3.1 โดยเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดโพลีเอธิลีนแล้วแช่ไว้ในน้ำแข็งเพื่อไม่ให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป

3.2.1 ความเป็นกรดต่างของน้ำ

ศึกษาความเป็นกรดต่างของน้ำโดยใช้ pH meter ของบริษัท GmH. Werheim ประเทศเยอรมัน

3.2.2 ความเป็นต่างของน้ำ

วิเคราะห์โดยวิธี Phenolphthalein methyl orange indicator (APHA,1992) หน่วยที่ใช้เป็นมิลลิอิกวาเลนซ์ต่อลิตร (meq.l^{-1})

3.2.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้ Oximeter รุ่น OXI-86.WTW ของบริษัท GmH. Werheim ประเทศเยอรมัน

3.2.4 เปอร์เซนต์ออกซิเจนอิ่มตัว

ศึกษาเปอร์เซนต์ออกซิเจนที่อิ่มตัวโดยใช้ Oximeter ชุดเดียวกับที่ใช้ในข้อ 3.2.3 โดยการเปลี่ยนระบบการทำงาน (mode) จากที่อ่านปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหน่วยที่ใช้มิลลิกรัมต่อลิตรมาเป็น mode ของเปอร์เซนต์

3.2.5 ค่า BOD

ศึกษาค่า BOD โดยใช้วิธี Iodometric แบบ Azide modification method (APHA,1992)

3.2.6 การนำไฟฟ้า

ศึกษาการนำไฟฟ้าโดยใช้ Conductivity meter รุ่น check mate 90 ของ Ciba corning หน่วยที่ใช้เป็นไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{s. cm}^{-1}$)

3.2.7 ปริมาณของแข็งรวมที่ละลายในน้ำ

ศึกษาปริมาณของแข็งรวมที่ละลายในน้ำใช้ Conductivity meter ชุดเดียวกับที่ใช้ในข้อ 3.2.5 โดยการเปลี่ยนระบบการทำงาน (mode) จากที่อ่านค่าการนำไฟฟ้ามาเป็น mode ของปริมาณของแข็งรวมที่ละลายในน้ำ

3.2.8 ปริมาณไนโตรท์ ไนโตรเจน

วิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric method

3.2.9 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน

วิเคราะห์โดยวิธี Cadmium reduction method

3.2.10 ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน

วิเคราะห์โดยวิธี Phenate method

3.2.11 ปริมาณ SRP

วิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid method

3.2.12 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

วิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid method

3.2.13 ปริมาณเหล็กรวม

วิเคราะห์โดยวิธี Electrothermal atomic absorption spectrometric method

หมายเหตุ : การวิเคราะห์ข้อ 3.2.8-3.2.13 ใช้วิธีของ APHA (1992) โดยใช้เครื่อง Spectome "Generys 5" ของบริษัท Spectronic instrument ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3 การศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชที่พบทั้งหมดและของ *M. aeruginosa*

การศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและของ *M. aeruginosa* จะกระทำเฉพาะที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างกลางอ่างเก็บน้ำทุกระดับความลึก 5 เมตร การเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 3.1 โดยเก็บใส่ขวดสีชา ส่วนหนึ่งรักษาสภาพตัวอย่างด้วย Lugol's solution 6-7 หยดในน้ำ 100 มิลลิกรัม นำมานับจำนวนและหาปริมาณชีวภาพดังจะได้กล่าวต่อไป และอีกส่วนหนึ่งจะใช้ตาข่ายแพลงก์ตอนขนาดความถี่ 10 ไมโครเมตร เก็บรวบรวมแพลงก์ตอนพืชจากบริเวณก้นอ่างจนถึงบริเวณผิวน้ำโดยหย่อนตาข่ายแพลงก์ตอนพืชลงไปบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำแล้วค่อยๆ ดึงขึ้นอย่างช้าๆ รักษาสภาพตัวอย่างด้วย Lugol's solution เช่นเดียวกัน จากนั้นนำมาวินิจฉัยชนิดและถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์ในห้องปฏิบัติการ การวินิจฉัยชนิดของแพลงก์ตอนพืชอาศัยหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น Huber-Pestalozzi (1938), Huber-Pestalozzi (1955), Desikachary (1959), Whitford and Schumacher (1969), Prescott (1970) Huber-Pestalozzi (1968) และ Huber-Pestalozzi (1983) การนับจำนวนและหาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชกระทำโดยการตกตะกอน ใช้วิธีการของ Utermöhl (1958) และ Rott (1981) แล้วคำนวณปริมาณชีวภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป "Phyto" จัดทำโดย Dr. Eveline Pipp, Institute of Botany มหาวิทยาลัยอินสบรุคส์ ประเทศออสเตรีย

3.4 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำทางด้านชีวภาพบางประการ

3.4.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ การเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำจะกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 3.1 โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดโพลีเอธิลีนจำนวน 1 ลิตร แล้วนำมาศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในห้องปฏิบัติการโดยวิธีของ Nusch (1980) ดัดแปลงโดยยวดีและฉมาภรณ์ (2538)

3.4.2 ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ โดยวิธี Light and dark bottle technique and oxygen method (Strickland and Parsons, 1968)

3.4.3 การวิเคราะห์แบคทีเรีย ทำการวิเคราะห์แบคทีเรีย 4 ประเภทด้วยกันคือ โดย 3 ประเภทแรก เป็นเชื้อแสดงการปนเปื้อนของอุจจาระ ได้แก่ Coliform bacteria ซึ่งค่าที่ได้สามารถเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ ชนิดที่ 2 คือ *Streptococcus fecalis* ตรวจวัดค่าในกรณีที่ไม่สามารถตรวจหา *Escherichia coli* ได้ (แต่การวิจัยครั้งนี้ตรวจสอบทั้ง Coliform bacteria และ *S. fecalis*) ชนิดที่ 3 คือ *Clostridium perfringens* ค่าที่ได้จะแสดงว่า มีการปนเปื้อนของอุจจาระลงสู่แหล่งน้ำก่อนหน้าที่จะทำการวิจัยหรือไม่ และประเภทที่ 4 เป็นการตรวจหาเชื้ออหิวาห์ ตกโรคคือ การตรวจหา *Vibrio cholerae*

การเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำกระทำเช่นเดียวกันกับข้อ 3.1 โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ แล้วแช่ไว้ในน้ำแข็ง เพื่อให้ปริมาณของแบคทีเรียมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด แล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีของ Harrigan และ Cance (1976) ซึ่งมีวิธีการเฉพาะอย่างดังนี้ Coliform bacteria โดยวิธี Multiple tube method, *S. fecalis* โดยวิธี Fecal Streptococci test, *C. perfringens* โดยวิธี Litmus milk method และ *V. cholerae* โดยวิธี Enrichment in alkali peptone water และ TCBS

3.5 การนำข้อมูลมาวิเคราะห์

นำข้อมูลทั้งหมดมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ กับปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและ *M. aeruginosa* โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (correlation แบบ two tailed significance)

3.6 สถานที่ทำการวิจัย

3.6.1 อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

3.6.2 สถานที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ภาควิชาชีววิทยา ภาควิชาธรณีวิทยาและภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

3.7 ระยะเวลาทำการวิจัย

ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2538 ถึงเดือนมกราคม 2540 โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง รวมเวลา 18 เดือนติดต่อกัน

บทที่ 4 ผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง

คุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงในช่วงที่ทำการวิจัยจัดเป็นประเภท 2-3 ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2537 แสดงในตาราง 7 ภาคผนวก ก.) โดยดูจากดัชนีต่อไปนี้คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่า BOD ค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไนเตรท ไนโตรเจน และ แอมโมเนียม ไนโตรเจน ซึ่งคุณภาพน้ำตลอดการวิจัยไม่คงที่ มีแนวโน้มว่าในช่วงแรกของการวิจัย ตั้งแต่สิงหาคม 2538 - กรกฎาคม 2539 คุณภาพน้ำจะดีกว่าในช่วงปีหลังของการวิจัยคือ ตั้งแต่ สิงหาคม 2539 - มกราคม 2540 โดยเฉพาะปริมาณของฟอสฟอรัสทั้ง 2 รูป ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทยไม่ได้กล่าวถึงไว้แต่ก็เป็นดัชนีที่บ่งชี้คุณภาพของน้ำได้ดี

คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงที่จัดเป็นประเภท 2-3 นี้เป็นน้ำที่จะใช้เป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไป สามารถใช้ในการอนุรักษ์สัตว์น้ำประเภทต่างๆ ใช้ในการประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ รวมทั้งทางด้านเกษตรกรรม

เมื่อจัดตามระดับความมกน้อยของสารอาหาร (trophic level) โดยใช้ระบบของ Wetzel (1983) และ Lorraine and Vollenweider (1981) แสดงในตาราง 8-10 ภาคผนวก ก. โดยการศึกษาจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช จะจัดเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic reservoir) แต่ถ้าศึกษาจากปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ความลึกของน้ำที่แสงส่องถึง และชนิดของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่น จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก (eutrophic reservoir)

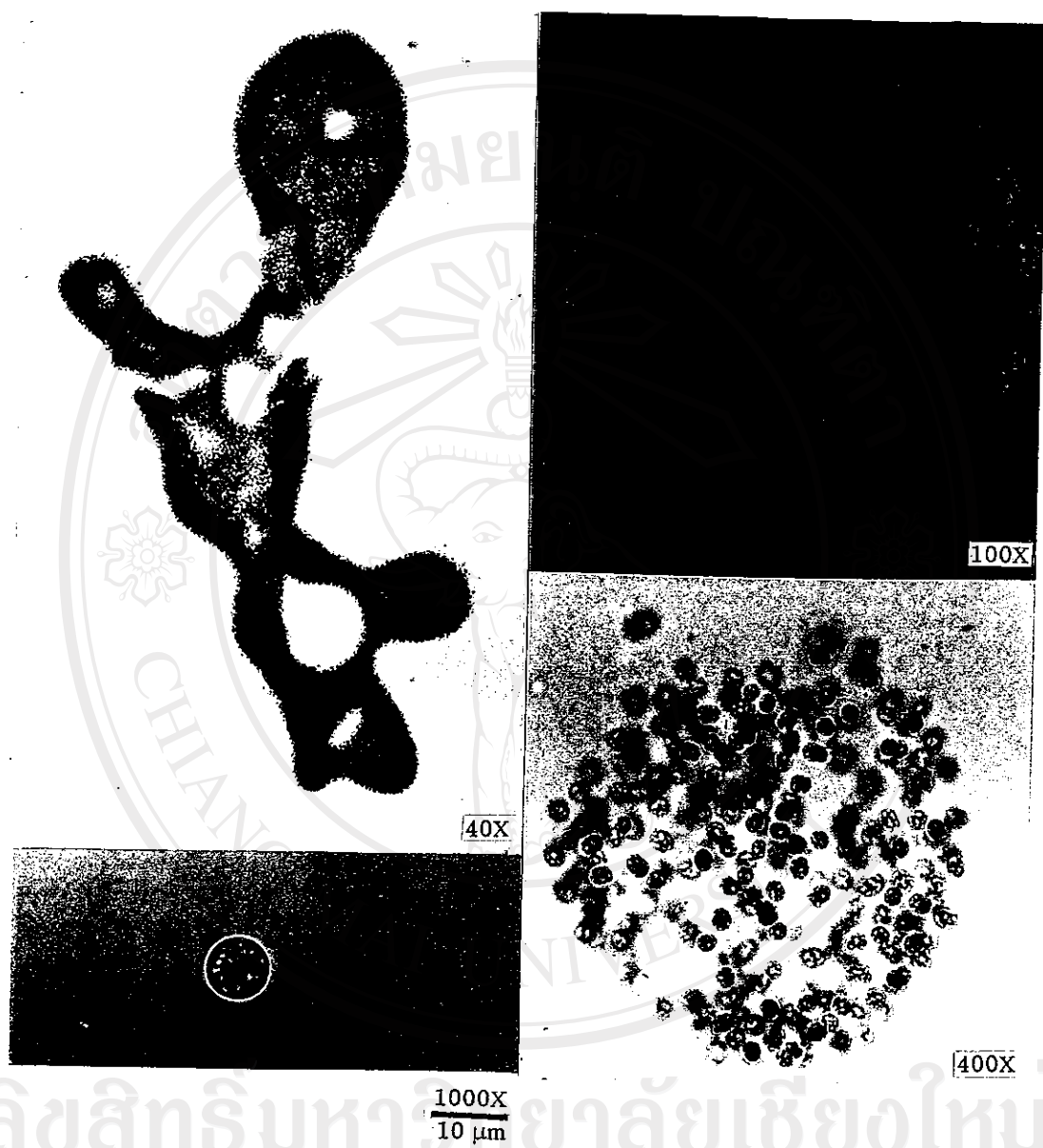
2. แพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2538 ถึงมกราคม 2540 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 122 species จัดตาม Taxonomic group ของ Rott (1981) ได้ 8 กลุ่ม กลุ่มที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ Chlorophyceae (43 species, 35%) รองลงมาคือ Zygnemaphyceae (25 species, 20%), Diatomophyceae (17 species, 14%) , Cyanophyceae (11 species, 9%) , Euglenophyceae (11 species, 9%) , Cryptophyceae (7 species, 6%) , Dinophyceae (6 species, 5%) และ Xanthophyceae (2 species, 2%) (ตาราง 1) จากการศึกษาปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดทำให้ทราบว่า *Microcystis aeruginosa* Kütz. เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบตลอดการวิจัย (ภาพ 3) คิดเป็น 64 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแพลงก์ตอนพืชทุกชนิดรวมกัน นอกจากนี้ยังพบแพลงก์ตอนพืช อีกหลายชนิดในช่วงเวลาทำการวิจัย ซึ่งมีปริมาตรชีวภาพมากกว่าชนิดอื่น ๆ ดังนี้ เช่น *Cylindrospermopsis*

ตาราง 1 ชนิดและค่าประมาณความมากน้อยของแพลงก์ตอนพืชที่พบในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา
จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538 - มกราคม 2540
ชนิดที่พบบ่อย = ++++ พบปานกลาง = +++ พบน้อย = ++ ไม่ค่อยพบ = +

Phytoplankton	Estimate quantity
Cyanophyceae	
<i>Anabaena viguieri</i> Denis & Frey	+
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.	+
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Rabenh	++
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kütz.) Lemm.	+
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz.) Seenayya & Subba	++++
<i>Cylindrospermopsis philippinenensis</i> (Taylor) Ka	+
<i>Merimopedia punctata</i> Meyen	+
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	++++
<i>Oscillatoria</i> sp.	+
<i>Planktolyngbya limnetica</i> Lemm.	+++
<i>Pseudanabaena</i> sp.	+
Cryptophyceae	
<i>Chroomonas</i> sp.1	++
<i>Chroomonas</i> sp.2	+
<i>Cryptomonas</i> sp.1	++
<i>Cryptomonas</i> sp.2	+
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg.	++
<i>Rhodomonas lacustris</i> Pasch. Et. Rottm.	++
<i>Rhodomonas minuta</i> Skuja	++
Dinophyceae	
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Muell) Dujardin	++
<i>Gymnodinium</i> sp.	+++
<i>Peridinium inconspicuum</i> Lemmermann	++
<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemm.	++
<i>Peridiniopsis elpatiewskyi</i> (Ostenfeld) Bourrelly	+
<i>Peridiniopsis umbonatum</i> Stein	++
Diatomophyceae	
<i>Acanthoceras</i> sp.	++
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen	+++
<i>Cocconeis</i> sp.	++
<i>Cyclotella striata</i> (Kütz.) Grunow	++
<i>Cymbella</i> sp. 1	++
<i>Cymbella</i> sp. 2	+
<i>Fragilaria</i> sp.	++
<i>Gomphonema</i> sp.	+
<i>Navicula</i> sp. 1	+++
<i>Navicula</i> sp. 2	++
<i>Navicula</i> sp. 3	+
<i>Nitzschia</i> sp. 1	++
<i>Nitzschia</i> sp. 2	++
<i>Pinnularia</i> sp.1	+
<i>Pinnularia</i> sp. 2	+
<i>Rhizosolenia</i> sp.	+
<i>Synedra</i> sp.	+
Chlorophyceae	
<i>Ankistrodesmus bernardii</i> Spec.	++
<i>Ankistrodesmus falcutus</i> (Corda) Ralfs	++
<i>Ankistrodesmus gracillis</i> (Reinsch) Kors.	++
<i>Botryococcus braunii</i> Kütz.	+++
<i>Monoraphidium</i> sp.1	++

Phytoplankton	Estimate quantity
<i>Monoraphidium</i> sp.2	++
<i>Oocystis marsonii</i> Lemm.	++
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>simplex</i> Meyen	+
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat.	++
<i>Scenedesmus armatus</i> Chod.	+++
<i>Scenedesmus calyptratus</i> Comas	++
<i>Scenedesmus falcatus</i> Meyen	++
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chod.	++
<i>Scenedesmus</i> sp. 1	+
<i>Scenedesmus</i> sp. 2	+
<i>Sphaerocystis</i> sp.	++
<i>Tetraedron incus</i> (Teil.) G.M. Smith	+++
<i>Tetraedron minimum</i> (A.Br.) Hansg.	+++
<i>Tetraedron triangulare</i> Kors.	+
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindak	++
Zygnemaphyceae	
<i>Closterium acutum</i> Breb.	++
<i>Closterium limneticum</i> Lemm.	++
<i>Closterium pronum</i> Brebisson. Wake	+
<i>Cosmarium contractum</i> Kirch.	++
<i>Cosmarium mikron</i> Skuja	++
<i>Cosmarium reniformis</i> Needst.	++
<i>Cosmarium tinctum</i> Ralfs	++
<i>Phurotaenium ovatum</i> Nordst.	+
<i>Spondylosium</i> sp.	+
<i>Staurastrum</i> sp.1	+++
<i>Staurastrum cingulum</i> Scott and Gronblad	++
<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Shrod.) G.M. Smith & Grabl	++
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs. f. <i>kriegeri</i> Scott et Prescott	+++
<i>Staurastrum octoverrucosum</i> var. <i>simplicius</i> Scott	++
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen	+++
<i>Staurastrum protectum</i> Skuja	++
<i>Staurastrum sebalzii</i> Reinsch	++
<i>Staurastrum sebalzii</i> Reinsch var. <i>sebalzii</i> Nordst.	+++
<i>Staurastrum smith</i> (G. M. Smith) Teil.	++
<i>Staurastrum</i> sp.2	++
<i>Stauroidesmus</i> sp.1	+++
<i>Stauroidesmus</i> sp.2	++
<i>Stauroidesmus</i> sp.3	+
Xanthophyceae	
<i>Centritractus belenophorus</i> Lemm.	+
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reinsch) Hansg.	+
Eluglenophyceae	
<i>Astasia</i> sp.	+
<i>Euglena pisciformis</i> Klebs	+
<i>Euglena</i> sp.	+
<i>Trachelomonas intermedia</i> Dang.	+++
<i>Trachelomonas oblongata</i> Lemm.	+
<i>Trachelomonas pseudocaudata</i> Deflandre	+
<i>Trachelomonas teres</i> Mask.	+
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	+
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swirenk.	++
<i>Trachelomonas</i> sp.1	++
<i>Trachelomonas</i> sp.2	+
<i>Trachelomonas</i> sp.3	+
<i>Trachelomonas</i> sp.4	+



ภาพ 3 *Microcystis aeruginosa* Kütz. ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่
ถ่ายด้วยกำลังขยายต่าง ๆ กัน

raciborskii (Wolosz.) Seenayya & Subba. *Staurastrum paradoxum* Meyen. ex Ralfs
Planktolynghya limnetica Lemm. *Botryococcus braunii* Kütz. และ *Staurastrum*
octoverrucosum var. *simplicius* Scott & Granbl. (ภาพ 4) ส่วนภาพ 5 แสดงปริมาตรชีวภาพ
 ของแพลงก์ตอนพืชชนิดที่พบมากและบ่อยในช่วงเวลาต่างๆของการวิจัย

3. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ ทางชีวภาพ รวมทั้งแพลงก์ตอนพืช

3.1 ระดับน้ำ ปริมาตรน้ำ และปริมาณน้ำฝน (ภาพ 6)

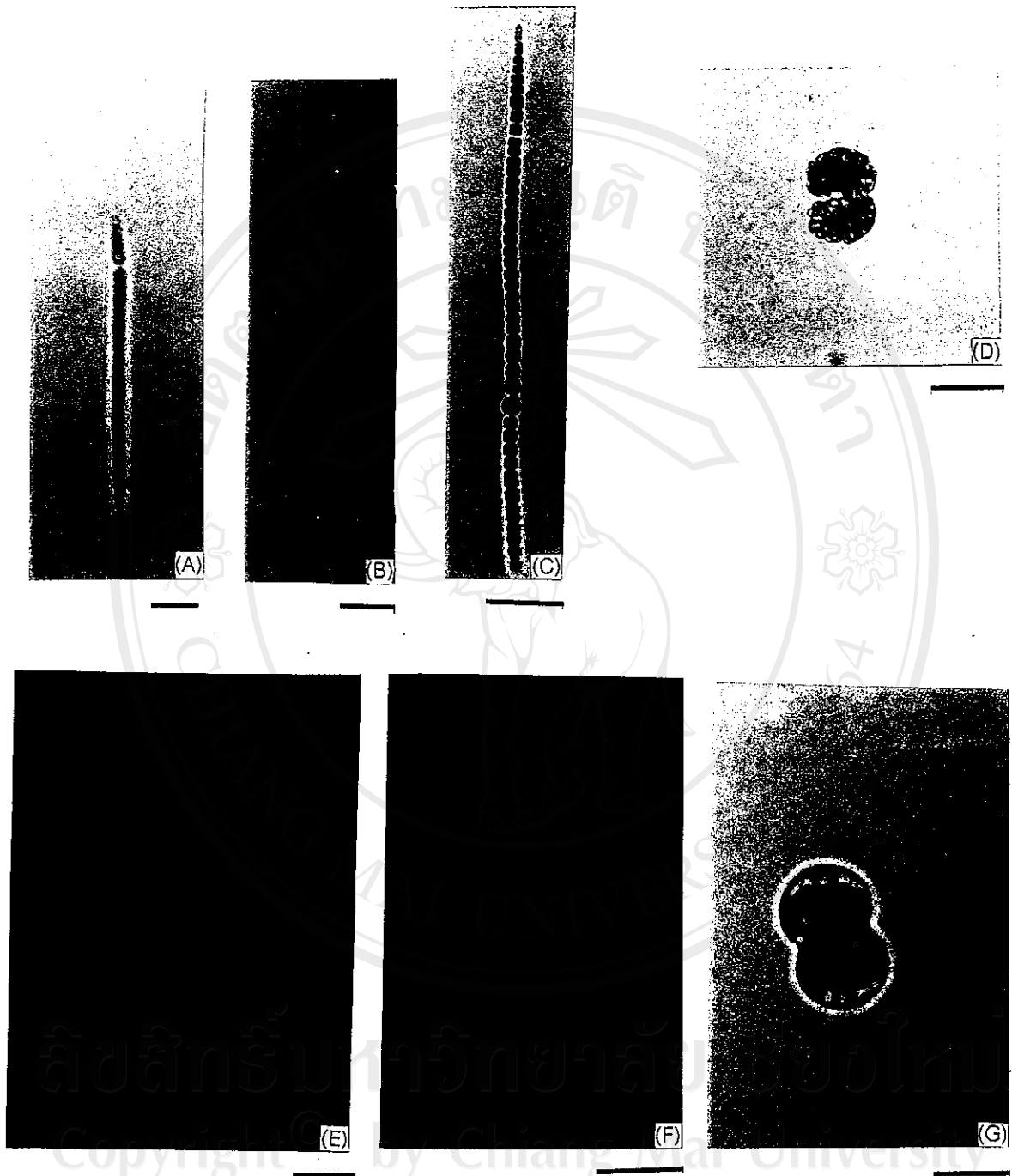
พบว่า ในช่วง 2 ปีที่ทำการวิจัยจะมีค่าสูงและจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งต่ำที่สุดใน
 เดือนกรกฎาคม 2539 จากนั้นจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ก็ยังต่ำกว่าในช่วงปีแรก อันอาจจะมีผลจาก
 ปริมาณน้ำฝนที่ลดลงในปีที่ 2 ของการวิจัย อีกประการหนึ่งจะพบว่า ระดับน้ำและปริมาตรของน้ำไม่
 เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำ
 สู่ระบบชลประทาน จึงพบว่าในฤดูฝนของปี 2539 จะมีระดับน้ำและปริมาตรน้ำลดลง ระดับน้ำและ
 ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงลบหรือผกผันกับปริมาณสารอาหารพวกฟอสฟอรัส
 อันได้แก่ SRP และฟอสฟอรัสรวม รวมทั้งไนโตรเจน ไนโตรเจน ซึ่งจะมีมากขึ้นเมื่อปริมาตรน้ำลดลง
 และมีผลให้เกิดการเกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชชนิดต่างๆ และ *M. aeruginosa*
 รวมทั้งผลผลิตเบื้องต้นในอ่างเก็บน้ำและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ภาพ 7 และ 8 , ตาราง 10
 ภาคผนวก ข.)

3.2 ความลึกที่แสงส่องถึงและค่าความขุ่น

โดยปกติแล้วความลึกที่แสงส่องถึงจะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาตรชีวภาพของ
 แพลงก์ตอนพืช ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ แต่งานวิจัยครั้งนี้ผลงาน
 วิจัยไม่ได้ดังคาดเนื่องจากในฤดูฝนมีน้ำฝนไหลเข้าสู่แหล่งน้ำจึงพัดพาเอาอนุภาคหรือตะกอนของดิน
 เข้ามาด้วย ดังนั้นความลึกที่แสงส่องถึงจึงไม่ใช่เป็นผลมาจากการเพิ่มหรือลดลงของแพลงก์ตอนพืช
 แต่ประการเดียว อย่างไรก็ตามความลึกที่แสงส่องถึงก็มีแนวโน้มสอดคล้องในทางลบกับปริมาตร
 ชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ รวมทั้งฤดูกาลอยู่บ้าง โดยมีค่าน้อยในช่วงที่มี
 การเจริญของแพลงก์ตอนพืชสูงคือตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2539-มกราคม 2540 สำหรับความขุ่นจะ
 มีค่าตรงกันข้ามกับความลึกที่แสงส่องถึงอยู่แล้ว (ภาพ 9)

3.3 ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งรวมทั้งละลายในน้ำ

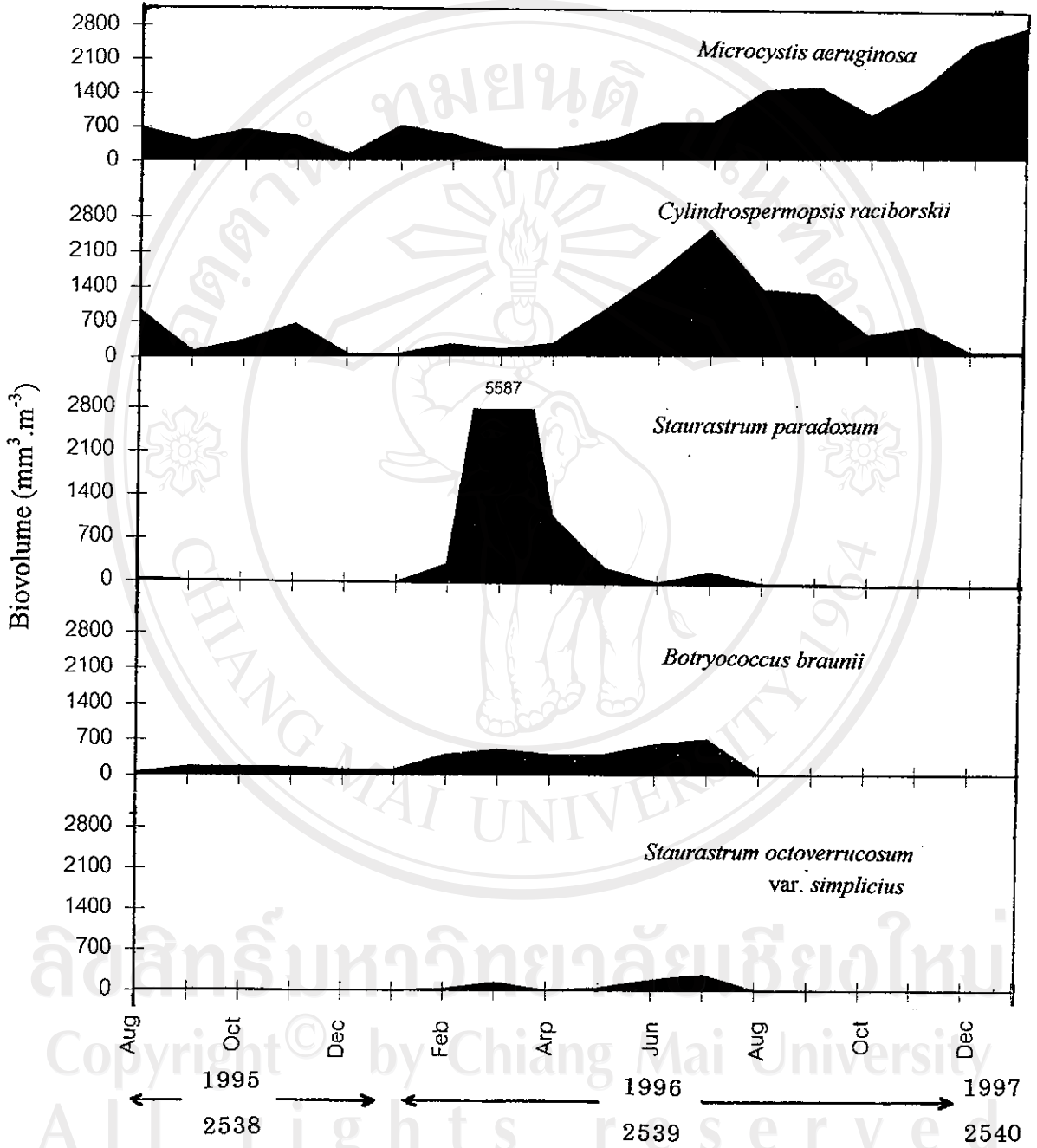
ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ต่อกันโดยปริมาณของแข็งรวมทั้งละลายในน้ำจะเป็นครึ่ง
 หนึ่งของค่าการนำไฟฟ้า เนื่องจากมีความบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้วัดจึงตรวจวัดค่าในช่วงแรกๆ
 ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ธันวาคม 2538 ไม่ได้ ค่าที่ตรวจวัดได้จึงเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 -
 มกราคม 2540 ซึ่งทำให้เปรียบเทียบกับผลในช่วง 5 เดือนแรกไม่ได้ อย่างไรก็ตามค่าทั้งสองค่อนข้าง
 สม่ำเสมอตลอดการวิจัย ยกเว้นในช่วงเดือนกรกฎาคมเพียงเดือนเดียว ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลง
 แปลงของประจุไฟฟ้าซึ่งจะมาจากสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ในแหล่งน้ำนี้มีการเปลี่ยนแปลงไม่



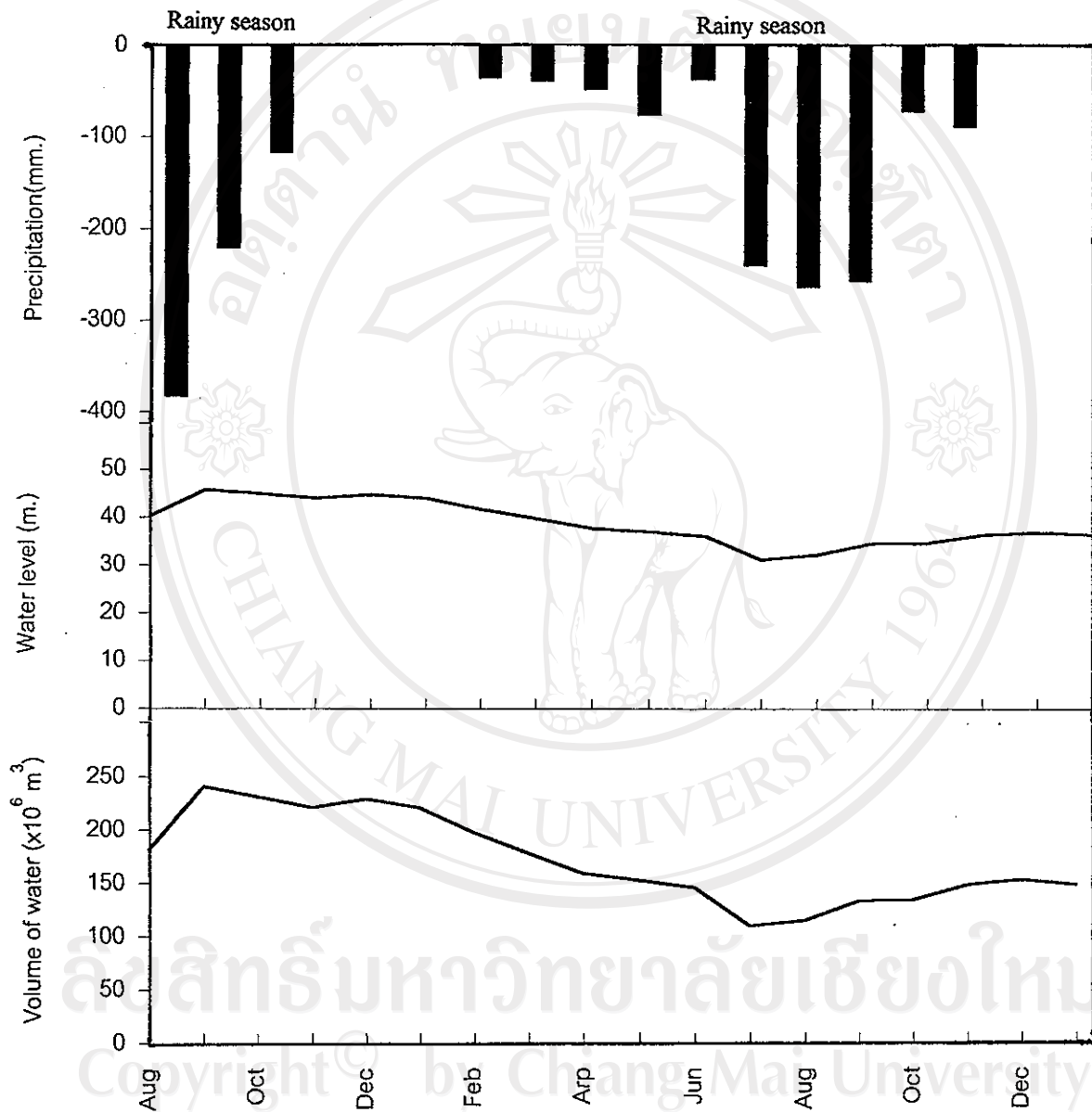
ภาพ 4 แพลงก์ตอนพืชชนิดที่พบเห็นได้บ่อยและมีปริมาณมาก ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

- (A) *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Seenayya & Subba
 (B) *Planktolyngbya limnetica* Lemm. (C) *Anabaena viduieri* Denis & Fremy
 (D) *Botryococcus braunii* Kütz. (E) *Staurastrum paradoxum* Meyen ex Raifs
 (F) *Staurastrum octoverrucosum* var. *simplicius* Scott & Granbl
 (G) *Cosmarium contratum* Kirch.

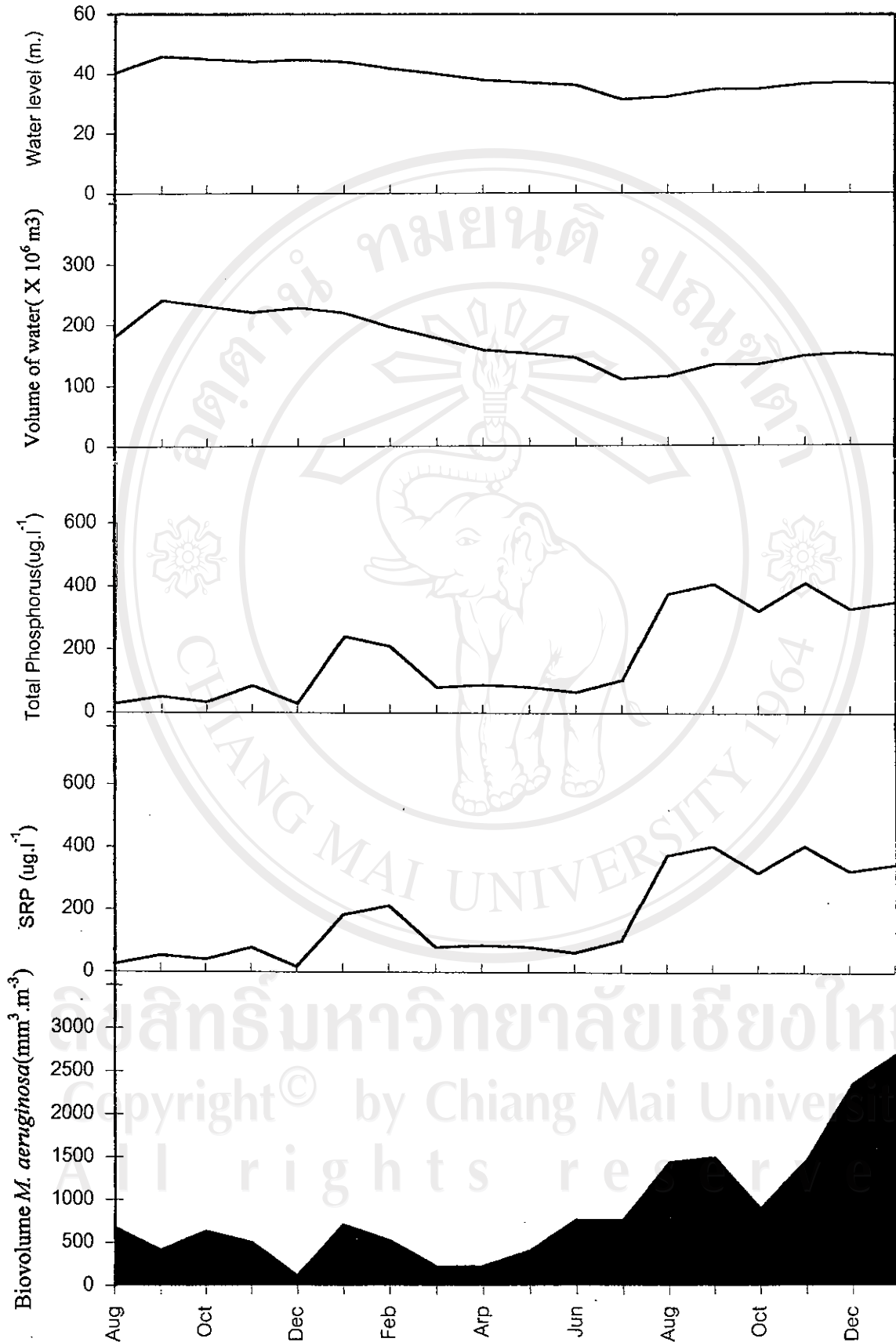
scale bar = 10 μ m



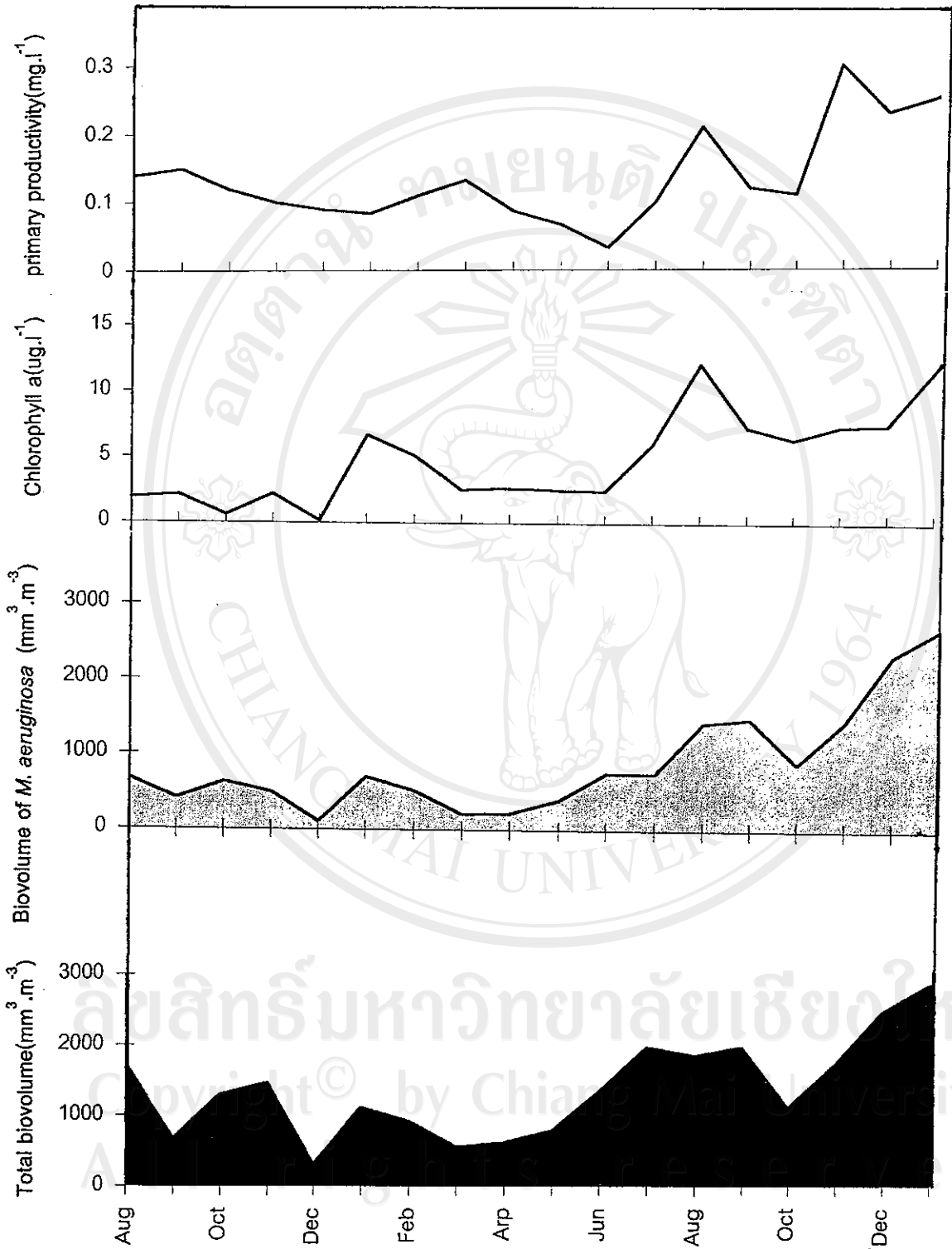
ภาพ 5 เปรียบเทียบปริมาณชีวภาพแพลงก์ตอนพืชชนิดที่พบเห็นได้บ่อย และมีปริมาณมาก ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540



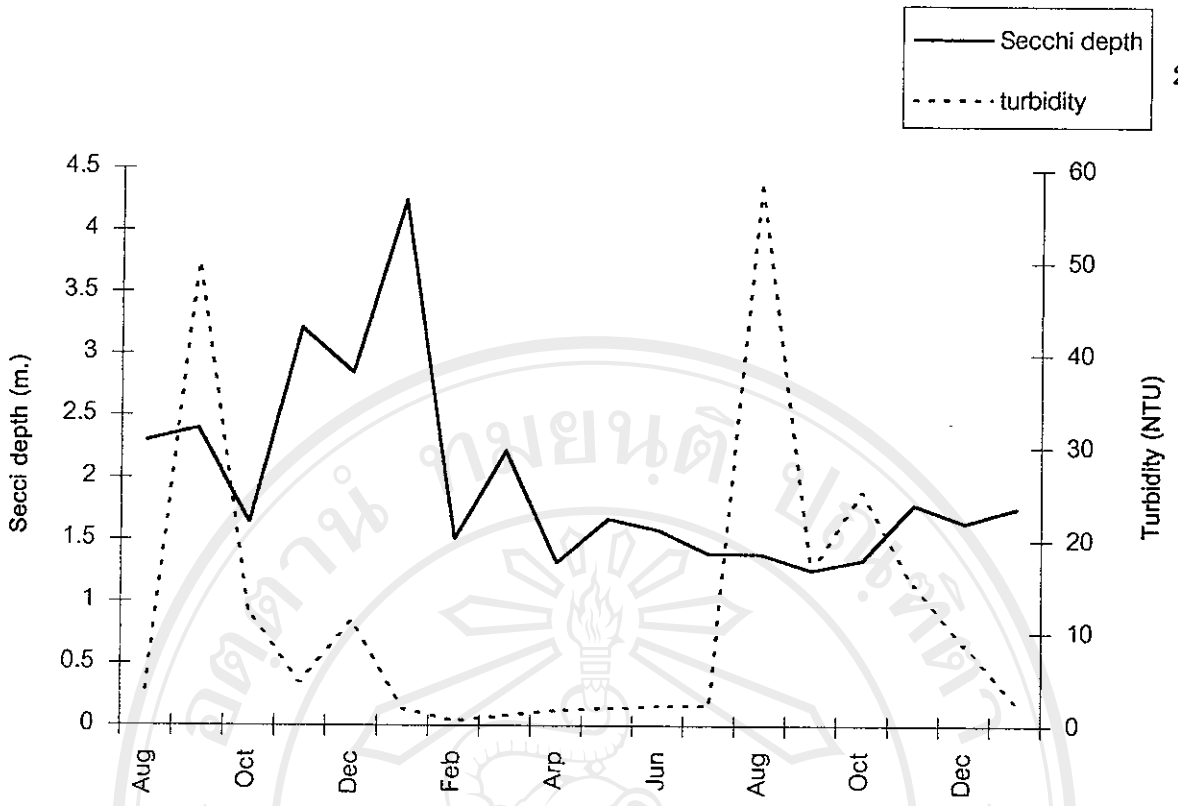
ภาพ 6 ปริมาณน้ำฝน ระดับน้ำ และปริมาตรน้ำ ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540



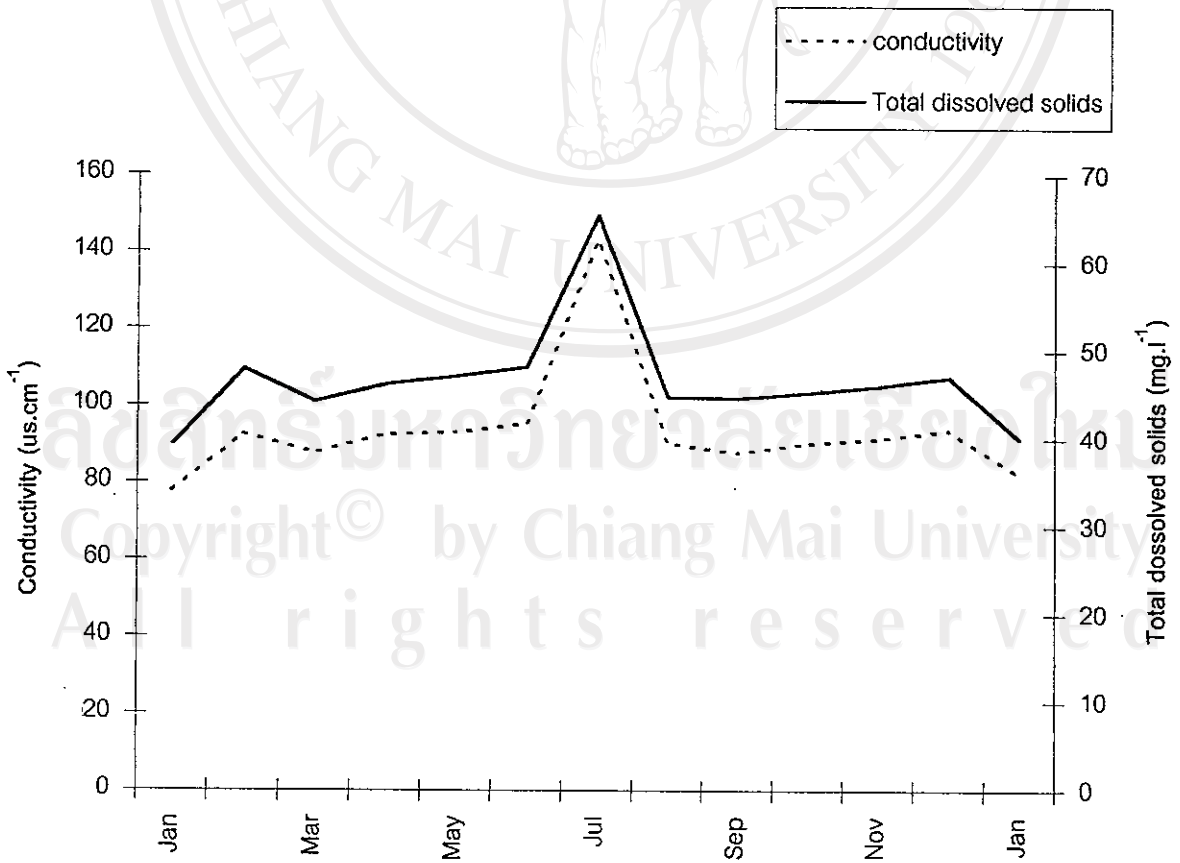
ภาพ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ปริมาณน้ำ ฟอสฟอรัสรวม soluble reactive phosphorus (SRP) และปริมาณชีวภาพของ *M. aeruginosa* ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540



ภาพ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลผลิตเบื้องต้น คลอโรฟิลล์ เอ ปริมาตรชีวภาพของ *M. aeruginosa* และ แพลงก์ตอนพืชทั้งหมด อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540



ภาพ 9 ความลึกที่แสงส่องถึงและความขุ่น อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540



ภาพ 10 ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณของแข็งรวมที่ละลายน้ำ อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

มากนั้ และอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับอ่างเก็บน้ำหรือทะเลสาบอื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะเป็น eutrophic reservoir (ภาพ 10)

3.4 อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนทั้งในแง่ฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก (vertical stratification) (ภาพ 11) ในฤดูฝนและฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงและต่ำในฤดูหนาว เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกจะพบว่า บริเวณผิวน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าระดับที่ต่ำลงมาอย่างชัดเจน ซึ่งชั้นของน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันย่อมมีผลต่อการละลายของสารอาหารและสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำก็ไม่ต่ำมากอย่างในทะเลสาบของเขตหนาวทั่วไปและในงานวิจัยนี้ไม่พบชั้นน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างมาก (thermocline)

3.5 ค่าความเป็นกรดต่าง

ค่าความเป็นกรดต่างแสดงในภาพ 12 ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงนี้ค่าความเป็นกรดต่างเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก อยู่ในช่วง 6.9-7.6 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก แสดงถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นว่ามีการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่มากนัก

3.6 ค่าความเป็นด่าง

ค่าความเป็นด่างในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงนี้ก็เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรดต่าง คือมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก อยู่ในช่วง 0.6-0.95 meq.l⁻¹ แสดงในภาพ 13

3.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่แสดงในภาพ 14 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกจะพบว่า บริเวณผิวน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนสูง อยู่ในช่วง 6-8 mg. l⁻¹ ซึ่งก็เป็นค่าที่อยู่ในช่วงปกติของแหล่งน้ำทั่วไป ในระดับชั้นน้ำที่ต่ำลงไปปริมาณออกซิเจนลดน้อยไป บางเดือนพบว่า ในชั้นน้ำด้านล่างมีค่าถึงศูนย์ และจากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำบริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออกพบว่า มีปริมาณสูงกว่ากลางอ่างเก็บน้ำเนื่องจากน้ำทั้งสองบริเวณมีการไหลตลอดเวลา

3.8 เเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนอิ่มตัว

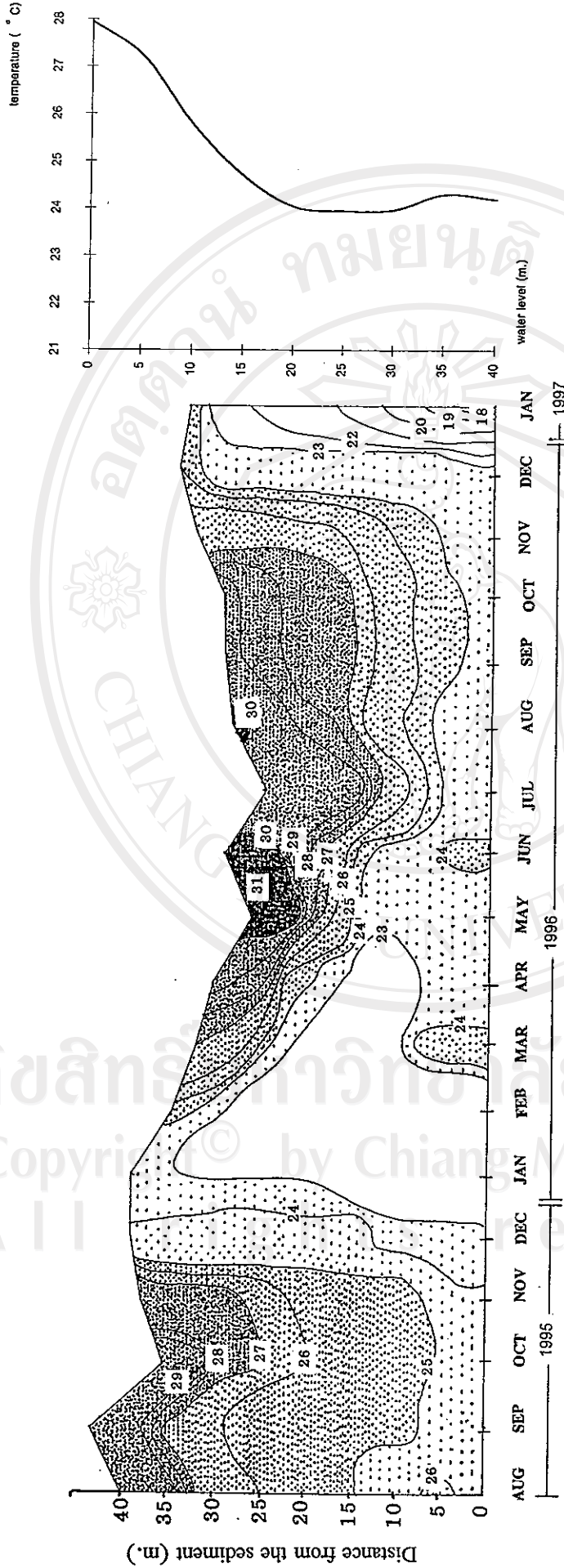
พบว่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนอิ่มตัวมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเช่นเดียวกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ภาพ 15 แสดงถึงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนอิ่มตัวและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากทุกระดับความลึก

3.9 ค่า BOD

แสดงในภาพ 16 พบว่า ค่า BOD มีลักษณะขึ้น ๆ ลง ๆ ตลอดการวิจัย ตอนข้างมีค่าสูงในฤดูร้อนและสูงขึ้นเล็กน้อยในฤดูหนาว โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน 2539 และต่ำสุดในเดือนมกราคม 2540

3.10 ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจน

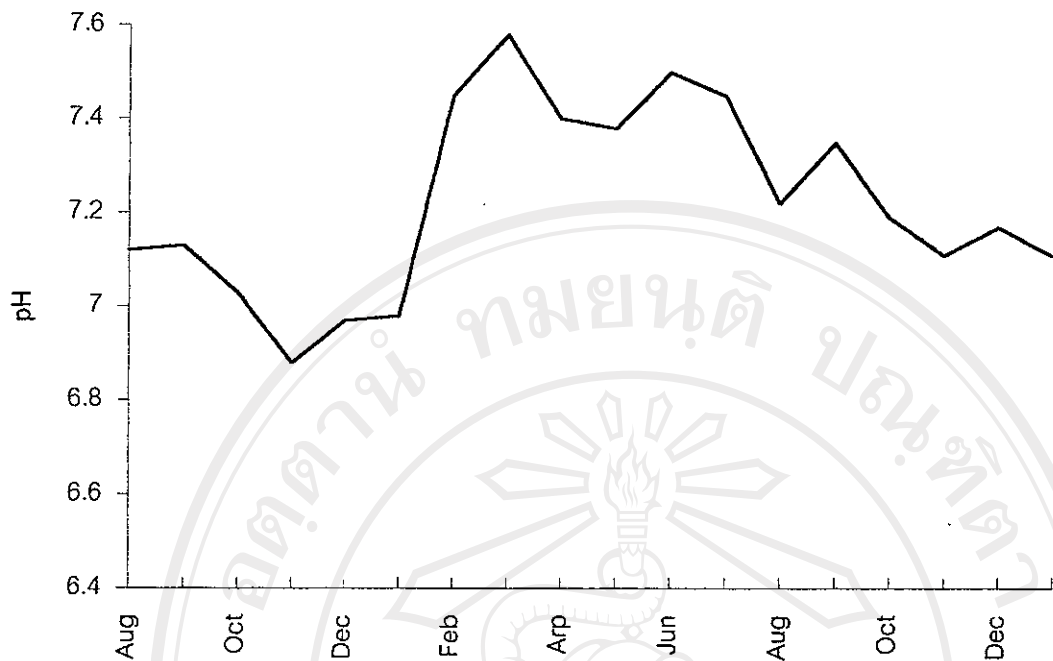
แสดงในภาพ 17 จะพบว่า ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนในช่วงปี 2538 จะมีปริมาณน้อย จะเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2539 และจะลดลงในช่วงหลังของการวิจัย ไนโตรเจน



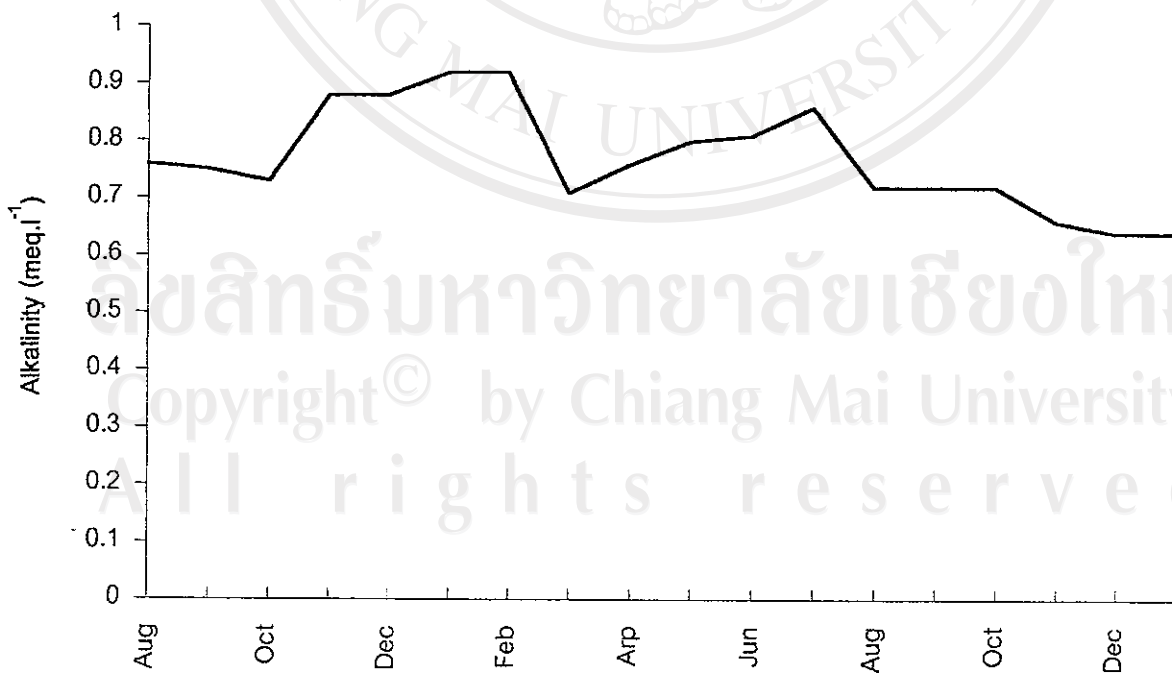
ภาพ 11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (°C) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อย่างเก็บเขื่อนแม่กวางอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

- < 23.0
- 23-23.9
- 24.0-26.9
- 27.0-30.0
- > 30

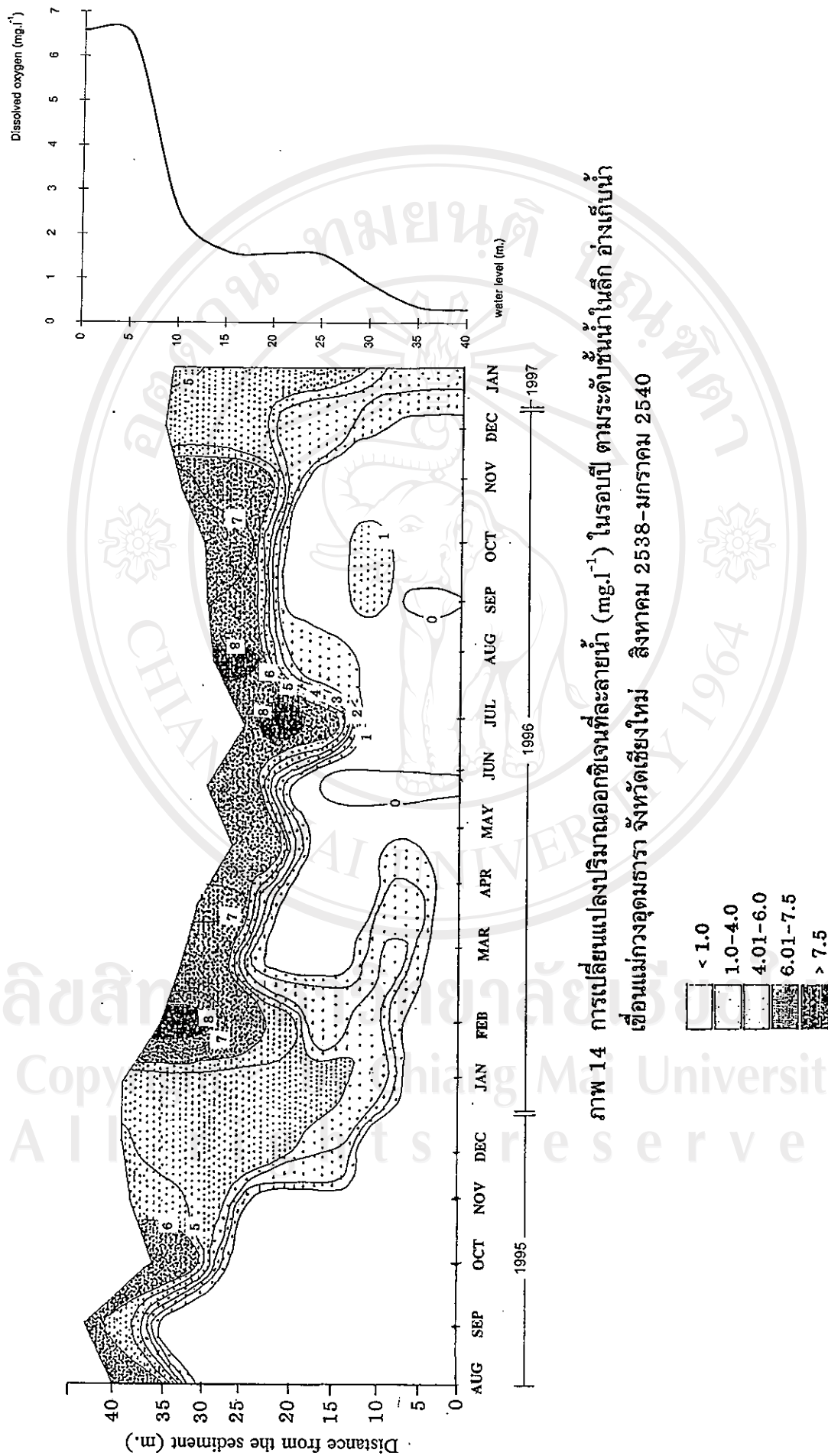
ลิขสิทธิ์ © โดย Chiang Mai University
 All rights reserved



ภาพ 12 pH ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

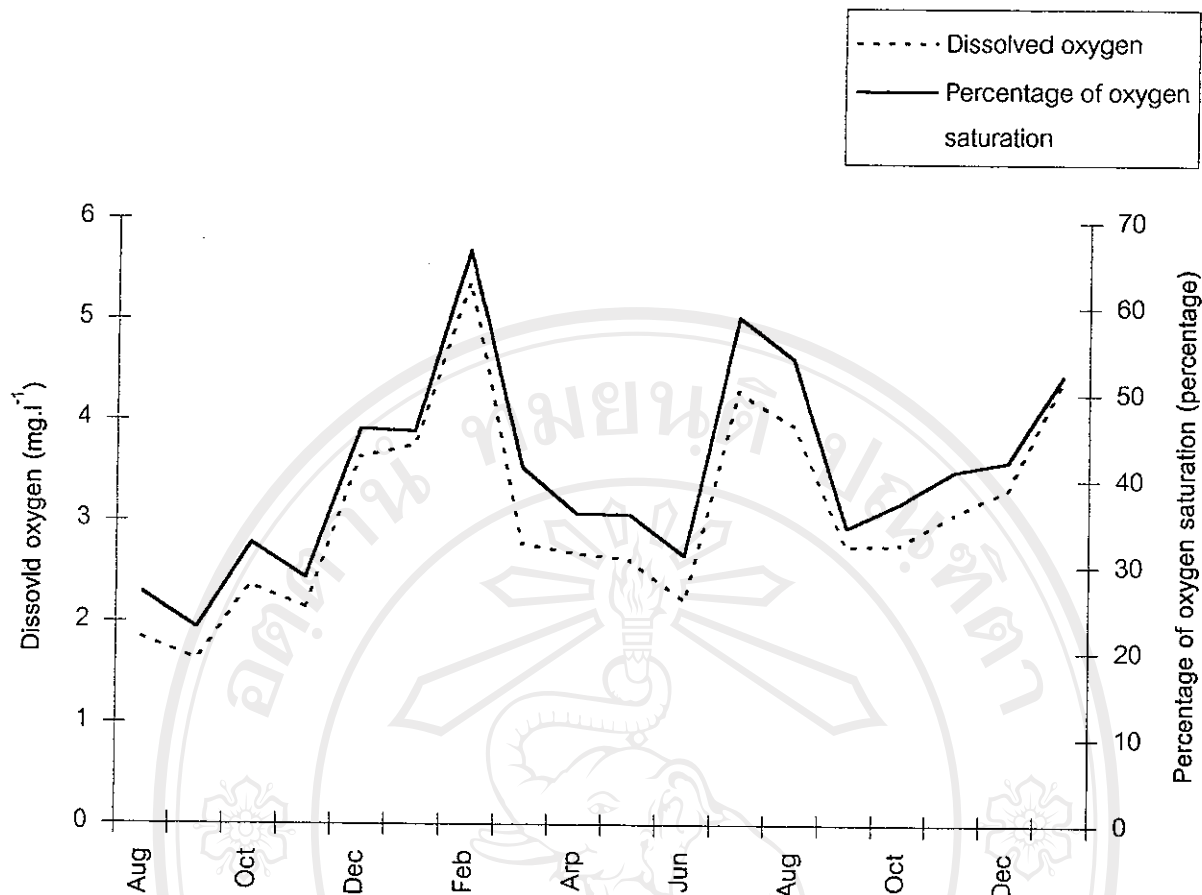


ภาพ 13 ความเป็นต่างของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

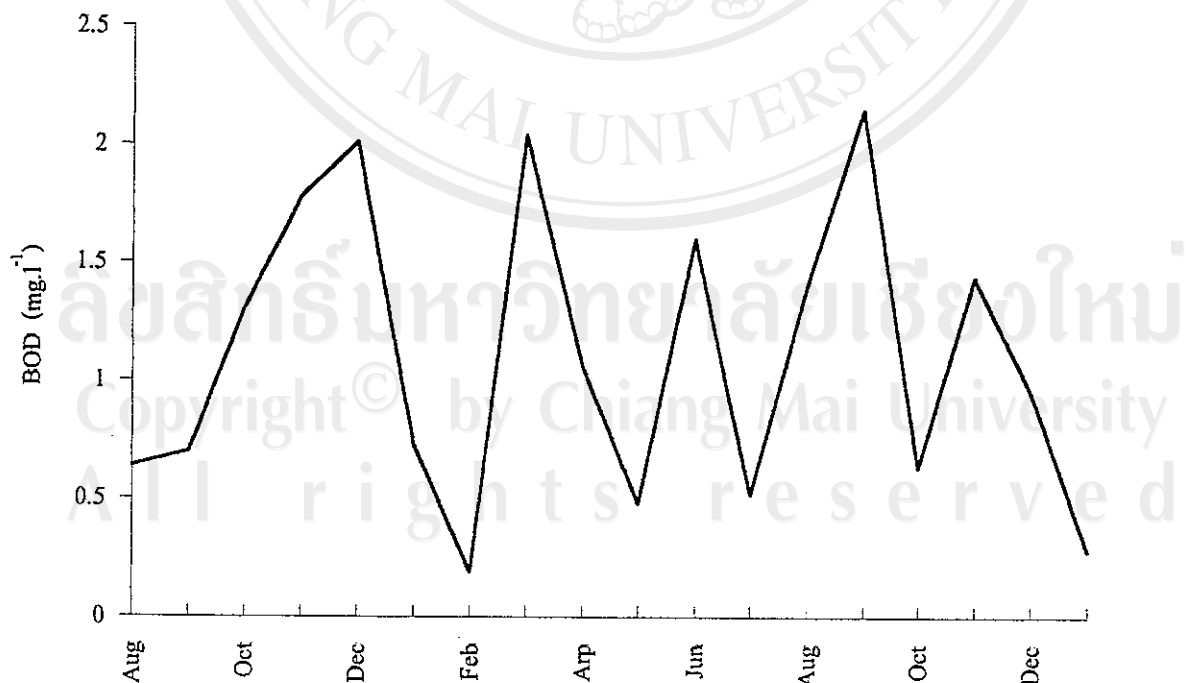


ภาพ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg.l⁻¹) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในลึกลับข้างเก็บน้ำ
 เขื่อนแม่กวางอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

ลิขสิทธิ์ของ Chiang Mai University
 All rights reserved

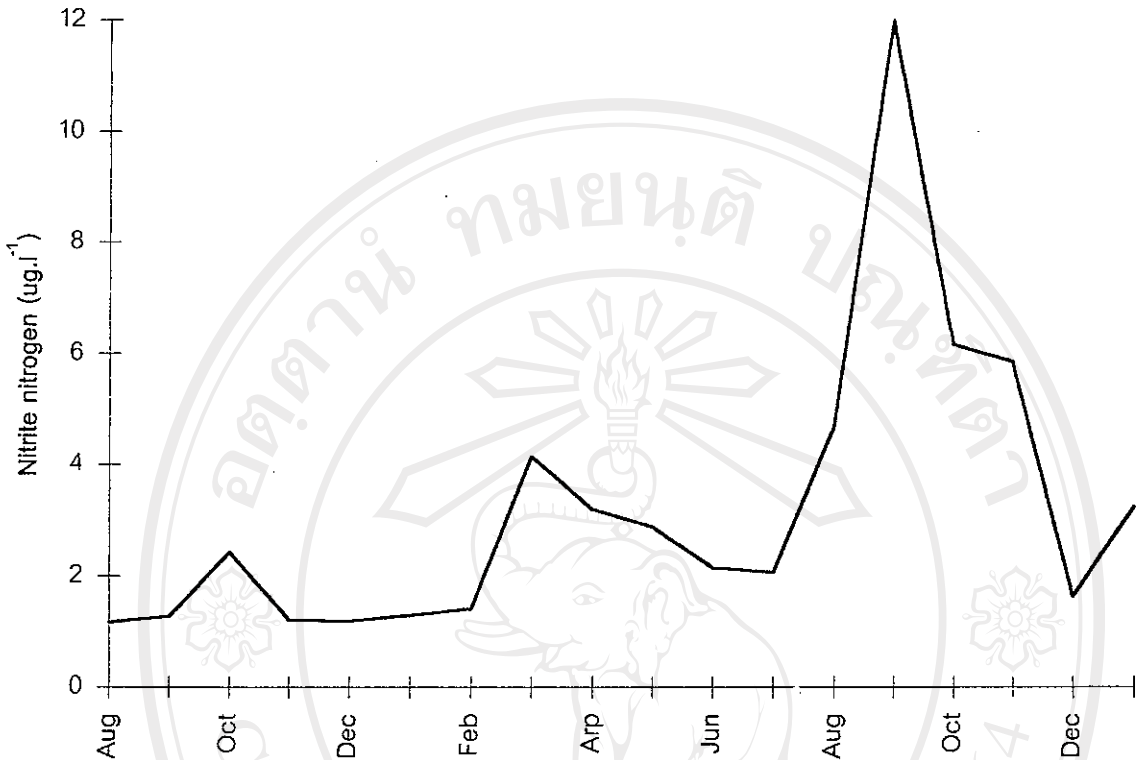


ภาพ 15 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนอิ่มตัว ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540



ภาพ 16 ค่า BOD ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

ไนโตรเจนเป็นพารามิเตอร์หนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้ง *M. aeruginosa* เช่นเดียวกับปริมาณ SRP และฟอสฟอรัสรวม



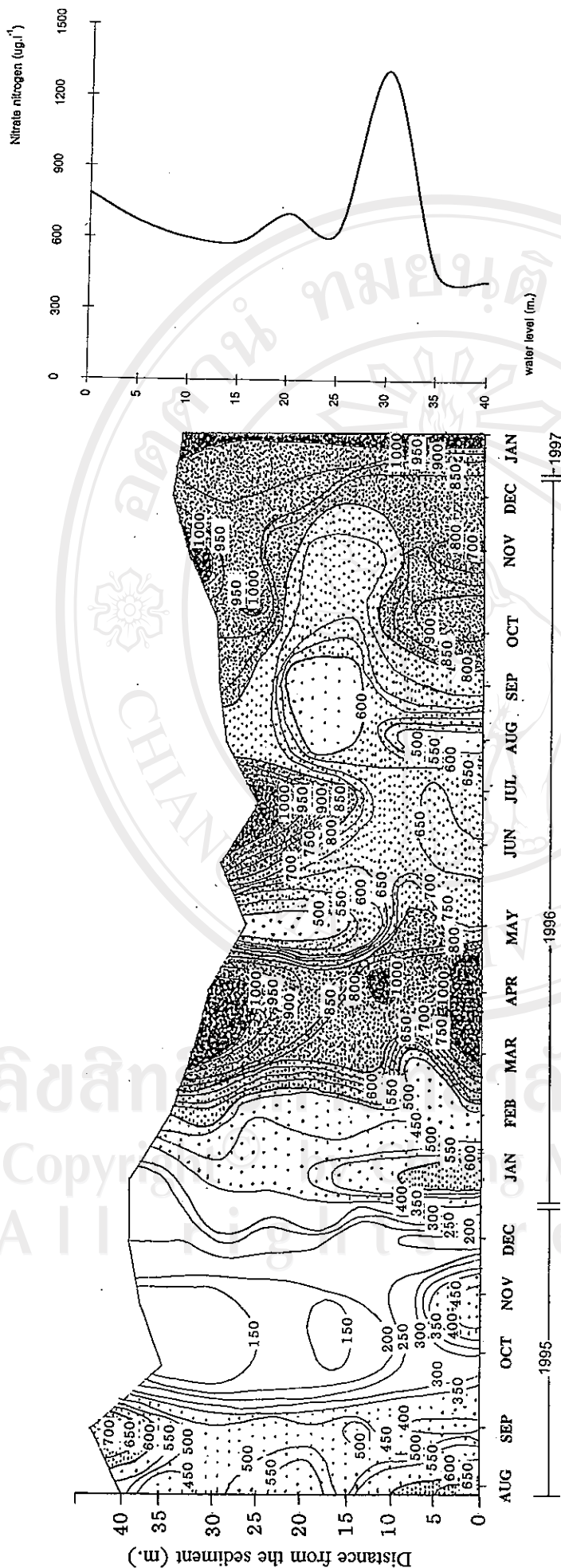
ภาพ 17 ปริมาณไนไตรท์ ไนโตรเจน ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

3.11 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน

แสดงในภาพ 18 จะพบว่า ปี 2538 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนน้อยกว่า ปี 2539 เดือนมีนาคมและเมษายน 2539 เป็นช่วงที่มีปริมาณสูงสุด และเมื่อพิจารณาปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนบริเวณทางน้ำเข้า (ภาพ 28) ก็จะมีปริมาณสูงมากด้วย อีกประการหนึ่งจากการศึกษาการย่อยสลายบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแม่กวง (ตาราง 5) ทำให้ทราบว่าไนเตรท ไนโตรเจนมีการย่อยสลายจากซากต้นไม้ที่เกิดจากการสร้างเขื่อนแล้วไม่ได้นำออกไปจากตัวเขื่อน ดังนั้นปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนจึงมีค่าสูงขึ้น ส่วนการศึกษาตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกพบว่า มีความแตกต่างกันแต่ไม่ชัดเจน บางเดือนที่บริเวณผิวน้ำมีค่ามากกว่าก้นอ่างเก็บน้ำ แต่บางเดือนก้นอ่างเก็บน้ำก็มีมากกว่าชั้นน้ำชั้นบน ๆ

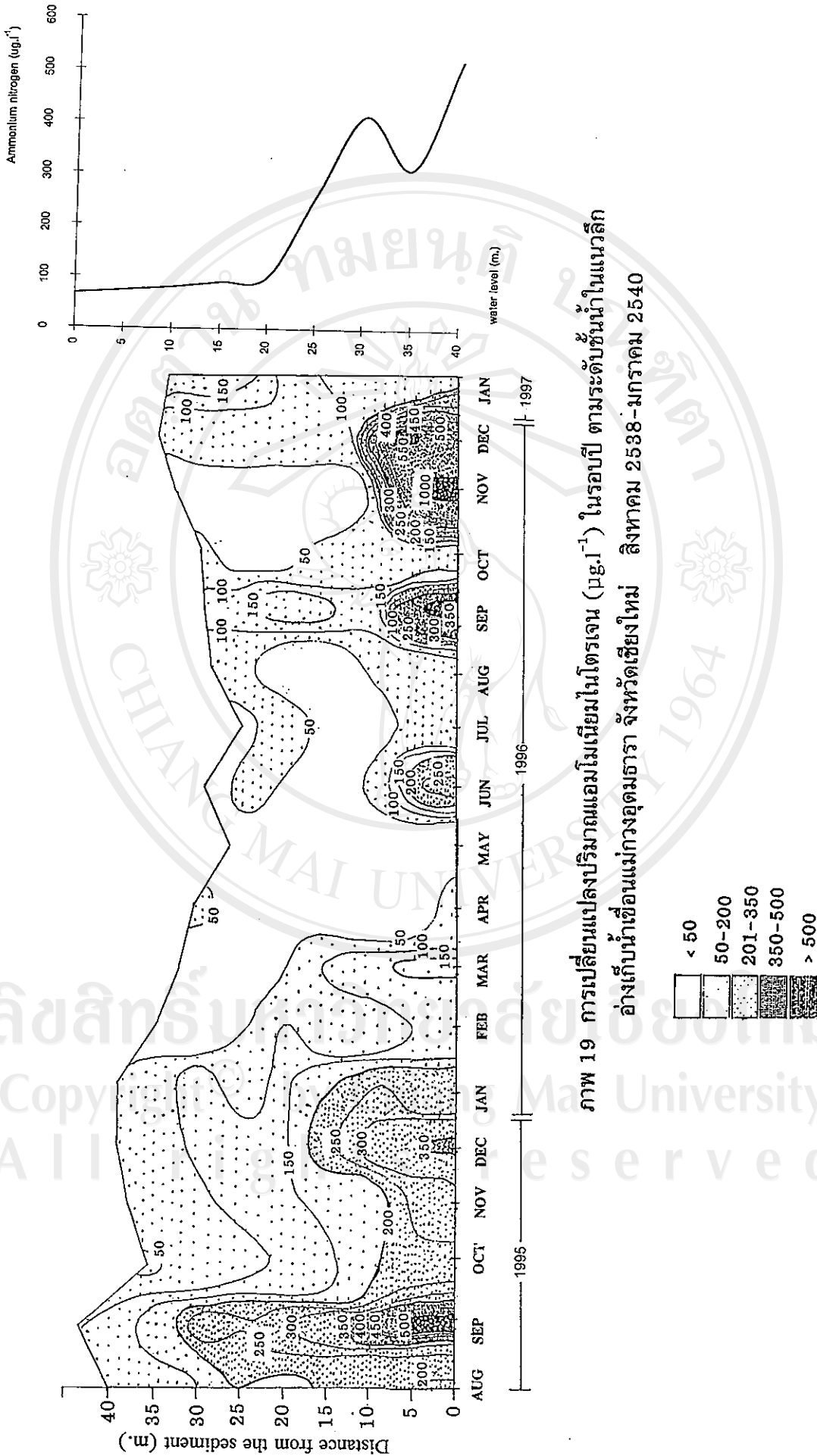
3.12 ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน แสดงในภาพ 19 แสดงการเพิ่มปริมาณออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2538 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2539 จากนั้นจะลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายของการวิจัย ส่วนการศึกษาตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก ปรากฏให้เห็นชัดเจนมาก คือจะมีปริมาณมากบริเวณก้นอ่างมากกว่าผิวน้ำ ซึ่งแสดงว่าแอมโมเนียม ไนโตรเจนเกิดจากการย่อยสลายบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำมากกว่าจะมาจากทางน้ำเข้า (ภาพ 28 และตาราง 5)



ภาพ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก
 อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวงอุทุมพร จ.อุบลราชธานี สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

ลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์
 Copyright Reserved
 1964



ภาพ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก
 อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวางอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

ลิขสิทธิ์ในเอกสารนี้สงวนไว้สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 Copy Right Reserved
 All Rights Reserved

3.13 ปริมาณ soluble reactive phosphorus

แสดงในภาพ 20 พบว่าในช่วงแรกของการวิจัย จะมีปริมาณน้อย เพิ่มขึ้นมาบ้างในเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2539 และมาเพิ่มมากอีกช่วงหนึ่งในเดือนกรกฎาคม 2539 - มกราคม 2540 ซึ่งแบบแผนการเพิ่มของ SRP นี้ มีลักษณะคล้ายกับของฟอสฟอรัสรวมซึ่งได้กล่าวต่อไป SRP เป็นสารอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับหนึ่งของแพลงก์ตอนพืชและเป็น limiting factor ชนิดแรกของสิ่งมีชีวิตดังกล่าว ดังนั้นจะเห็นได้ว่า SRP รวมทั้งฟอสฟอรัสรวมมีผลต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะ *M. aeruginosa* ซึ่งปริมาณของ SRP และฟอสฟอรัสรวมนี้เพิ่มขึ้นเมื่อระดับน้ำลดลง ดังนั้นระดับน้ำและปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเป็นตัวกำหนดให้มี SRP และฟอสฟอรัสรวมมากหรือน้อย ถ้าระดับน้ำมากสารอาหาร 2 ชนิดนี้จะน้อยแพลงก์ตอนพืชจะเจริญน้อย *M. aeruginosa* ก็มีปริมาณน้อยไปด้วย มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำต่ำลงด้วย ตรงข้ามเมื่อระดับน้ำลดลง ปริมาณสารอาหารทั้งสองชนิดจะมากขึ้น แพลงก์ตอนพืชรวมทั้ง *M. aeruginosa* จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงขึ้นเช่นเดียวกับผลผลิตเบื้องต้น (ภาพ 7 และภาพ 8) ส่วนการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกพบว่า ปริมาณที่ก้นอ่างเก็บน้ำมีมากกว่าบริเวณผิวน้ำ แต่บางเดือนก็มีในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งมีผลมาจากทั้งทางน้ำเข้าและการย่อยสลายในอ่างเก็บน้ำเอง (ภาพ 28 และตาราง 5)

3.14 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

แสดงในภาพ 21 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมและ SRP แสดงผลคล้ายกัน ทั้งปริมาณความมากน้อยในบางช่วงของการวิจัย และผลที่มีต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชรวมทั้ง *M. aeruginosa* และแม้กระทั่งการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก ความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์อื่นแสดงในภาพ 7 และภาพ 8

3.15 ปริมาณเหล็กรวม

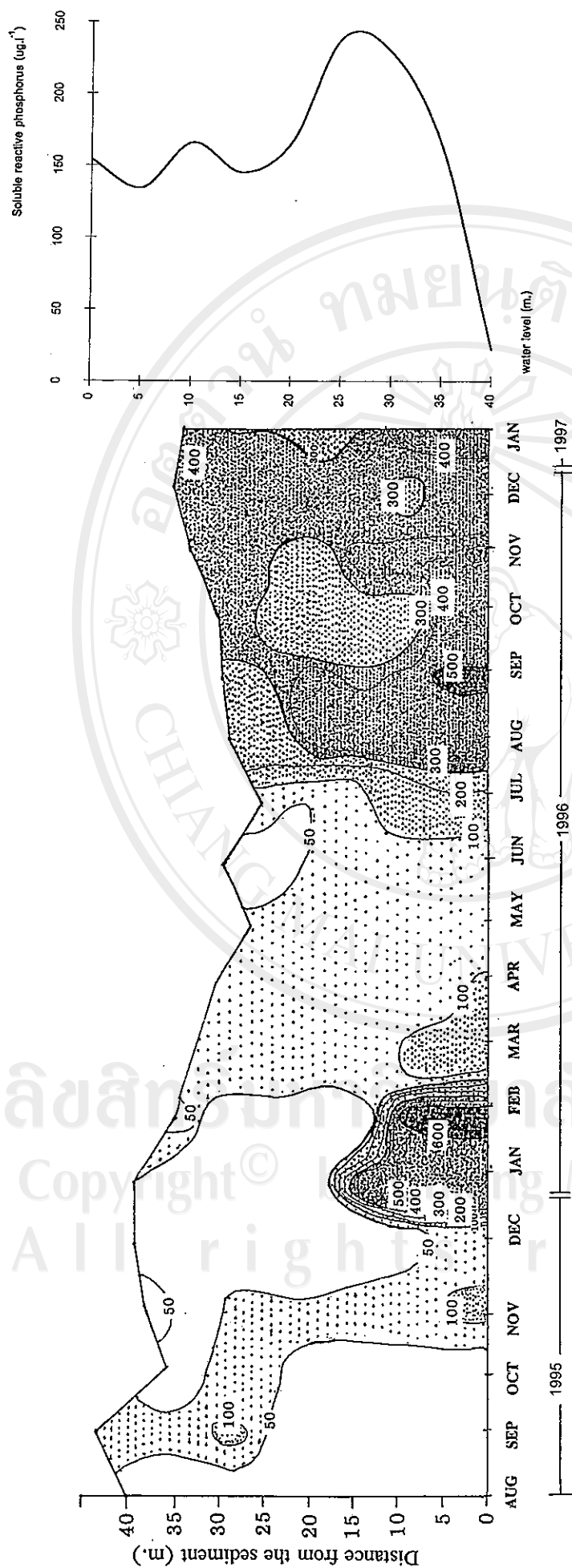
เหล็กทั้งในรูป ferrous และ ferric ไม่ได้เป็นปัจจัยต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืชโดยตรง แต่ก็มีผลทางอ้อมโดยมีผลต่อความเป็นกรดต่าง อย่างไรก็ตามการศึกษาแหล่งน้ำที่มีความลึกมาก ๆ มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณเหล็กที่ออกมาจากชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำซึ่งปริมาณของเหล็กจะมีผลต่อคุณภาพน้ำเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะน้ำที่จะเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อนำไปผลิตน้ำประปาต่อไป งานวิจัยนี้พบว่าบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำมีปริมาณของเหล็กมากกว่า $5,000 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ในบางเดือน (ภาพ 22) โดยเฉพาะในฤดูฝนและฤดูหนาว ส่วนชั้นที่อยู่ถัดขึ้นมาปริมาณจะลดลงบริเวณผิวน้ำจะมีน้อยที่สุด ส่วนบริเวณทางน้ำเข้าจะมีปริมาณไม่มากนัก

4. คุณสมบัติทางชีวภาพอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวง

4.1 ปริมาตรชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและปริมาตรชีวภาพของ

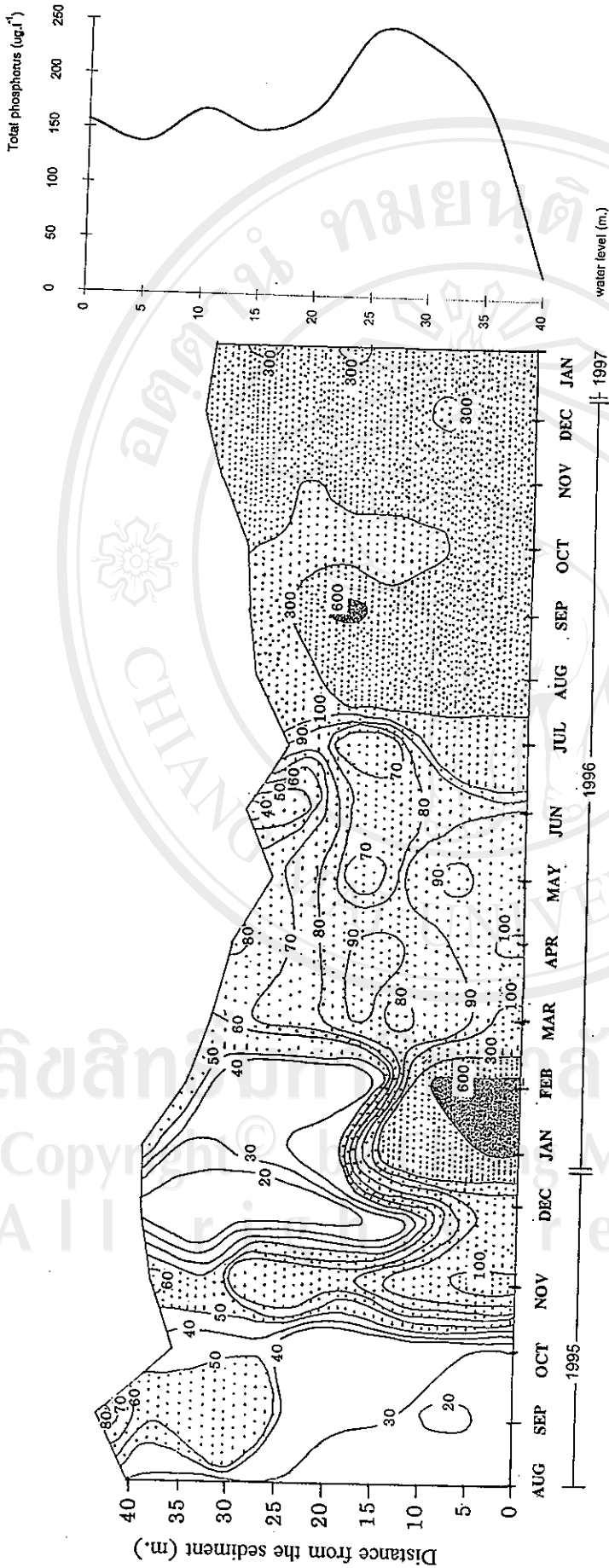
M. aeruginosa

ปริมาตรชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและของ *M. aeruginosa* มีลักษณะคล้ายคลึงกันและมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก (ตาราง 11 ภาคผนวก ข) ซึ่งได้นำมากล่าวพร้อมกันดังนี้ จากการการศึกษาจากค่าเฉลี่ย ตามระดับความลึกของแต่ละเดือน (ภาพ 23 และภาพ 24) จะ



ภาพ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ soluble reactive phosphorus ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก
 อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวางอุโมงค์ จ.พิจิตร 2538-มกราคม 2540

ลิขสิทธิ์สงวนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 Copyright © King Mongkut's University of Technology Thammasathart
 All rights reserved

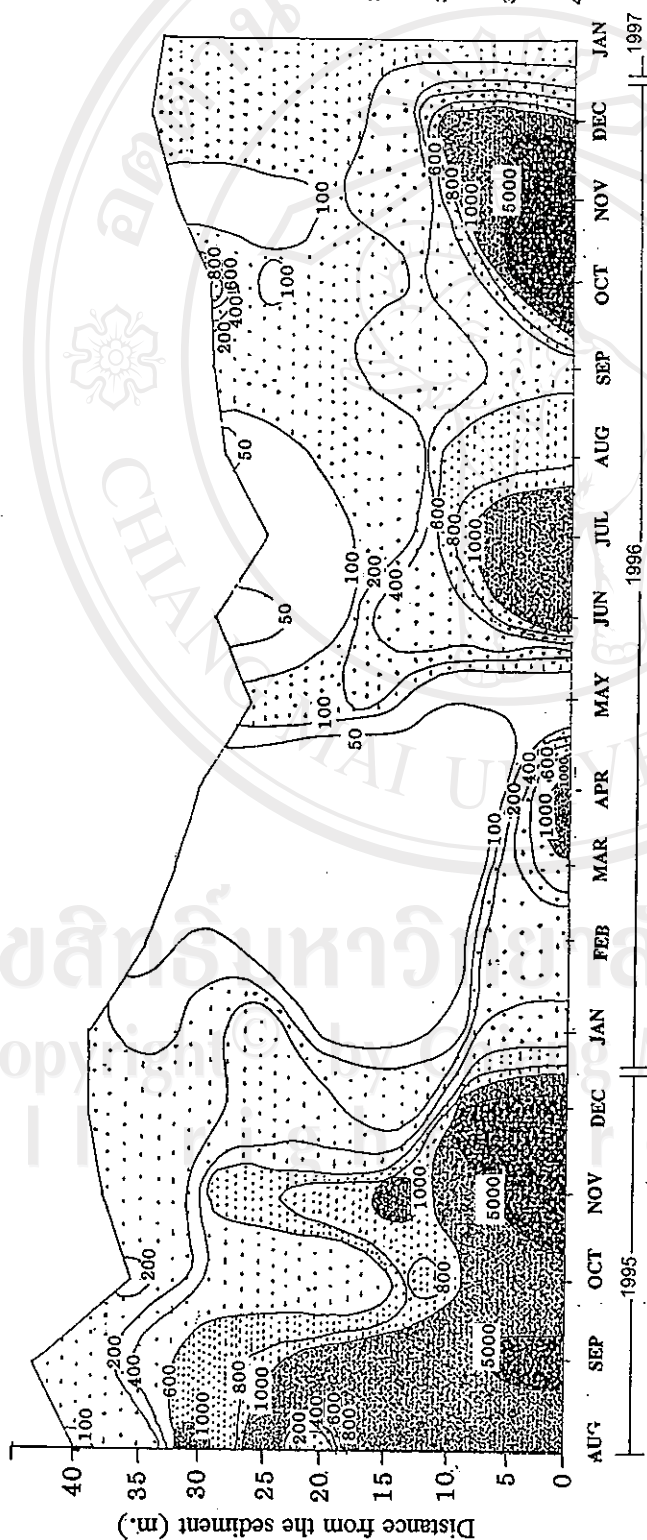


ภาพ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวม ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อย่างเก็บน้ำเขื่อน
แม่กวางอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

ลิขสิทธิ์ © 1997 โดย Chiang Mai University
All rights reserved

Total Irons ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000

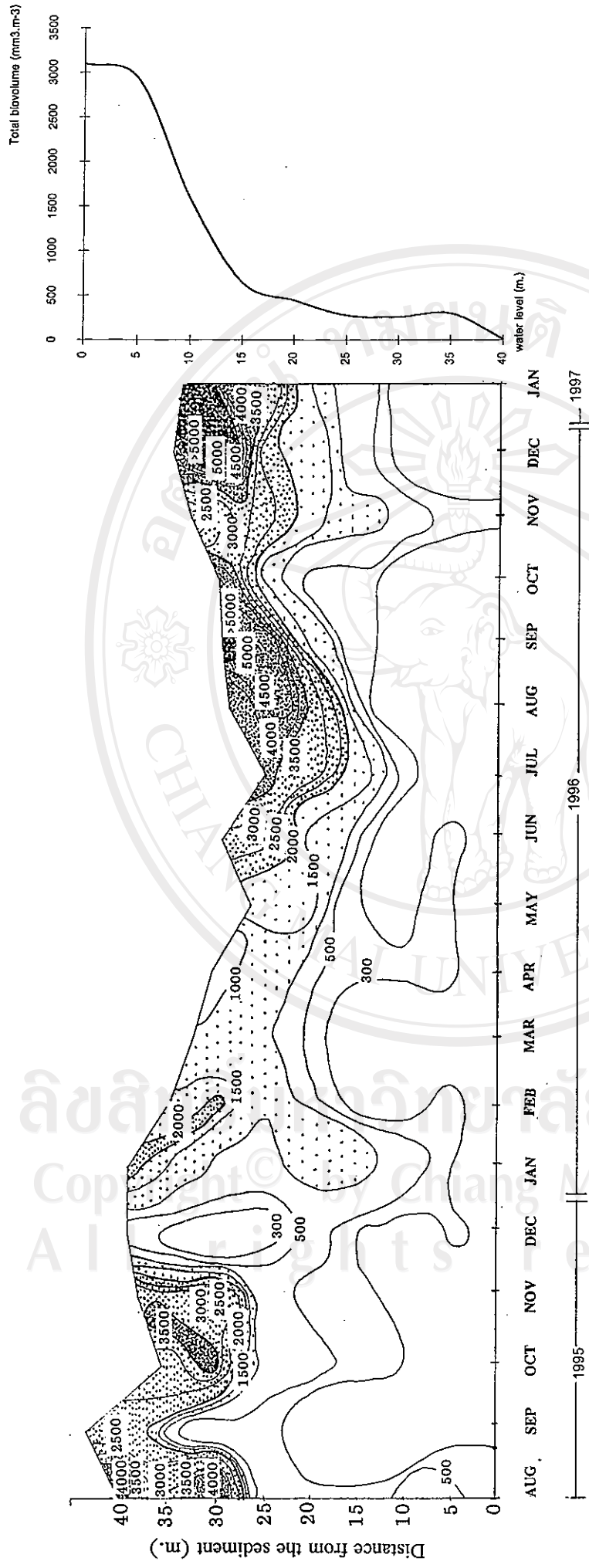


water level (m.)

40 35 30 25 20 15 10 5 0
AUG SEP OCT NOV DEC JAN 1995
JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC JAN 1996
JAN 1997

ภาพ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเหล็กกรรม ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อ่างเก็บน้ำเขื่อน
แม่งาวอุทุมพรธรา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

- < 100
- 101-600
- 601-1000
- 1000-5000
- > 5000



ภาพ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืช ($\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำใน
 แนวลึก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวางอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

- < 100
- 100-1999
- 2000-3999
- 4000-5000
- > 5000

ลิขสิทธิ์ © วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 1964
 Copyright © Chulalongkornrajavidyalaya University
 All rights reserved

พบว่า ปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและของ *M. aeruginosa* แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ในปี 2538 จะมีค่ามากในฤดูฝนต่อกับฤดูหนาวคือ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2538 ลดลงในช่วงกันยายน แล้วกลับเพิ่มขึ้นในเดือนตุลาคมจนถึงพฤศจิกายน จากนั้นจะลดลงในฤดูร้อนและจะเพิ่มขึ้นอีกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน 2539 เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวในเดือนพฤศจิกายนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนจบการวิจัยในเดือนมกราคม 2540 เมื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์อื่นๆทั้งทางด้านกายภาพ เคมี พบว่า สัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณ SRP ฟอสฟอรัสรวม นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณ คลอโรฟิลล์ เอ และผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำด้วย ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวมานี้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับระดับน้ำและปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ภาพ 7 และภาพ 8) และตาราง 11 ในภาคผนวก ข.

เมื่อพิจารณาตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกจะพบว่า การปรากฏของทั้งแพลงก์ตอนพืช และ *M. aeruginosa* แสดงตามระดับชั้นน้ำอย่างชัดเจนโดยมีปริมาณมากบริเวณผิวน้ำและลดลงในระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น จะน้อยที่สุดบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำ และเมื่อพิจารณาตามระดับชั้นน้ำแล้ว พบว่าที่ระดับผิวน้ำจะมีปริมาณของ *M. aeruginosa* มากที่สุด

4.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มักจะผันแปรตามปริมาตรชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช ในงานวิจัยนี้มีความสัมพันธ์กัน แสดงในตาราง 11 (ภาคผนวก ข.) ส่วนความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์อื่นๆ ได้กล่าวมาในข้อ 4.1 แล้ว เมื่อพิจารณาตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก (ภาพ 25) จะพบว่า มีการแบ่งตามระดับชั้นน้ำอย่างชัดเจนโดยบริเวณผิวน้ำมีปริมาณมากกว่าระดับน้ำด้านล่าง แต่บางเดือนก็พบว่า ระดับน้ำบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำอาจมีมากกว่าบริเวณกลางอ่างบ้างเล็กน้อย

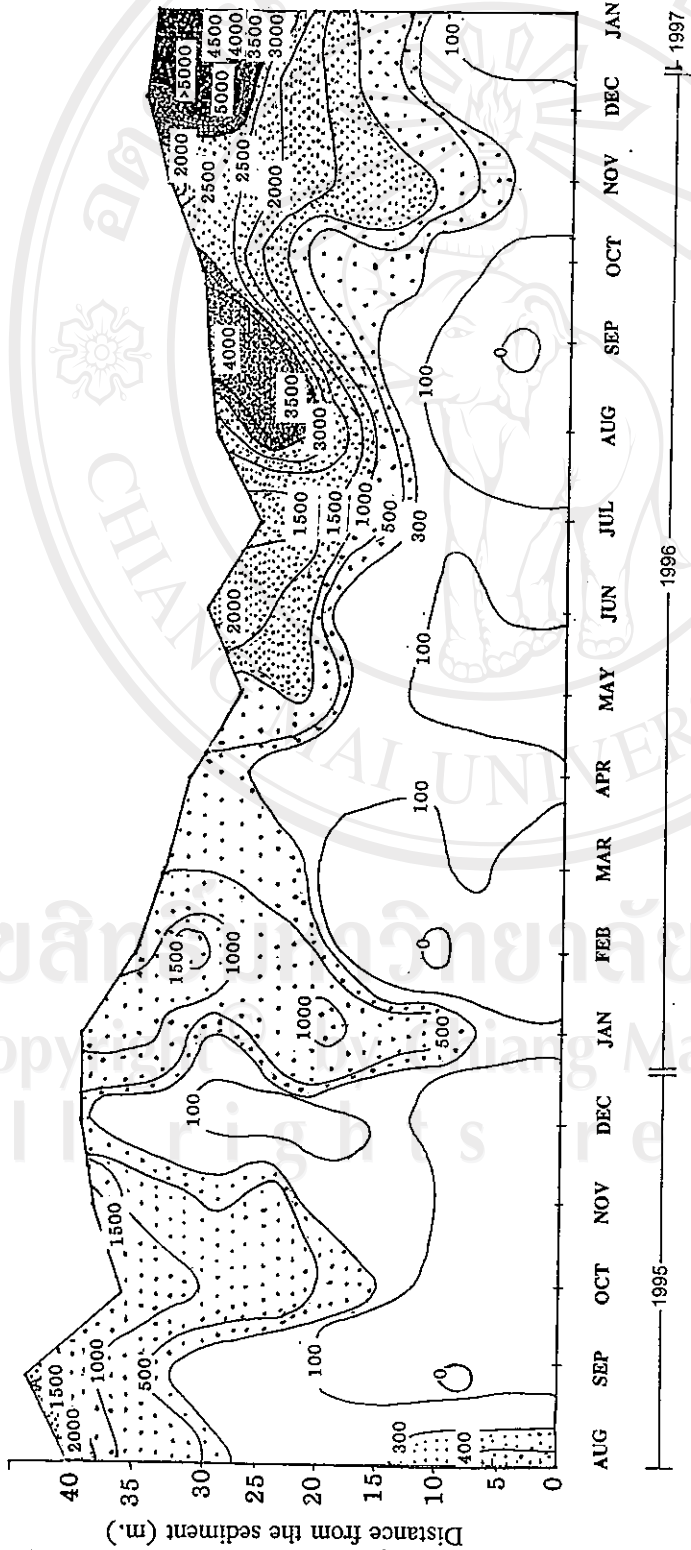
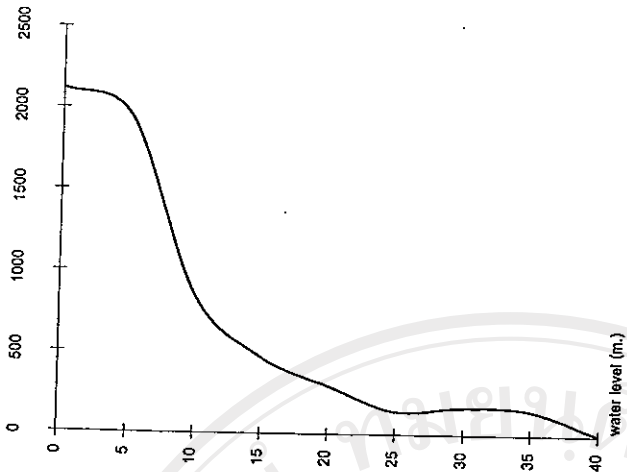
4.3 ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ

ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำแสดงในภาพ 8 ค่าที่แสดงเป็นค่า gross primary productivity พบว่าในปี 2538 จะมีปริมาณน้อยและลดลงในเดือนมิถุนายน 2539 จากนั้นจะเพิ่มขึ้นแต่ก็มีลักษณะขึ้น ๆ ลง ๆ และสูงสุดในระยะหลัง ๆ ของการวิจัยโดยมีค่า 0.25 mg.l^{-1} ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์หลายชนิดดังกล่าวมาแล้วในข้อ 4.1

4.4 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

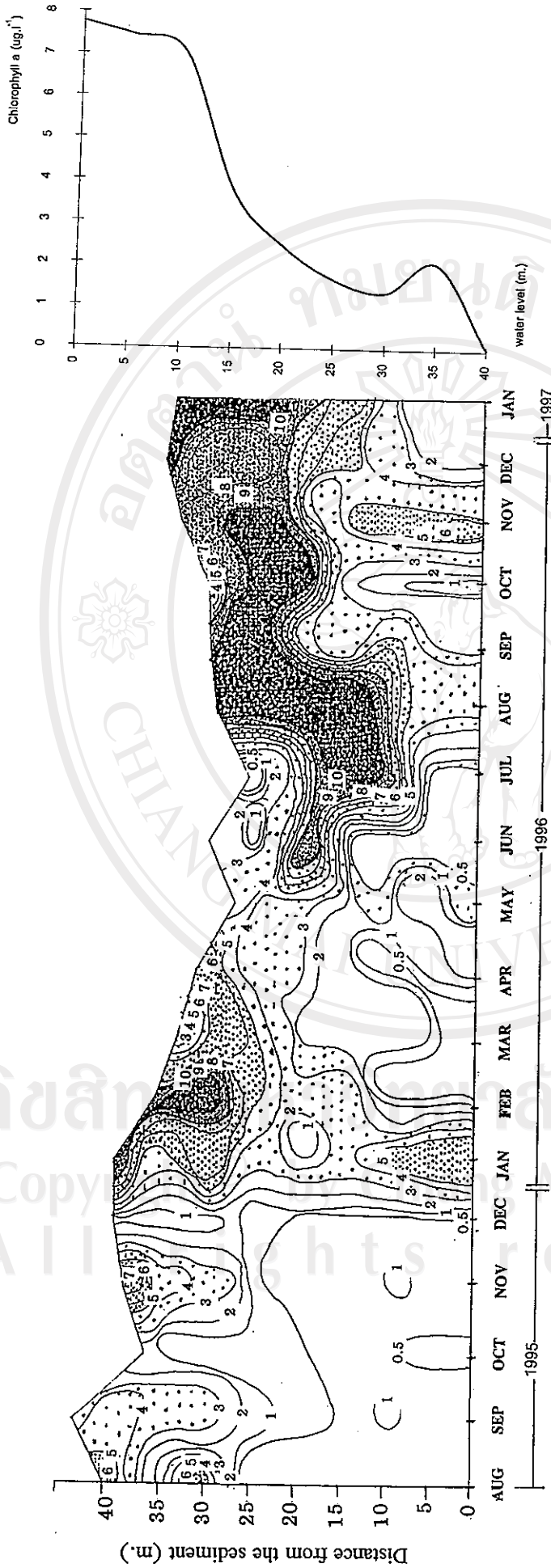
แสดงในภาพ 26 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงมีปริมาณต่ำมาก ถึงแม้ในเดือนพฤศจิกายน 2538 จะมีปริมาณสูงกว่า $4,000 \text{ MPN}/100 \text{ ml}$. แต่ก็ยังอยู่ในช่วงมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำจืดผิวดินประเภทที่ 2 (ตาราง 7 ภาคผนวก ก.) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ *Streptococcus fecalis*, *Clostridium perfringens* และ *Vibrio cholerae* ก็ไม่ปรากฏว่ามีปริมาณมากพอที่จะมีอันตรายต่อผู้บริโภค (ตาราง 2-4) ซึ่งนับว่าไม่มีปัญหาแต่อย่างไรในการจะนำน้ำในอ่างเก็บน้ำไปผลิตน้ำประปา เมื่อพิจารณาในแง่ของแบคทีเรีย ส่วนบริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออกนั้น พบว่าบริเวณทางน้ำออกในจุดที่เข้าสู่ชุมชนจะมีปริมาณของโคลิฟอร์มแบคทีเรียเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการปนเปื้อนจากชุมชนสู่แหล่งน้ำ ส่วนจุดอื่นๆมีไม่มาก

Biovolume of *M. aeruginosa* ($\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)



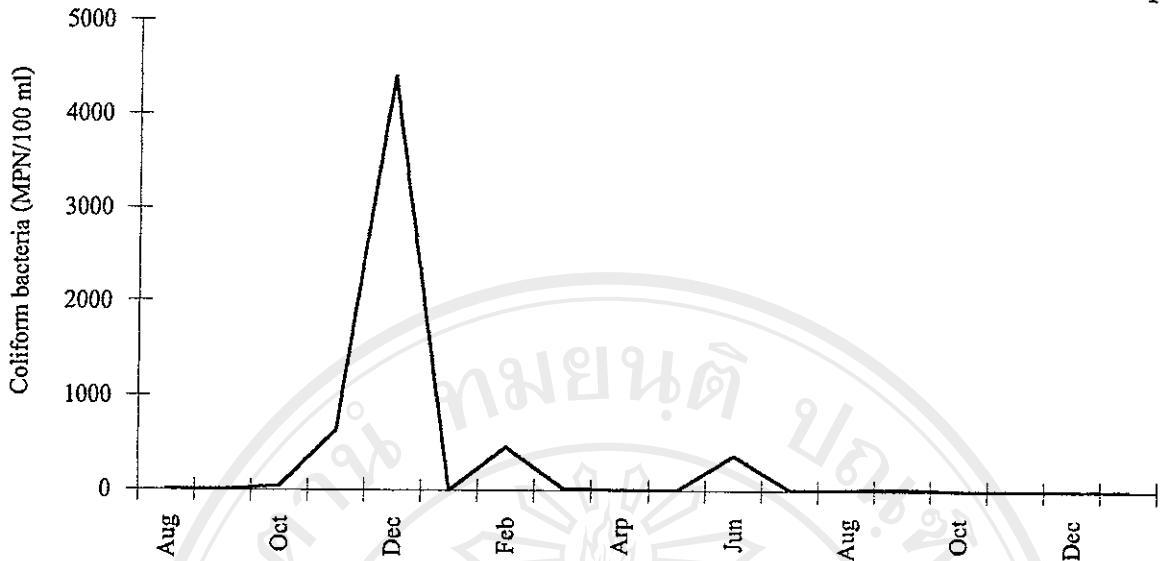
ภาพ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวภาพรวมของ *M. aeruginosa* ($\text{mm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำใน
แนวลิค อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวางอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

- < 300
- 301-999
- 1000-2999
- 3000-5000
- > 5000



ภาพ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu\text{g.l}^{-1}$) ในรอบปี ตามระดับชั้นน้ำในแนวลึก อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งองอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

ลิขสิทธิ์สงวนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 Copy rights reserved by M. University



ภาพ 26 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

5. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในรอบวัน

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในรอบวัน 3 ฤดูกาลคือ ฤดูร้อนในเดือนเมษายน 2539 ฤดูฝนในเดือนสิงหาคม 2539 และฤดูหนาวในเดือนมกราคม 2540 (ภาพ 27) พบว่า ทั้ง 3 ฤดูมีความแตกต่างกันของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ส่วนอุณหภูมิ น้ำมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้น ตั้งแต่เวลา 10.00 น. และเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ จนอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 14.00-16.00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิจจะลดลงเรื่อยๆ ในเวลากลางคืนและจะต่ำสุดในช่วงเวลา 05.00-06.00 น.

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในรอบวันของแต่ละฤดูมีดังนี้ ในฤดูร้อน พบการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบอยู่ระหว่าง 7.0 ถึง 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงสุดในช่วงเวลา 10.00 น. มีค่า 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลงจนถึงเวลา 16.00 น. แต่เมื่อเวลา 18.00 น. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นอีกทั้งนี้เพราะมีฝนตกในช่วงเวลา 17.00 น. จึงทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงขึ้น หลังจากนั้นอุณหภูมิจจะลดลงที่เวลา 08.00 น. มีค่า 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนอุณหภูมิของน้ำพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับช่วงเวลาโดยมีค่าสูงสุดในเวลา 14.00 น. มีค่า 31.5 องศาเซลเซียสและต่ำสุดเวลา 06.00 น. มีค่า 28.1 องศาเซลเซียส ในฤดูฝนจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงกว้างโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.3-9.3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการศึกษา เมื่อเริ่มทำการทดลองเวลา 10.00 น. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าสูงและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าสูงสุดในช่วง 14.00 น. มีค่าเท่ากับ 9.3 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นค่าที่ได้จะลดลงจนถึงเวลา 24.00 น. ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง อันเกิดจากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณฝนตกอย่างหนักและหลังจากนั้นค่าจะลดลงจนกระทั่งเวลา 08.00 น. ส่วนอุณหภูมิพบว่า เป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับฤดูฝนคือมีค่าสูงสุดในเวลา 16.00 น. มีค่า 31.4 องศาเซลเซียสและต่ำสุดเวลา 08.00 น. มีค่า 29.5 องศาเซลเซียส อันเนื่องจากฝนตกทำให้อุณหภูมิลดลงในช่วง 08.00 น.

ตาราง 2 ผลการตรวจหาแบคทีเรีย *Streptococcus fecalis* ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา (สิงหาคม 2538-มกราคม 2540)

ตามระดับความลึกทุก 5 เมตร ทางน้ำออก 3 ทาง และทางน้ำเข้า 2 ทาง (+) = พบ (-) = ไม่พบ

	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan
0 m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
5 m.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 m.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 m.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20 m.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 m.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 m.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35 m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
1.2	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+
2.1	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+
2.2	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
3.1	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2	+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
In 1																		
In 2																		

หมายเหตุ 1.1 = ทางน้ำออกฝั่งซ้าย 1 กิโลเมตรจากตัวอ่างเก็บน้ำ
 1.2 = ทางน้ำออกฝั่งซ้าย 10 กิโลเมตรจากตัวอ่างเก็บน้ำ

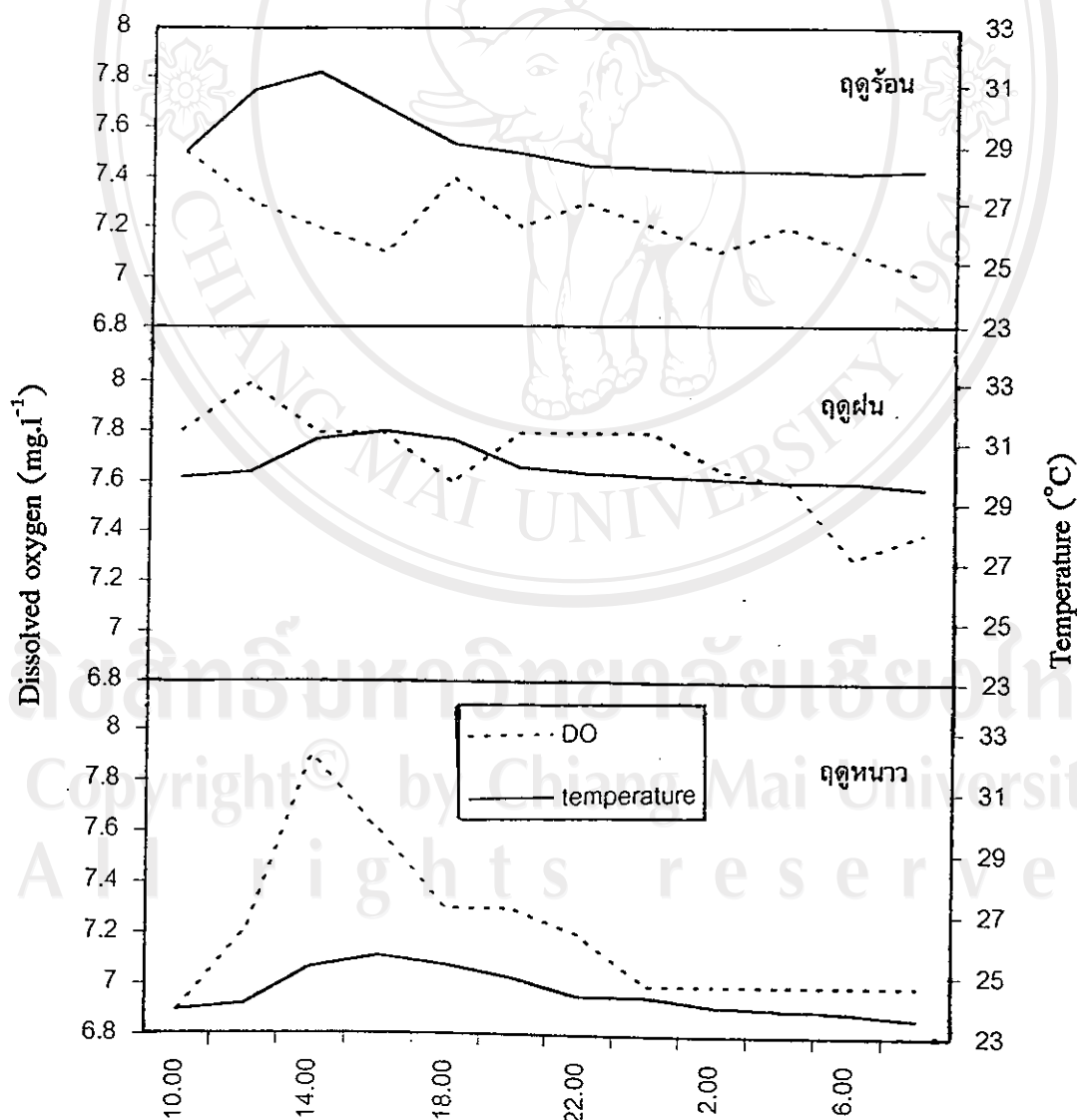
2.1 = ทางน้ำออกส่วนกลาง 1 กิโลเมตรจากตัวอ่างเก็บน้ำ
 2.2 = ทางน้ำออกส่วนกลาง 10 กิโลเมตรจากตัวอ่างเก็บน้ำ

ตาราง 3 ผลการตรวจหาแบคทีเรีย *Clostridium perfringens* ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งวางอุตสาหกรรม (สิงหาคม 2538-มกราคม 2540)
ตามระดับความลึกทุก 5 เมตร ทางน้ำออก 3 ทาง และทางน้ำเข้า 2 ทาง (+) = พบ (-) = ไม่พบ

	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	
0 m.	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
35 m.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40 m.																			
1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
In 1								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
In 2								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

และในฤดูหนาว พบว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา จะมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น. มีค่า 25.6 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิลดลงมีค่าต่ำสุดในเวลา 08.00 น. มีค่า 23.6 องศาเซลเซียส สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วง 14.00-16.00 น. คือ ประมาณ 7.9 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นจะลดลงจนคงที่อยู่ที่ค่า 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่เวลา 02.00-08.00 น.

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิในรอบวันในฤดูฝนและฤดูหนาว ยังมีผลพลอยได้คือการสังเกตการปรากฏของ *M. aeruginosa* ในรอบวัน พบการลอยตัวของโคโลนีที่ผิวน้ำและที่ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร โดยจะปรากฏให้เห็นได้ตลอดซึ่งจะปรากฏให้เห็นมากในช่วง 10.00-11.00 น. และ 15.00-16.00 น. ตามลำดับ แม้ในช่วงเวลา กลางคืนก็สามารถสังเกต *M. aeruginosa* ลอยตัวอยู่ที่ผิวน้ำให้เห็นได้



ภาพ 27 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในรอบวัน ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ รวม 3 ฤดู

6. คุณภาพน้ำบริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออกจากตัวอ่างเก็บน้ำ

6.1 คุณภาพน้ำบริเวณทางน้ำเข้า

คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี บริเวณทางน้ำเข้าและที่จุดเก็บตัวอย่าง บริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน ไนไตรท์ ไนโตรเจน เหล็กรวม ความลึกที่แสงส่องถึงและความขุ่น ที่บริเวณกลางอ่างเก็บน้ำมีค่าสูงกว่าทางน้ำเข้า ส่วนค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เปอร์เซนต์ออกซิเจนอิ่มตัว ปริมาณไนไตรท์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสรวม SRP ค่า BOD และปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่บริเวณทางน้ำเข้ามีค่าสูงกว่าบริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ (ภาพ 28)

6.2 คุณภาพน้ำบริเวณทางน้ำออก

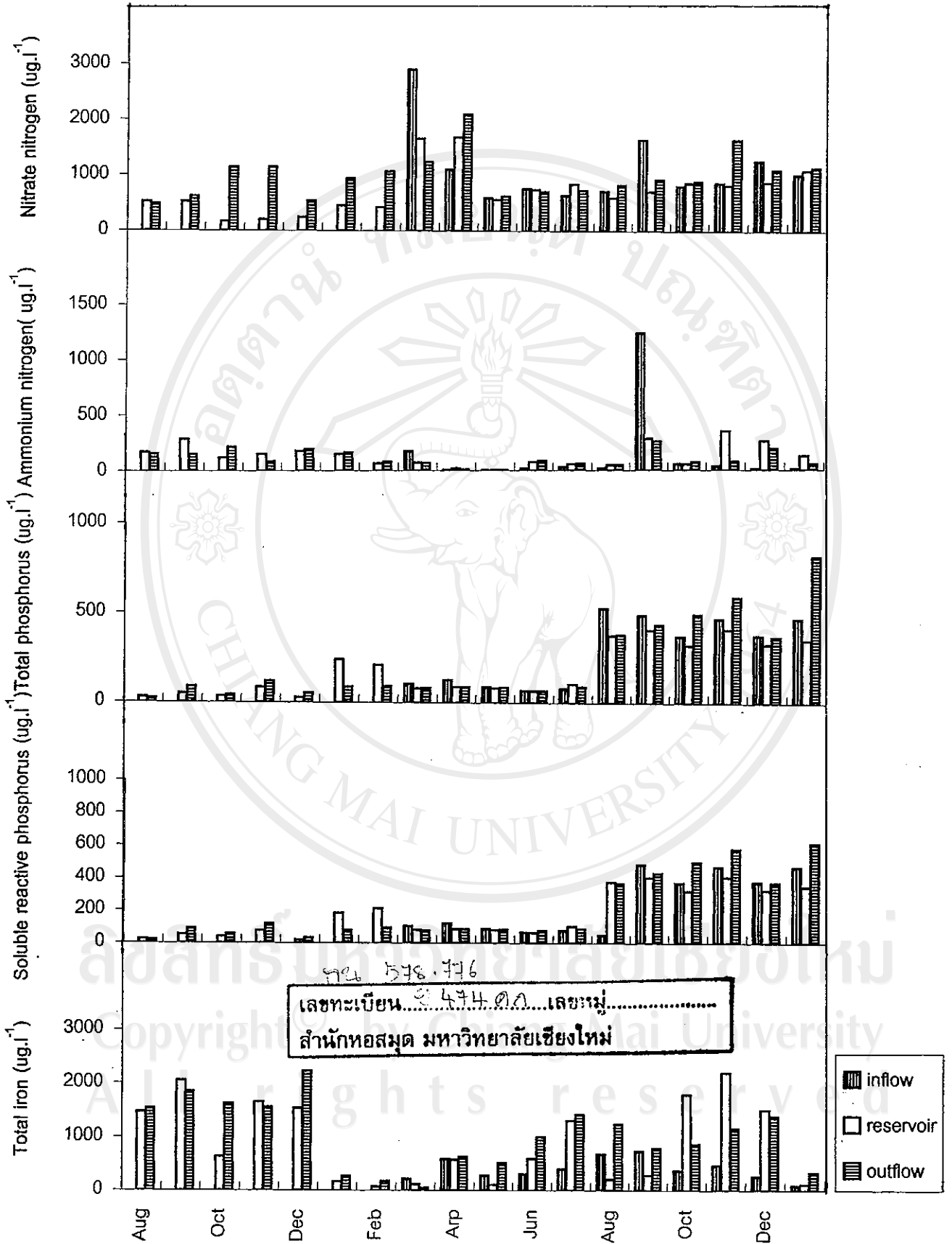
คุณภาพน้ำบริเวณทางน้ำออก ที่จุดเก็บตัวอย่างซึ่งห่างจากตัวเขื่อน 1 กิโลเมตร (จุดที่ 1, 3 และ 5) พบว่ามีคุณภาพน้ำใกล้เคียงกับที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ ยกเว้นบางพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ปริมาณเหล็ก ความขุ่นและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ภาพ 28) ซึ่งพบว่าจุดที่ห่างจากตัวเขื่อน 1 กิโลเมตรมีค่าสูงกว่า ส่วนจุดเก็บตัวอย่างจุดที่ซึ่งห่างจากตัวอ่างเก็บน้ำ 10 กิโลเมตร (จุดที่ 2, 4 และ 6) ซึ่งไหลผ่านแหล่งชุมชนพบว่า มีคุณภาพน้ำใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างที่ซึ่งห่างจากตัวเขื่อน 1 กิโลเมตรและในอ่างเก็บน้ำ ยกเว้นปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียมักจะสูงกว่าจุดซึ่งห่างจากตัวเขื่อน 1 กิโลเมตร

7. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

จากการนำตัวอย่างดินที่บริเวณก้นอ่างเก็บน้ำบริเวณจุดเก็บกลางอ่างและบริเวณริมฝั่งมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารบางชนิด โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีการย่อยสลายที่บริเวณก้นอ่างมากนักและจัดเป็นอ่างเก็บน้ำประเภท mesotrophic reservoir คล้ายกัน พบว่าในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง มีปริมาณสารอาหาร ซึ่งได้แก่ปริมาณไนเตรท ปริมาณแอมโมเนียม ปริมาณ SRP และปริมาณเหล็กสูงกว่าในอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว (ตาราง 5)

ตาราง 5 เปรียบเทียบสารอาหารที่สำคัญ 4 ชนิดที่บริเวณก้นอ่างและบริเวณริมฝั่งของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ และอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชนิดของสารอาหาร	อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง		อ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว ที่ก้นอ่างเก็บน้ำ
	ที่ก้นอ่างเก็บน้ำ	ริมฝั่ง	
ปริมาณไนเตรท (ไมโครกรัมต่อลิตร)	31,000	18,500	12,000
ปริมาณแอมโมเนียม (ไมโครกรัมต่อลิตร)	400,000	155,000	330,000
ปริมาณ SRP (ไมโครกรัมต่อลิตร)	260	110	170
ปริมาณเหล็กรวม (ไมโครกรัมต่อลิตร)	4,230	885	2,060



ภาพ 28 เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารที่สำคัญ 5 ชนิด บริเวณทางน้ำเข้า (inflows) กลางอ่าง (reservoir) และทางน้ำออก (outflows) อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ สิงหาคม 2538-มกราคม 2540

8. ความเป็นพิษของแพลงก์ตอนพืช *M. aeruginosa*

จากการส่งตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช *M. aeruginosa* ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง ไปวิเคราะห์หาสารพิษ ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร โดย ดร. อภารัตน์ มหาพันธ์ โดยการสกัดสารไมโครซิสตินด้วยเมทานอล จากนั้นแยกและทำให้บริสุทธิ์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ทั้งแบบ UV และ photodiode array ส่วนกรดอะมิโน แยกโดยใช้เครื่องมือ Gas Chromatography (GC) พบว่ามีสารพิษในกลุ่มไมโครซิสติน ทั้งสิ้น 6 ชนิดได้แก่ Microcystin RR, Z-RR, LR, Z-LR, YR และ ThyrR (ตาราง 6)

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์สารพิษจากตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช (น้ำหนักแห้ง) ในช่วงที่มีการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *Microcystis aeruginosa* Kütz. ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุตสาหกรรม โดย ดร. อภารัตน์ มหาพันธ์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

	วันที่เก็บตัวอย่าง	
	มีนาคม 2539	กุมภาพันธ์ 2540
ปริมาณสารพิษ (มิลลิกรัมต่อกรัมเซลล์แห้ง)	0.81	0.77
องค์ประกอบของสารพิษ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก)		
Microcystin RR	44.9	53.0
Microcystin Z-RR	11.9	-
Microcystin LR	22.5	33.3
Microcystin Z-LR	5.9	-
Microcystin YR	9.9	13.7
Microcystin ThyrR	4.9	-

9. การใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำ

สำหรับการศึกษาแพลงก์ตอนพืชเพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของน้ำนั้น เนื่องจาก *M. aeruginosa* เป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นตลอดการวิจัย ซึ่งพบมากในช่วงที่น้ำมีคุณภาพไม่ดีอยู่ในภาวะ eutrophication จึงอาจกล่าวได้ว่า การวิจัยในครั้งนี้ *M. aeruginosa* สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ น้ำที่มีสภาพเป็น eutrophic status ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Wetzel (1983) ตาราง 8-9 ภาคผนวก ก. ส่วนแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นๆ แสดงผลไม่ชัดเจน

อภิปรายผลการวิจัย

๒๖

คำถามในเบื้องต้นของการวิจัยนี้คือ คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงเป็นเช่นไร มีความเหมาะสมหรือไม่ต่อการนำมาผลิตน้ำประปาซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักอีกประการหนึ่งในอนาคตอันใกล้ของสำนักงานประปา เขต 9 จังหวัดเชียงใหม่ การประปาส่วนภูมิภาค ร่วมกับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวง คำตอบที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ก็คือ โดยทั่วไปคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอยู่ในระดับปานกลางจนถึงดี (ประเภท 2-3) มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน คุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพมีความผันแปรตลอดปีโดยไม่ขึ้นกับฤดูกาล แต่ขึ้นกับระดับน้ำและปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างเป็นทางการเป็นหลัก เมื่อใดก็ตามที่น้ำมีปริมาณมาก สารอาหารจะน้อย การเจริญของแพลงก์ตอนพืชจะน้อย คุณสมบัติของน้ำโดยทั่วไปทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพจะค่อนข้างดี ดังจะพบในช่วงเดือนสิงหาคม 2538 - มิถุนายน 2539 หลังจากนั้นตั้งแต่กรกฎาคม 2539 - มกราคม 2540 ปริมาณน้ำจะลดลงเนื่องจากถูกปล่อยสู่การชลประทาน เมื่อน้ำลดลง สารอาหารที่เข้าสู่แหล่งน้ำยังคงที่ รวมทั้งสารอาหารที่มีอยู่ดั้งเดิม และบางส่วนที่เกิดจากการย่อยสลายภายในอ่างเก็บน้ำ ทำให้สารอาหารทุกชนิดมีค่าสูงขึ้น ภาวะนี้เองที่ทำให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มปริมาณมากขึ้น คุณสมบัติของน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพจะด้อยลง แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำโดยทั่วไปก็ยังคงอยู่ในมาตรฐานที่ใช้ได้ทุกพารามิเตอร์

✧ ปัญหาสำคัญเพียงประการเดียวสำหรับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงนี้คือ การเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช *Microcystis aeruginosa* ตลอดการวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากสารพิษไมโครซิสตินที่แพลงก์ตอนพืชชนิดนี้สร้างขึ้นมา เป็นประเภทที่สร้างภายในเซลล์ หรือ endotoxin (Harada, 1996) และยังมีแพลงก์ตอนพืชอีกชนิดหนึ่งซึ่งพบปริมาณมากตลอดการวิจัย ซึ่งเป็นชนิดเด่นรองลงมาจาก *M. aeruginosa* คือ *Cylindrospermopsis raciborskii* ซึ่งก็สร้างสารพิษพวกไซลินโดรสเปอร์มอซิน (*Cylindrospermopsin*) ทั้งไมโครซิสตินและไซลินโดรสเปอร์มอซิน เป็นสารพิษประเภท hepatotoxin ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อตับทั้ง 2 ชนิด (Carmichael, 1992, a ; Carmichael, 1995) อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มียารายงานโดยตรงว่า แหล่งน้ำที่เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างของแพลงก์ตอนพืชชนิดดังกล่าวนี้มีผลกับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นโดยฉับพลัน ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการรายงานจากการติดตามผลของการใช้น้ำดื่มจากแหล่งที่มีการปนเปื้อนของไมโครซิสตินเป็นระยะเวลาภายในประเทศจีนพบว่า ผู้ที่บริโภคจะมีอัตราการเกิดมะเร็งในตับสูงเป็นพิเศษ (อาภารัตน์, 2539) งานวิจัยเกี่ยวกับผลของไมโครซิสติน ต่อสัตว์ทดลองยังกระทำในระดับห้องปฏิบัติการอย่างเช่นงานของ Carmichael (1992, a) กล่าวว่า สารพิษไมโครซิสติน ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองที่ผิวหนังและตา มีอาการเป็นไข้ เวียนศีรษะ อ่อนเพลียและเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ส่วนอาภารัตน์ (2539) กล่าวว่าไมโครซิสตินเป็นตัวเร่งให้เกิดมะเร็งใน

สัตว์ทดลอง รายละเอียดเกี่ยวกับผลของไมโครซีสตินได้กล่าวไว้อย่างละเอียดในบทบทวนเอกสารแล้ว

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ในช่วงที่เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* ในแหล่งน้ำ ผู้วิจัยพยายามสังเกตว่าจะมีสัตว์น้ำตายหรือไม่ พบว่ามีการตายอย่างประปรายของปลาประเภท Cyprinidae ทั้งบริเวณกลางอ่างเก็บน้ำและบริเวณชายฝั่งขอบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งอาจจะเกิดจากกระแสน้ำพัดเข้ามา แต่ไม่ได้มีจำนวนมากนักจนสังเกตได้ชัด จากการสอบถามชาวประมงและชาวบ้านบริเวณรอบ ๆ อ่างเก็บน้ำทราบว่าในช่วงที่เกิดการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ครั้งใด จะพบว่าปลาตายทุกครั้งมากบ้างน้อยบ้าง ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่า การตายของปลาเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้หรือไม่ อาจจะกล่าวได้แต่เพียงว่าการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้มีแนวโน้มทำให้สัตว์น้ำตายได้เท่านั้น แต่ความเป็นจริงตามธรรมชาติเกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศอันหนึ่งที่สำคัญคือเมื่อสัตว์น้ำได้บริโภคแพลงก์ตอนพืชไว้ในตัว และเมื่อถูกผู้บริโภคชั้นสูงกว่ากินต่อกันไป สารพิษนี้ก็ถ่ายทอดไปเรื่อย ๆ จนถึงผู้บริโภคนั้นสุดท้ายซึ่งอาจเป็นมนุษย์ก็ได้ ภาวะเช่นนี้ย่อมต้องระมัดระวังในการบริโภคสัตว์น้ำที่จับมาจากแหล่งน้ำที่มีการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa*

ปัญหาอย่างสำคัญของการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* ในแหล่งน้ำก็คือการจะนำน้ำไปผลิตน้ำประปา เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เลยที่น้ำดิบในแหล่งน้ำจะมีสารพิษไมโครซีสตินปะปนอยู่ด้วย จึงก่อให้เกิดปัญหายากในขั้นตอนการกำจัดออกจากน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปา การกรอง การตกตะกอน การเติมคลอรีนหรือแม้การต้มก็ไม่สามารถขจัดความเป็นพิษออกได้หมด (Ishibashi, 1997 ; กาญจนภาพน์, 2527 ; อาภารัตน์, 2539) คงเหลือแต่เพียงการใช้ activated carbon ดูดซับความเป็นพิษและใช้วิธีการกำจัดสารพิษด้วยการใช้ออโซน (ozonation) ร่วมกับการตกตะกอนซึ่งสามารถกำจัดสารพิษได้มากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Ishibashi, 1997) แต่จะใช้ต้นทุนการผลิตสูง ซึ่งไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปา นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Liu and Tseng (1996) กล่าวว่า ในขั้นตอนการเติมคลอรีนลงในน้ำประปาเพื่อการฆ่าเชื้อโรคนั้นเป็นจุดวิกฤตจุดหนึ่งที่มีอันตรายเนื่องจากสารพิษที่เป็นสารอินทรีย์ที่แพลงก์ตอนพืชปล่อยออกมาจะทำปฏิกิริยากับคลอรีนทำให้เกิดสารพิษเช่น THMs (trihalomethanes) และ AOH (absorbable organic halogen) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งและก่อให้เกิดการกลายพันธุ์

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* พบว่าปัจจัยที่เด่นชัดคือ ระดับน้ำ ปริมาณน้ำและสารอาหารประเภทฟอสฟอรัส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Roberts (1994) ; Harrison and Platt (1986) ; Bronco and Senna (1994) โดยเมื่อปริมาณน้ำลดลง สารอาหารประเภทฟอสฟอรัสทั้ง SRP และฟอสฟอรัสรวมจะเพิ่มขึ้น อีกประการหนึ่งสารอาหารเหล่านี้ก็มาจากทางน้ำเข้าซึ่งผ่านพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งพดพาเอาปุ๋ยซึ่งเป็นสารอาหารเข้ามาในแหล่งน้ำด้วย และประการที่สำคัญซึ่งทางคณะผู้วิจัยพยายามตรวจสอบว่ามีการย่อยสลายของต้นไม้ซึ่งปล่อยทิ้งไว้ที่ก้นอ่างเก็บน้ำตั้งแต่มีการสร้างเขื่อนในระยะแรก ก็พบว่ามีกรย่อยสลายพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำเหล่านี้จริง โดยเปรียบเทียบกับบริเวณขอบอ่างเก็บน้ำและก้นอ่างเก็บน้ำแหล่งอื่นๆ ดังได้กล่าวมาแล้วในผลการทดลอง จึงอาจกล่าวได้ว่า

ปัจจัยเบื้องต้นและปัจจัยแวดล้อมของอ่างเก็บน้ำนี้มีผลให้เกิดการเพิ่มของปริมาณสารอาหารซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ปริมาณน้ำลดลง

ความสัมพันธ์ของปริมาณฟอสฟอรัสกับ *M. aeruginosa* มีผู้ศึกษาไว้หลายคนเช่น Goldman and Horne (1983) พบว่า *M. aeruginosa* สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้สูงกว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นๆ และเก็บสะสมไว้ในรูป polyphosphate ซึ่งจะนำมาใช้เมื่อขาดแคลน จึงมีความสามารถในการดำรงชีวิตในลักษณะเป็นแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นอยู่ได้เป็นระยะเวลานาน (Olsen, et al., 1989) อย่างไรก็ตามแม้ในสภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ *M. aeruginosa* ก็มีความสามารถในการเจริญเติบโตได้เนื่องจากสามารถนำฟอสฟอรัสที่กักแหล่งน้ำมาใช้ประโยชน์โดยใช้เอนไซม์ alkaline phosphatase โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะลดความสามารถลงเมื่อมีการเจริญเพิ่มขึ้น (Olsen, 1989)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกจากคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพแสดงออกชัดเจน ทั้งนี้เพราะอ่างเก็บน้ำแห่งนี้มีความลึกอยู่ในระดับที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำต่างๆ ซึ่งในประเทศไทยเรามีไม่มากนัก ส่วนใหญ่มักเป็นอ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่ จึงนับได้ว่าการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกนี้จะเป็นข้อมูลหรือแบบแผนสำหรับการศึกษาในแหล่งน้ำอื่นต่อไป สำหรับการเปลี่ยนแปลงตามระดับชั้นน้ำในแนวลึกของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและของ *M. aeruginosa* พบว่ามีปริมาณมากบริเวณผิวน้ำชั้นบนและลดลงในระดับที่ต่ำลงไป จึงนับได้ว่าเป็นโชคดีของการนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำนี้ไปผลิตน้ำประปา เพราะระดับน้ำที่จะสูบออกจากอ่างเก็บน้ำนี้ลึกประมาณ 10-12 เมตร ซึ่งมีปริมาณ *M. aeruginosa* และแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นๆ ไม่มากนัก นับว่าเป็นความเหมาะสมที่จะหลีกเลี่ยงการสูบน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ปะปนอยู่ด้วยลงไปได้มาก แม้ว่าความเป็นพิษจะปะปนอยู่ในน้ำแล้วก็ตาม กรณีนี้อาจมีปัญหาถ้าน้ำลดลงมากๆ แต่บริเวณที่สูบน้ำยังคงเดิม ซึ่งอาจจะตรงกับตำแหน่งที่แพลงก์ตอนพืชชนิดนี้เจริญ จึงมีผลให้สูบน้ำที่มี *Microcystis aeruginosa* ได้มาก ในกรณีนี้ถ้าสามารถเลื่อนระดับของท่อสูบน้ำในแนวชั้นลงได้ ก็น่าจะหลีกเลี่ยงการดูดเอาเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ไปได้มาก

สำหรับการศึกษาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มปริมาณของ *M. aeruginosa* ในงานวิจัยครั้งนี้พบ 64 % ของปริมาตรชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ซึ่งนับได้ว่าไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับงานที่มีผู้วิจัยอื่นๆ รายงานไว้ดังนี้ Zohary (1985) ได้ศึกษาที่อ่างเก็บน้ำของเขื่อน Hartbeespoort ประเทศอัฟริกาใต้ พบ 99 % Takamura, et al. (1984) ศึกษาในทะเลสาบ Kasumigaura ประเทศญี่ปุ่น พบ 80 % ส่วนงานวิจัยอื่นๆ ไม่ได้กล่าวถึงความมากมายเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด อย่างไรก็ตามในความคิดเห็นของคณะผู้วิจัยคาดว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้จะเจริญอยู่ในอ่างเก็บน้ำแห่งนี้เรื่อยๆ ไป โดยมีปริมาณมากบ้าง น้อยบ้างขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและปริมาณสารอาหาร การจะกำจัดให้หมดไปจากระบบในแหล่งน้ำเป็นการยาก เพราะแหล่งน้ำมีขนาดใหญ่ ควบคุมปริมาณสารอาหารที่จะเข้ามาในระบบได้ยาก และยังมีกร่อยสลายสารอาหารภายในอ่างเก็บน้ำอีกด้วย คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเบื้องต้นว่าการที่จะควบคุมปริมาณของ *M. aeruginosa* ไม่ให้เกิดมากได้หนทางหนึ่งก็คือ ต้องให้มี

ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงไว้เสมอ ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อระดับน้ำต่ำกว่า 35 เมตร หรือปริมาณน้ำต่ำกว่า 150,000,000 ลูกบาศก์เมตร ก็จะทำให้สารอาหารพวกฟอสฟอรัสสูงขึ้น และ *M. aeruginosa* จะเพิ่มปริมาณอย่างมากเสมอ อย่างไรก็ตามการวิจัยเรื่องนี้ได้กระทำในช่วงเวลา 2 ปีเท่านั้นอาจจะมีปัจจัยอื่น ๆ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้อีกก็เป็นได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่จะต้องศึกษาต่อไป

สำหรับการศึกษาแพลงก์ตอนพืชโดยทั่วไป พบแพลงก์ตอนพืช 122 ชนิด ซึ่งนับได้ว่าเป็นปริมาณปานกลางสำหรับการศึกษาแหล่งน้ำจืดผิวดิน ส่วนใหญ่เป็นประเภทที่พบได้โดยทั่วไป (cosmopolitan species) มีบางส่วนที่พบเฉพาะในเขตร้อน (tropical species) และบางส่วนพบในเขตอบอุ่นที่ค่อนข้างร้อนและเขตร้อน (warm temperate and tropical species) ผลจากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชนี้ทำให้ทราบถึงความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำนี้เพิ่มขึ้นอีกด้วย สำหรับการนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำพบชนิดเดียวคือ *M. aeruginosa* ซึ่งเป็นชนิดเด่นตลอดการวิจัยและใช้บ่งชี้สภาพของน้ำที่เป็น eutrophic reservoir ข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลสะสมในการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำต่อไปทั้งในประเทศไทยและเขตร้อนโดยรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้พบว่า โดยทั่วไปคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง เมื่อแบ่งตามมาตรฐานคุณภาพน้ำจืดผิวดิน อยู่ในประเภท 2-3 เหมาะที่จะนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปก่อน แต่ถ้าจัดตามระดับสารอาหารจัดอยู่ในประเภท mesotrophic จนถึง eutrophic reservoir การเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช *Microcystis aeruginosa* Kutz. ซึ่งสร้างสารพิษ ไมโครซิสติน ประเภท endotoxin ตลอดจนการวิจัย จะเป็นอุปสรรคในการนำน้ำมาผลิตน้ำประปา กับทั้งต้องระมัดระวังการบริโภคสัตว์น้ำในแหล่งน้ำด้วย การเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* มีความสัมพันธ์ในเชิงลบหรือผกผันกับระดับน้ำและปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำซึ่งจะโยงมาถึงความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณสารอาหารประเภทฟอสฟอรัสทั้ง soluble reactive phosphorus และ ฟอสฟอรัสรวม ซึ่งปริมาณสารอาหารเหล่านี้ได้มาจากทางน้ำเข้าและการย่อยสลายภายในตัวอ่างเก็บน้ำ การเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ

ทางด้านการศึกษาแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด 122 ชนิด กลุ่มที่พบจำนวนมากที่สุดคือ Chlorophyceae (35%) รองลงมาคือ Zygnemaphyceae (20%), Diatomophyceae (14%) , Cyanophyceae (9%) , Euglenophyceae (9%) , Cryptophyceae (6%) , Dinophyceae (5%) และ Xanthophyceae (2%) ตามลำดับ ชนิดที่เด่นก็คือ *Microcystis aeruginosa* Kutz. ซึ่งเป็นชนิดที่สามารถใช้เป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำประเภท eutrophic status แพลงก์ตอนพืชที่พบส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่พบได้ทั่วไป มีบางชนิดที่พบเฉพาะในเขตร้อนและบางชนิดที่พบในเขตอบอุ่นค่อนข้างร้อนและเขตร้อน

ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารพิษในน้ำขณะที่เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* ว่า ช่วงใดหรือปริมาตรน้ำขนาดใดที่จะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นงานวิจัยต่อไปถ้าจะมีการศึกษาในอ่างเก็บน้ำแห่งนี้สมควรที่จะมีการศึกษาในเรื่องดังกล่าวให้แน่ชัด เพราะบางครั้งการเพิ่มปริมาณอย่างประปราย อาจยังไม่ถึงกับจะเป็นพิษต่อผู้บริโภคทั้งด้านการนำมาผลิตน้ำประปาและสัตว์น้ำที่บริโภคแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ เพียงแต่ต้องระมัดระวังไว้เท่านั้นก็อาจเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามมีรายงานของ Harada (1996) กล่าวว่าในประเทศออสเตรเลียมีมาตรฐานการยอมรับว่าน้ำนั้นจะไม่เป็นอันตราย ถ้ามีจำนวนเซลล์ของ *Microcystis* spp. ไม่มากกว่า 15,000 เซลล์ในน้ำ 1 มิลลิลิตร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้พบว่าในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะพบแพลงก์ตอนพืชชนิดนี้ทั้งมีค่าสูงและต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ได้กล่าวมาแล้ว

2. จากงานวิจัยนี้มีข้อเสนอว่า ในอ่างเก็บน้ำควรจะรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้สูงกว่า 35 เมตร หรือมีปริมาตรน้ำสูงกว่า 150,000,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสไม่สูง การเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* ก็จะเป็นไปได้ยากขึ้น

3. ควรมีการวิจัยวิธีป้องกันไม่ให้เกิดการเพิ่มปริมาณของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการเพิ่มปริมาณอย่างมากของ *M. aeruginosa* อาจจะกระทำได้โดยลดปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณทางน้ำเข้าหรือภายในตัวอ่างเก็บน้ำ หรืออาจจะเป็นวิธีอื่นๆ ซึ่งจะต้องไม่ก่อให้เกิดมลพิษอื่นๆตามมา

4. ในช่วงที่มีการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชนี้ควรจะมีการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนบริเวณอ่างเก็บน้ำได้ระมัดระวังการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และการบริโภคสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำนี้มากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

บรรณานุกรม

- กาญจนภานันท์ ลีวโนมนต์. 2527. สาทรราย . คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร.
- ตรัย เป็กทอง. 2539. คุณภาพน้ำ การกระจายของแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียในอ่างเก็บน้ำ
2 แหล่งของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เชียงใหม่.
ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธเนศ วงศ์ยะรา. 2539 . ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคูเมือง เชียงใหม่
ปี 2538. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธีรพล ภูคาสวรรค์. 2530 . การประเมินสถานการณ์สารอาหารในน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล
โดยวิธีเคมีวิเคราะห์และสาหร่ายวิเคราะห์. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นพรัตน์ ฤชาและยุวดี พีรพรพิศาล. 2528. การสำรวจสาหร่ายในกว๊านพะเยา. เอกสารการประชุม
ทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11 , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .
- นารี อุตตะมะโยธินและยุวดี พีรพรพิศาล. 2529. การสำรวจสาหร่ายในคูเมืองเชียงใหม่ โดยใช้ตาข่าย
แพลงก์ตอน. เอกสารการประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 12 , มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- นันทนา คชเสนี. 2539. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาหน้าจืด . สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537). 2537. มาตรฐานคุณภาพ
แหล่งน้ำ. ฝ่ายแหล่งน้ำจืดและฝ่ายแหล่งน้ำทะเล กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง
ประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.
- ประเสริฐ ไวยะกา. 2539 . คุณภาพทางชีวภาพของน้ำและการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืช
ในอ่างเก็บน้ำของสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดเชียงใหม่. ปัญหาพิเศษ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปรัชญา ชะอุ่มผล. 2539. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและสารอาหารบางชนิดในอ่าง
เก็บน้ำห้วยตึงเฒ่า เชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พจนีย์ ศรีสุวรรณและยุวดี พีรพรพิศาล . 2536. ความสัมพันธ์ของสารอาหารต่อการกระจายของ
แพลงก์ตอนพืชและผลผลิตเบื้องต้นในอ่างเก็บน้ำบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. เอกสารการประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย ครั้งที่ 18 , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.
- ยุวดี พีรพรพิศาล และสาคร พรหมชาติแก้ว. 2537. คุณภาพน้ำและการเจริญของแพลงก์ตอนพืชบาง
ฤดูกาล ในอ่างเก็บน้ำสำนักงานเกษตรภาคเหนือ เชียงใหม่. ศูนย์วิจัยน้ำ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุวดี พีรพรพิศาล. 2538. สาทรราย: ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
สาหร่ายสีเขียว. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- ยุวดี พิรพรพิศาลและจมาภรณ์ นีวาสะบุตร. 2538. คู่มือปฏิบัติการสาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุวดี พิรพรพิศาล, จมาภรณ์ นีวาสะบุตร และสาคร พรหมชาติแก้ว. 2538 . การศึกษาเบื้องต้นทางด้านผลกระทบในการผันน้ำเมย-สาละวินลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา. เอกสารรายงานผลการศึกษาของบริษัทปัญญา คอนซิลแตนท์ ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมสภาวะแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร.
- สุนันท์ คล่องดี. 2534 . ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำของการประปาเชียงราย .การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อภารัตน์ มหาจันทร์. 2539. สารพิษจากสาหร่ายในแหล่งน้ำ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11 (1): 39-53.
- Akter, N. 1995. **Water Quality Monitoring of Chiang Mai Moat.** The Thesis of Master Degree in Environmental Risk Assessment for Trophic Ecosystem, Biology Department, Faculty of Science, Chiang Mai University.
- Anderson, R.J. ; H.A. Luu ; D. Z. X. Chen ; C. F. B. Holmes ; M. L. Kent ; L. LeBlanc ; F. J. R. Taylor and D. E. Williams. 1993. **Chemical and Biological Evidence Links Microcystins to Salmon “Netpen Liver Disease”.** *Toxicon*. 31(10): 1315-1323.
- APHA, AWWA and WPCF. 1992. **Standard Method for Examination of Water and Waste Water.** American Public Health Association . Washington DC.
- Barilay- Watts, T. 1998. **Biological Indicators of Water Quality.** Proceeding of 5th WRC Workshop on Sampling and Analytical Techniques in Environmental Monitors, 23-27 March 1998, Faculty of Science, Chiang Mai University.
- Berg, K. ; W.W. Carmichael ; O. M. Skulberg ; C. Benestad and B. Underdal .1987. **Investigation of a Toxic Water Bloom of *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) in Lake Akersvatn, Norway.** *Hydrobiol.* 144: 97-103.
- Bishop, C.T. ; E. F. L. J. Anet and P.R. Gorham. 1959. **Isolation and Identification of the Fast Death Factor in *Microcystis aeruginosa* NRC-1.** *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:453-464.
- Branco, C.W.C. and P.A.C. Senna. 1994,a. **Factors Influencing the Development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoa Reservoir, Brasilia, Brazil.** *Algological Studies* 75 : 85-96.

- Branco, C.W.C. and P.A.C. Senna. 1994, b. **Phytoplankton Composition, Community Structure and Seasonal Changes in a Tropical Reservoir (Paranoá Reservoir, Brazil)**. *Algological Studies* 81 : 69-84.
- Campbell, I. 1986. **Water Quality Management in Tropical Region : Water Quality Assessment**. Proceeding of the Asian- Australian Regional Training Course for Water Quality Management in Tropical Regions, Vol. 1, Chiang Mai, Thailand, 25 Jan- 10 July, 1986.
- Carmichael, W.W. 1992, a. **A Study Report on Planktonic Cyanobacteria (Blue-Green Algae) and their Toxins**. Rep. US. Environmental Protection Agency. Washington DC.
- Carmichael, W.W. 1995. Cyanobacterial toxins. Pp. 163-175 in Hallegraeff, G.M. ; D.M. Anderson ; A.D. Cembella, H.O. Enevoldsen (eds.). **Manual on Harmful Marine Microalgae**. Intergovernmental Oceanographic Commission, Unesco.
- Desikachary, T.V. 1959. **Cyanophyta**. Indian Council of Agricultural Research, New Dehi.
- Ganf, G.G. 1974. **Diurnal Mixing and the Vertical Distribution of Phytoplankton in A Shallow Equatorial Lake (Lake George, Uganda)**. *J. Ecol.* 62: 611-629.
- Ganf, G.G. 1982. **Influence of Added Nutrient on the Seasonal Variation of Algae Growth Potential of Mt Bold Reservoir, South Australia**. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 33: 475-490.
- Gerloff, G. C. and F. Skoog . 1957 . **Nitrogen as a Limiting Factor for the Growth of *Microcystis aeruginosa***. *Ecol.* 38 : 556-561.
- Goldman, C.R. and A.J. Horne. 1983. **Limnology**. McGraw Hill Book Company, New York.
- Harada, K. 1996. **Chemistry and Detection Microcystins**. Pp. 103-148 in Watanabe, M. F.; K. Harada; W. W. Carmichael and Fuliki, H. (eds.). **Toxic *Microcystis***. CRC Press. Inc. New York.
- Harrison, W. G. and T. Platt. 1986. **Photosynthesis Irradiance Regulationships in Polar and Temperate Phytoplankton Populations**. *Polar Biol.* 5 : 153-164.
- Hoppe, H. G.; K. D. Z. Gocke and R. Zimmermann . 1983. **Degradation of Macromolecular Organic Compounds in a Tropical Lagoon (Ciènaga Grande, Colombia) and its Ecological Significance**. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 68 : 811-824.
- Huber-Pestalozzi, G. 1938. **Das Phytoplankton des Süßwassers : Blaualgen, Bakterien, Pilze**. 1. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G. 1942. **Das Phytoplankton des Süßwassers: Diatomeen**, 2 . Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

- Huber-Pestalozzi, G. 1955. **Das Phytoplankton des Süßwassers: Euglenophyceen**, 4. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G. 1968. **Das Phytoplankton des Süßwassers : Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae**, 3. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G. 1983. **Das Phytoplankton des Süßwassers : Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung Chlorococcales**, 7. Teil. 1. Hälfte E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Hynes, H.B.N. 1970. **The Ecology of Running Waters**. University of Toronto Press, Toronto.
- Ishibashi, Y. 1997. **Water Supply Technology: Algae Bloom and its Control in Water Supply**. Asian Institute of Technology. Bangkok.
- Lorraine, L. J. and R. A. Vollenweider. 1981. **Summary Report**. The OECD Cooperative Programme on Eutrophication. National Water Research Institute, Burlington.
- Liu, C.J. and S. K. Tseng . 1996 . **Impact of Eutrophication by *Microcystis aeruginosa* on Water Quality**. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A)*. 20(1) : 123-130.
- Meijer, M.L. and van der Honing .1986. **Drijfvlagen van Blauwalgen in Het Brielse Meer**. *Hydrobiol.* 19(5) : 90-94.
- Miura, G. A. ; N. A. Robinson ; W. B. Lawrence and J. G. Pace. 1991. **Hepatotoxicity of Microcystin-LR in Fed and Fasted Rats**. *Toxicon*. 29 : 337-346.
- Nusch, E.A.E. 1980. **Comparison of Different Methods for Chlorophyll and Phaeopigment Determination**. *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.* 14 : 14-36.
- Ochumba, P.B. and D. I. Kibaara . 1989. **Observations on Blue-Green Algae Blooms in the Open Waters of Lake Victoria, Kenya**. *Afr. J. Ecol.* 27 : 23-34.
- Olsen, Y. 1989. **Evaluation of Competitive Ability of *Staurastrum luetkemullerii* (Chlorophyceae) and *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) Under P Limitation**. *J. Phycol.* 25 : 486-499.
- Peerapornpisal, Y. 1996. **Phytoplankton Seasonality and Limnology of the Three Reservoirs in the Huai Hong Khrai Royal Development Study Centre, Chiang Mai, Thailand**. Dissertation of the Ph.D. degree. Institute of Botany University of Innsbruck, Austria.
- Prescott, G.W. 1970. **How to Know the Freshwater Algae**. W.M.C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.

- Reynolds, C. S. ; G. H. M. Jaworski ; H. A. Cmiech and G. F. Leedale. 1981. On the Annual Cycle of the Blue-Green Alga *Microcystis aeruginosa* Kütz emend. Elenkin. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 293 : 419-477.
- Robarts, R.D. 1984 . Factors Controlling Primary Production in a Hypertrophic Lake (Hartbeespoort Dam, South Africa). *J. Plankton Res.* 6: 91-105.
- Robarts, R.D. and T. Zohary. 1987. Temperature Effects on the Photosynthesis Capacity, Respiration and Growth Rates of Bloom Forming Cyanobacteria. *N. Z. J. Mar. Freshwat. Res.* 21: 391-399.
- Rott, E. 1981. Some Results from Phytoplankton Counting Intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43(1) : 34-62.
- Round, F.E. 1973. *The Biology of the Algae*. Edward Arnold Limited, Great Britain.
- Strickland, J. D. H. and T.R. Parsons. 1968. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fish Res. Bd. Can., Ottawa.
- Takamura, N. ; M. Yasuno and K. Sugahara. 1984. Overwintering of *Microcystis aeruginosa* Kütz. in a Shallow Lake. *J. Plankton Res.* 6: 1019-1029.
- Thomas, R. H. and A.E. Walsby. 1986. The Effect of Temperature on Recovery of Buoyancy by *Microcystis*. *J. Gen. Microbiol.* 132: 1665-1672.
- Topachevskiy, A. V. ; L. P. Braginskiy and L. A. Sirenko. 1969. Massive Development of Blue-Green Algae as a Product of the Ecosystem of a Reservoir. *Hydrobiol.* 5(6): 1-10.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton Methodik. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 9 : 1-38.
- Watanabe, M.F. ; K. I. Harada ; W. W. Carmichael and H. Fujiki. 1996 . *Toxic Microcystis*. CRC Press, Inc., New York.
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. Saunders Collage Publishing, Philadelphia.
- Whitford, L. A. and G. J. Schumacher. 1969. *A Manual of the Freshwater Algae in North Carolina*. The North Carolina Agricultural Experiment Station, North Carolina.
- Yamagishi, H. and K. Aoyama . 1972. Ecological Studies on Dissolved Oxygen and Bloom of *Microcystis* in Lake Suwa . I Horizontal Distribution of Dissolved Oxygen in Relation to Drifting of *Microcystis* by Wind. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 38 :9-16.
- Yoshizawa, S.; R. Matsushima ; M. F. Watanabe ; K. I. Harada ; A. Ichihara ; W. W. Carmichael and H. Fujiki . 1990. Inhibition of Protein Phosphatases by Microcystin and Nodularia Associated with Hepatotoxicity. *J. Cancer. Res. Clin. Oncol.* 116: 609-620.

- Zohary, T. 1985. Hyperscums of the Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. in a Hypertrophic Lake (Hartbeespoort Dam, South Africa). *J. Plankton Res.*7: 399-409.
- Zohary, T. and R. D. Robarts. 1989. Diurnal Mixed Layers and the Long Term Dominance of *Microcystis aeruginosa*. *J. Plankton Res.* 11 : 25-48.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรา 32 (1) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่น ๆ ที่อยู่ในพื้นแผ่นดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดินเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติ โดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ
- (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- (3) การประมง
- (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ
- (2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

ปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

- (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการ
- (2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ตาราง 7 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ ¹	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท				
				1	2	3	4	5
1.	สี กลิ่นและรส		-	ช	ช	ช	ช	-
2.	อุณหภูมิ		°ซ	ช	ช	ช	ช	-
3.	ความเบี่ยงเบนต่าง (pH)		-	ช	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)	P 20	มก./ล.	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.	ช	> 5,000	> 20,000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Faecal Coliform Bacteria)	P 80	"	ช	> 1000	> 4000	-	-
8.	ไนเตรด (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ช	มีค่าไม่เกินกว่า		5.0	-
9.	แอมโมเนีย (NH ₃) 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*	-
16.	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)		"	ช	"	"	0.05**	-
17.	ตะกั่ว (Pb)		"	ช	"	"	0.05	-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	ช	"	"	0.05	-
19.	สารหนู (As)		"	ช	"	"	0.01	-
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)		"	ช	"	"	0.005	-
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)		เบคเคอเรล/ล.	ช	"	"	0.1	-
	- ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	ช	"	"	1.0	-
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีน ทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	ช	"	"	0.05	-

ตาราง 7 (ต่อ)

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ ^{1/}	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท				
				1	2	3	4	5
23.	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	๓	มีค่าไม่เกินกว่า	1.0	-	
24.	บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha BHC)			๓	"	0.02	-	
25.	ดีลด์ริน (Dieldrin)			๓	"	0.1	-	
26.	อัลดริน (Aldrin)			๓	"	0.1	-	
27.	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachor & Heptachlor epoxide)			๓	"	0.2	-	
28.	เอนดริน (Endrin)			๓	ไม่สามารถตรวจพบได้ ตามวิธีการ ตรวจสอบที่กำหนด			

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ

- 1/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2 - 4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติและแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า
- ๓ เป็นไปตามธรรมชาติ
- ๓/ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส
- * น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร
- ** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร
- < ไม่น้อยกว่า > ไม่มากกว่า
- ไม่ได้กำหนด
- °ซ องศาเซลเซียส
- P 20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทลที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
- P 80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทลที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
- มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร มล. = มิลลิลิตร
- MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ตาราง 8 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติสีน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ บางประการ แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นและแพลงก์ตอนพืชที่พบเห็นได้ทั่วไป ในชั้นน้ำระดับต่าง ๆ

GENERAL LAKE TROPHY	WATER CHARACTERISTICS	DOMINANT ALGAE	OTHER COMMONLY OCCURRING ALGAE
Oligotrophic	Slightly acidic; very low salinity	Desmids <i>Staurodesmus</i> , <i>Staurastrum</i>	<i>Sphaerocystis</i> , <i>Gloeocystis</i> , <i>Rhizosolenia</i> , <i>Tabellaria</i>
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes	Diatoms, especially, <i>Cyclotella</i> and <i>Tabellaria</i>	Some <i>Asterionella</i> spp., some <i>Melosira</i> spp., <i>Dinobryon</i>
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes or more productive lakes at seasons of nutrient reduction	Chrysophycean algae, especially <i>Dinobryon</i> , some <i>Mallomonas</i>	Other Chrysophyceans, e.g., <i>Synura</i> , <i>Uroglena</i> ; diatom <i>Tabellaria</i>
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes	Chlorococcal <i>Oocystis</i> or Chrysophycean <i>Botryococcus</i>	Oligotrophic diatoms
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; generally nutrient poor; common in shallow Arctic lakes	Dinoflagellates, especially some <i>Peridinium</i> and <i>Ceratium</i> spp.	Small chrysophytes, cryptophytes, and diatoms
Mesotrophic or Eutrophic	Neutral to slightly alkaline; annual dominants or in eutrophic lakes at certain seasons	Dinoflagellates, some <i>Peridinium</i> and <i>Ceratium</i> spp.	<i>Glenodinium</i> and many other algae
Eutrophic	Usually alkaline lakes with nutrient enrichment	Diatoms much of year, especially <i>Asterionella</i> spp., <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Synedra</i> , <i>Stephanodiscus</i> , and <i>Melosira granulata</i>	Many other algae, especially green and blue-greens during warmer periods of year; desmids if dissolved organic matter is fairly high
Eutrophic	Usually alkaline; nutrient enriched; common in warmer periods of temperature lakes or permanently in or in tropical lakes	Blue-green algae, especially <i>Anacystis</i> (= <i>Microcystis</i>), <i>Aphanizomenon</i> , <i>Anabaena</i>	Other blue-green; euglenophytes if organically enriched or polluted

(Wetzel, 1983)

ตาราง 9 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมกน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ บางประการ และกลุ่มของแพลงก์ตอนที่พบเป็นชนิดเด่นในชั้นน้ำระดับต่าง ๆ

TROPHIC TYPE	MEAN PRIMARY PRODUCTIVITY (mg C m ⁻² DAY ⁻¹)	PHYTO-PLANKTON DENSITY (cm ³ m ⁻³)	PHYTO-PLANKTON BIOMASS (mg C m ⁻³)	CHORO- PHYLL a (mg m ⁻³)	DOMINANT PHYTO-PLANKTON	LIGHT EXTINCTION COEFFICIENTS (ηm ⁻¹)	TOTAL ORGANIC CARBON (µg.l ⁻¹)	TOTAL P (µg.l ⁻¹)	TOTAL N (µg.l ⁻¹)	TOTAL INORGANIC SOLIDS (µg.l ⁻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			
Oligomesotrophic		1-3			Cryptophyceae Dinophyceae, Bacillariophyceae			5-10	250-600	10-200
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, Cyanophyceae	0.5-4.0	5-30			
Hypereutrophic		> 10			Chlorophyceae, Euglenophyceae			30->5000	500->15000	400-60000
Dystrophic	< 50-500		< 50-200	0.1-10		1.0-4.0	3-30	< 1-10	< 1-500	5-200

(Wetzel, 1983)

ตาราง 10 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง

Variable (Annual Mean Values)		Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Hyper-eutrophic
Total phosphorus mg./m. ³	\bar{X}	8.0	26.7	84.4	
	$X \pm 1$ SD	4.85 - 13.3	14.5 - 49	38 - 189	
	$X \pm 2$ SD	2.9 - 22.1	7.9 - 90.8	16.8 - 424	
	Range	3.0 - 17.7	10.9 - 95.6	16.2 - 386	750 - 1200
	n	21	19 (21)	71 (72)	2
Total nitrogen mg./m. ³	\bar{X}	661	753	1875	
	$X \pm 1$ SD	371 - 1180	485 - 1170	861 - 4081	
	$X \pm 2$ 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}	1.7	4.7	14.3	
	$X \pm 1$ SD	.8 - 3.4	3.0 - 7.4	6.7 - 31	
	$X \pm 2$ SD	.4 - 7.1	1.9 - 11.6	3.1 - 66	
	Range	0.3 - 4.5	3.0 - 11	2.7 - 78	100 - 150
	n	22	16 (17)	70 (72)	2
Chlorophyll a Peak Value mg./m. ³	\bar{X}	4.2	16.1	42.6	
	$X \pm 1$ SD	2.6 - 7.6	8.9 - 29	16.9 - 107	
	$X \pm 2$ 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}	9.9	4.2	2.45	
	$X \pm 1$ SD	5.9 - 16.5	2.4 - 7.4	1.5 - 4.0	
	$X \pm 2$ SD	3.6 - 27.5	1.4 - 13	.9 - 6.7	
	Range	5.4 - 28.3	1.5 - 8.1	.8 - 7.0	0.4 - 0.5
	n	13	20	70 (72)	2

\bar{X} = geometric mean

SD = standard deviation

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



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

