BRT 541057

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย และตะกอนดิน และความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542

วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตุลาคม 2544

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย และตะกอนดิน และความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542

วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร

วิทยานิพนธ์นี้ เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตุลาคม 2544

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย และตะกอนดิน และความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542

วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชโลบล วงศ์สวัสดิ์

.....กรรมการ
ดร. กนกพร กวีวัฒน์

22 ตุลาคม 2544

©ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาในการให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะ ข้อคิดเห็น และช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในทุกขั้นตอนของการวิจัย และจัดทำรูปเล่มให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชโลบล วงศ์สวัสดิ์ อาจารย์ ดร. กนกพร กวีวัฒน์ ที่ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ และให้ความรู้ คำแนะนำ ด้วยความเมตตา

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ Mr. Willium George Prewett และคุณมยุรี พุทธพรหม ห้องปฏิบัติการธรณีเคมี 1 ภาควิชาธรณีวิทยา ที่กรุณาให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตะกั่ว

ขอขอบพระคุณยิ่งต่อ คุณธำรงค์ ปรุงเกียรติ คุณจงกล พรมยะ คุณอินทิรา ปรุงเกียรติ คุณทวีเดช ไชยนาพงษ์ คุณพรศิริ ตู้ลารักษ์ คุณนันท์ชลี กิมภากรณ์ คุณคุณากร บุญใส คุณวนิดา เขมะนุเชษฐ์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และเป็นกำลังใจตลอดในการศึกษา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ คุณหัสดินทร์ โคทวี และคุณวินิรณี ทัศนะเทพ นักศึกษาปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ ที่ช่วยเหลือด้านแรงกาย และเป็นแรงใจในการทำงานศึกษาวิจัยนี้ จนสำเร็จเสร็จสิ้นด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณตาเริ่ม - คุณยาย บุญร่วม ทรงกิติพิศาล คุณพ่อพิทยา-คุณแม่ฉอ้อน ศิริรัตนวรางกูร และขอบคุณน้องๆ ทุกคน ที่ช่วยเหลือรับภาระในทุกด้าน และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเล่าเรียนจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ Dr. Steve Elliott ที่กรุณาตรวจทาน และแก้ไข บทคัดย่อภาษาอังกฤษให้ถูกต้องเป็นไปตามหลักไวยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT 541057

วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร

BRT 541057

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย และตะกอนดิน และความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำใน คลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542

ชื่อผู้เขียน นายวุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชโลบล วงศ์สวัสดิ์ กรรมการ
ดร. กนกพร กวีวัฒน์ กรรมการ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย รวมทั้งคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายและตะกอนดิน และนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ประกอบการพิจารณาประเมินคุณภาพน้ำของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง จาก 4 จุดเก็บตัวอย่าง เป็นเวลา 1 ปี พบสาหร่าย 36 genera 55 species ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา โดยแบ่งเป็น 5 division สาหร่ายที่พบเด่นได้แก่ Chlorophyta: *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus;* Cyanophyta: *Chroococcus*, *Merismopedia*, *Oscillatoria;* Chrysophyta: *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia;* Cryptophyta: *Cryptomonas*, *Chilomonas* และ Euglenophyta: *Euglena*, *Phacus* สำหรับการศึกษาคุณภาพน้ำได้ค่าพิสัยดังนี้ อุณหภูมิน้ำ 20.90-32.50^{0}C, ค่าการนำไฟฟ้า 196.00-957.00 µs/cm, pH 6.50-10.40, Hardness 30.00-65.00 mg/l as $CaCO_3$, DO 2.30-7.00 mg/l, BOD_5 4.00-15.00 mg/l, COD 32.00-1,088.00 mg/l ปริมาณตะกั่วในสาหร่าย 0.018-53.95 µg/g และ ตะกั่วในตะกอน 1.95-34.53 µg/g ซึ่งปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยึดเกาะ และในตะกอนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528) องค์ประกอบโดยเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชพบ division Cyanophyta มีมากที่สุด (47.97%) และdivision Cryptophyta มีน้อยที่สุด (7.68%) ส่วนสาหร่ายยึดเกาะ division Cyanophyta มีเปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบโดยเฉลี่ยมากที่สุด (48.22%) และdivision Cryptophyta มีน้อยที่สุด (1.12%) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าสาหร่ายยึดเกาะ division Cryptophyta มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยึดเกาะและตะกั่วในตะกอนมีความแตกต่างในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยังมีความแตกต่างในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่าสหสัมพันธ์ของสาหร่าย กับคุณภาพน้ำพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับคุณภาพน้ำทางเคมี และผลการศึกษาพบว่า *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* , *Cryptomonas*, *Euglena acus*, *E. geniculata*, *Phacus acuminata*, *Navicula* , *Nitzschia* , และ *Oscillatoria tenuis* สามารถใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวังมลภาวะในคลองแม่ข่า และจากการศึกษาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำของไทย ประเมินได้ว่าน้ำในคลองแม่ข่าจัดอยู่ในประเภทที่ 5 ซึ่งเหมาะสมเฉพาะการคมนาคมเท่านั้น

Thesis Title Biodiversity of Algae, Contamination of Lead in Algae and Sediment and Their Relation to Water Quality in Mae-Kha Canal, Chiang Mai Province, 1999

Author Mr. Wuttinun Sirirattanawarangkul

M.S. Biology

Examining Committee

Assistant Prof. Dr. Siripen Traichaiyaporn	Chairperson
Assistant Prof. Dr. Chalobol Wongsawad	Member
Dr. Kanokporn Kaweewat	Member

Abstract

This study quantified the diversity of phytoplankton and benthic algae. Water quality was assessed in terms of physicochemical parameters. Lead uptake by benthic algae and contamination of sediment were assessed and applied to assess the water quality of the Mae - Kha canal in Chiang Mai Province. Water and phytoplankton samples were collected at 4 sites, once a month, for one year. The algae composed of 36 genera 55 species from 5 divisions. The dominant genera were Chlorophyta: *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Senedesmus;* Cyanophyta: *Chroococcus, Merismopedia, Oscillatoria;* Chrysophyta: *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia;* Cryptophyta: *Cryptomonas*, *Chilomonas* and Euglenophyta: *Euglena, Phacus*. Some physicochemical parameters were studied : water temperature 20.90-32.50 °c, EC 196.00-957.00 µs/cm, TSS 0.08-8.20 mg/l, pH 6.50-10.40, Hardness 30.00-65.00 mg/l as $CaCO_3$, DO 2.30 –7.00 mg/l, BOD_5 4.00-15.00 mg/l, COD 32.00-1,088.00 mg/l, lead concentration in benthic algae 0.018-53.95 µg/g and lead contamination in the sediments ranged from 1.95 to 34.53 µg/g., lead contamination in benthic algae and lead in sediments exceeded

the standard specified in the (Draft) sewage manufacture standards of Ministry of Manufacturing (2525), and water quality of surface water standard, (National Environmental Committee Office, 2528). Phytoplankton had the highest average algal composition in the division Cyanophyta (47.97%) and the lowest was Cryptophyta (7.68%). Benthic algae contributed most to the average algal composition (48.22%) and the division Cryptophyta contributed least (1.12%). Statistical analysis showed that the algae composition present in the division Cryptophyta and lead concentration in the sediment different significantly among months (ANOVA, $p < 0.05$). Lead concentration in benthic algae different significantly among months and sample stations (ANOVA, $p < 0.05$). Species richness of phytoplankton and benthic algae were not correlated with water quality. From this study, *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* sp, *Cryptomonas* spp, *Euglena acus*, *E. geniculata*, *Phacus acuminata*, *Nitzschia* spp, *Oscillatoria tenuis* are recommended for biomonitoring of water pollution in the Mae-Kha canal. According to standard water quality criteria of Thailand, the Mae-Kha canal, at the time of study was in class 5 for navigation.

สารบาญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ค
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
Abstract		จ
สารบาญ		ช
สารบาญตาราง		ฎ
สารบาญภาพ		ฐ
บทที่ 1 บทนำ		1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร		3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย		13
บทที่ 4 ผลการศึกษา		19
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลของการศึกษา และข้อเสนอแนะ		45
เอกสารอ้างอิง		50
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	56
	การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายและตะกอน	59
ภาคผนวก ข	ตาราง 1 แพลงก์ตอนพืชที่พบในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	62
	ตาราง 2 สาหร่ายยึดเกาะที่พบในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	64
	ตาราง 3 จำนวน species ของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะ ในแต่ละเดือน ในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	66
	ตาราง 4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	67

	ตาราง 5 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	68
	ตาราง 6 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	69
	ตาราง 7 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	70
ภาคผนวก ค	ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	72
	ตาราง 9 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	73
ภาคผนวก ง	ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Rang Test (DMRT) ของสาหร่ายยึดเกาะ และคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	75
	ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Rang Test (DMRT) ของสาหร่ายยึดเกาะ และคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	76
	ตาราง 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายยึดเกาะ และคุณภาพน้ำของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	77
ภาคผนวก จ	ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	79
	ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	80

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542) 81

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542) 82

ตาราง 17 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีบางประการ 83

ประวัติผู้เขียน 86

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แพลงก์ตอนพืชที่พบในคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	62
2	สาหร่ายยึดเกาะที่พบในคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	64
3	จำนวน species ของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือนในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	66
4	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	67
5	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	68
6	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	69
7	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	70
8	ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	72
9	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	73
10	ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายยึดเกาะและคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	75
11	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ของสาหร่ายยึดเกาะและคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)	76

12	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายยึดเกาะ และคุณภาพน้ำของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	77
13	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในแต่ละเดือน ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	79
14	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	80
15	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะ ในแต่ละเดือน ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	81
16	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของแพลงก์ตอนพืช และ สาหร่ายยึดเกาะ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)	82
17	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ	83

สารบาญภาพ

รูป		หน้า
1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่		15
2 จุดเก็บตัวอย่าง	1. สนามกีฬา	16
	2. สะพานศรีดอนไชย	
	3. สถานีสูบน้ำเสียหมายเลขที่ 5	
	4. บริเวณถนนอ้อมเมือง	
3 สาหร่าย division Chlorophyta		20
4 สาหร่าย division Cyanophyta		22
5 สาหร่าย division Chrysophyta		24
6 สาหร่าย division Cryptophyta		26
7 สาหร่าย division Euglenophyta		27
8 จำนวน species ของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือน ในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)		29
9 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)		31
10 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)		32
11 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)		33
12 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)		35
13 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)		36
14 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)		38

15 อุณหภูมิน้ำ (^{0}c) ความลึกของน้ำ (M) และค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg/l) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542) 39

16 ค่าความกระด้าง (mg/l as $CaCO_3$), ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (µs/cm) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542) 41

17 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l), ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (mg/l) และ ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (mg/l) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542) 42

18 ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยึดเกาะ (µg/g) และดินตะกอน (µg/g) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542) 43

บทที่ 1
บทนำ

คลองแม่ข่าเป็นคลองที่มีขนาดเล็กรับน้ำมาจาก 2 ลำน้ำ ได้แก่ ลำน้ำแม่หยวก และลำน้ำห้วยช่างเคี่ยน ไหลมารวมกัน มีระยะทางยาว 19.3 กิโลเมตร ไหลผ่านตัวเมืองเชียงใหม่ ผ่านชุมชน โรงพยาบาล โรงแรม ตลาด น้ำจากคลองแม่ข่าไหลลงสู่แม่น้ำปิงทางทิศใต้ และในอดีตคลองแม่ข่าเป็นคลองที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นหนึ่งในเจ็ดไชยปราการของเมืองเชียงใหม่ ปัจจุบันคลองแม่ข่าเปรียบเสมือนรางระบายน้ำโสโครกกลางเมืองโดยมีแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่สองฝั่งคลอง เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาการใช้ทรัพยากรกันมากขึ้น และไม่มีวิธีการบำบัดของเสียที่ปล่อยออกมากสู่สิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำจึงได้รับผลกระทบโดยเกิดมลภาวะ แหล่งน้ำมีกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่ดี และยังเป็นแหล่งแพร่ขยายของเชื้อโรค ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพตามมา ได้มีความพยายามในการใช้สิ่งมีชีวิตมาช่วยในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ (biomonitoring) เช่นการใช้สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) สามารถสร้างอาหารเองได้ (autotrophic organism) และการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีเพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำ (bioindicator) ควบคู่กับการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจกันมากขึ้น ซึ่งมีสาหร่ายหลายชนิดที่สามารถบ่งชี้สภาพน้ำได้ดี เช่น *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Oscillatoria*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Phacus*, *Cryptomonas* และ *Euglena* เป็นต้น Palmer *et al.* (1977) ได้มีรายงานว่า สาหร่ายสกุล *Euglena*, *Oscillatoria* สามารถทนต่อน้ำเสียจากสารอินทรีย์ได้สูง และยังพบว่า สาหร่ายสกุล *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Trachelomonas* สามารถใช้เป็นดัชนีชีวภาพของน้ำที่มีสารอินทรีย์สูง (Presscott, 1951) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีชีวภาพ ควบคู่กับการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ควรให้ความสำคัญ ผลที่คาดว่าจะได้รับคือสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการประเมินมลภาวะของคลองแม่ข่า และเพื่อการปรับปรุงดูแลรักษาในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายพวกแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และสาหร่ายยึดเกาะ (benthic algae)
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ
3. วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในสาหร่ายและตะกอนดิน
4. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ประกอบการพิจารณาประเมินคุณภาพน้ำของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย (Biodiversity of algae)

มีรายงานการศึกษาแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะในคลองแม่ข่า พ.ศ. 2541 พบสาหร่ายที่จัดอยู่ในกลุ่มโปรโตซัว จำนวน 5 division คือ division Chlorophyta ได้แก่ *Chlamydomonas* sp., *Entosiphon ovatum*, *Gonium pactorale*, *Pandorina morum*, *Spondylomorum quaternarium*, division Euglenophyta ได้แก่ *Anisonema acinus*, *Euglena* spp., *Heteronema acus*, *Phacus* spp., *Paranema trichophorum*, *Trachelomonas* spp., division Pyrrhophyta ได้แก่ *Gymnodinium aeruginosum* division Chrysophyta ได้แก่ *Synura uvella* และ division Cryptophyta ได้แก่ *Chilomonas paramesium* (อินทิรา, 2542) การสำรวจสาหร่ายในคลองแม่ข่าระหว่างธันวาคม 2541-กุมภาพันธ์ 2542 จาก 5 division ได้แก่ division Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Cryptophyta และ Euglenophyta พบว่า *Oscillatoria* เป็น dominant species ทั้งในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และสาหร่ายยึดเกาะ (benthic algae) ตลอดทั้งระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดย *Euglena* และ *Navicula* มีปริมาณมากรองลงมาในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะ ตามลำดับ (วุฒินันท์ และศิริเพ็ญ, 2542)

จากผลการสำรวจแพลงก์ตอนพืชในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ผ่านการบำบัดแล้วระดับหนึ่ง แต่ยังปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณสูง พบแพลงก์ตอนพืช 4 division ได้แก่ Cyanophyta , Chlorophyta , Euglenophyta และ Bacillariophyta โดยมี *Oscillatoria* และ *Chlorella* เป็นจำนวนมากที่สุด (Traichaiyaporn and Liangkrilas, 1997) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในเมืองเชียงใหม่ ของห้วยแม่หยวก อ่างแก้ว และคูเมืองเชียงใหม่ พบแพลงก์ตอนพืช 6 division ได้แก่ Chlorophyta , Chrysophyta, Cryptophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, และ Pyrrophyta โดยแพลงก์ตอนพืชที่มีแนวโน้มในการใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำเสียได้แก่ *Cryptomonas*, *Chlorococcum*, *Chlorella*, *Closterium*, *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus* และ *Cyclotella* (ธเนศ, 2539; Mapairoj *et al.* 1998 ; Traichaiyaporn and Boonsai, 1998) นอกจากนี้ Presscott (1951) และ Palmer *et al.* (1977) ที่กล่าวว่า สาหร่าย *Euglena acus* สามารถทนต่อสภาวะน้ำเสียได้สูงสุด และรองลงมาคือ *Oscillatoria calybea* ส่วน *Nitzschia acicularis*, *Navicula cryptocephala*,

Phacus pyrum, Melosira granulata, Cyclotella maneghiana, Closterium acerosum, Anabaena constricta เป็นสกุลที่ทนต่อสภาวะน้ำเสียได้เป็นอันดับรองลงมา

สำหรับแพลงก์ตอนพืชที่มีแนวโน้มเพื่อเป็นดัชนีชีวภาพของน้ำที่มีอินทรียสารสูงได้แก่ *Ankistrodesmus, Chlamydomonas, Chlorella, Euglena, Navicula, Nitzschia, Oscillatoria, Phacus, Scenedesmus, Synedra* และ *Trachelomonas* ถ้าแหล่งน้ำใดมีองค์ประกอบของสาหร่ายสีเขียว โดยเฉพาะชนิดที่เป็นเส้นสายปนอยู่กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยมีจำนวนสกุลน้อย แต่มีปริมาณของแต่ละสกุลมากหรือเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (bloom) หมายความว่า สภาวะของแหล่งน้ำนั้นเป็นสภาวะน้ำเสีย Patrick (1977)

ในขณะที่ Antoine (1983) ได้ทำการสังเกตการณ์ทางชลธีวิทยา ในเรื่องปัจจัยทางกายภาพและเคมี กำลังการผลิตเบื้องต้น คลอโรฟิลล์ เอ และประชากรของแพลงก์ตอนพืชในคลอง Rabat ที่มีมลภาวะและผลกระทบต่อ Shatt al-Arab River Basrah ในประเทศอิรักในเดือนกรกฎาคม ค.ศ.1977 ถึงเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1978 ซึ่งของเสียต่างๆและของเสียจากอุตสาหกรรมได้ไหลเข้าในคลอง ทำให้มีผลต่อน้ำในคลองและบริเวณที่ทำการศึกษา พบสาหร่าย 164 taxa ซึ่งแบ่งเป็น Bacillariophyta 93 taxa, Chlorophyta 39 taxa, Myxophyta 19 taxa, Pyrrophyta 5 taxa, Euglenophyta 5 taxa, Chrysophyta 2 taxa และ Rhodophyta 1 taxa

และนอกจากนี้ Massoud *et al.* (1983) ทำการศึกษาผลกระทบของมลภาวะต่อแพลงก์ตอนพืชในคลอง Ashar ในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ค.ศ. 1976 น้ำมีอุณหภูมิสูงในเดือนมิถุนายนและขุ่นมาก เนื่องมาจากการผสมกันกับแพลงก์ตอนพืชใน Shatt al-Arab estury และมีน้ำเสีย และน้ำท่วมในเดือนมิถุนายนทำให้ของเสียต่างๆปนเปื้อนลงในคลอง ทำให้ค่า DO ต่ำลง โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ ในเดือนมิถุนายน รวมกับการที่น้ำมีอุณหภูมิสูง ค่า pH โดยทั่วไปสูงกว่าใน estury ซึ่งในเดือนมิถุนายน จะสูงกว่าเดือนมีนาคม พบสาหร่าย 86 taxa และพบ ไดอะตอม 45 taxa จะพบแพลงก์ตอนพืชมากในเดือนมีนาคม จากความขุ่นของน้ำ อุณหภูมิที่สูง รวมทั้งการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ทำให้พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหนาแน่นในเดือนมิถุนายน สำหรับสาหร่าย division Chrysophyta ซึ่งพบมากในปากแม่น้ำ ในเดือนมีนาคมและไม่พบเลยในเดือนมิถุนายน แพลงก์ตอนพืชที่พบในคลอง Ashar มีความแตกต่างกันใน 2 ฤดู ประการหนึ่งมาจากความสกปรกของของเสียในครัวเรือนและของเสียจากการเกษตรกรรม ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างกันในแต่ละฤดูที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ของเสียจากการเกษตร จะทำให้สาหร่ายกลุ่มอื่นพบเป็นชนิดเด่นกว่า ไดอะตอม อันเกิดจากการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ในคลอง จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ Myxophyta ในเดือนมิถุนายน นอกจากนี้การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของ *Chlamydomonas* sp และ *Euglena acus* ทำให้จะพบความหนาแน่นมากขึ้นในเดือนมีนาคมบริเวณสถานีที่ 2 และ4

Palmer *et al.* (1977) กล่าวว่าสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำสะอาดได้แก่ *Phormidium inundatum, Cladophora glomerata, Cyclotella botanica, Cymbella cesati, Navicula gracilis, Nitzschia linearis* และ *Euglena ehrenbergii* และ *Phacus longicauda* ตามลำดับ

คุณภาพน้ำบางประการ

สีของน้ำ (Colour)

สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงจากสารแขวนลอยในน้ำ พื้นท้องน้ำ และจากท้องฟ้า ส่วนสีจริงเกิดจากสารละลายต่างๆ โดยอาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและธาตุอาหารพืชหรือสารอนินทรีย์เช่น แร่ธาตุต่างๆ สีของน้ำอาจเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปน้ำที่มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล มักมีความอุดมสมบูรณ์และกำลังผลิตสูง เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่มาก ส่วนแหล่งน้ำที่มีสีค่อนข้างเขียวไปจนถึงสีน้ำเงินจะมีกำลังผลิตต่ำ เนื่องจาก มีสารอินทรีย์น้อย ซึ่งไม่ได้พิจารณาเกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และสารอินทรีย์ อาทิเช่น ไดอะตอม (diatom) ทำให้น้ำมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue - green algae) ทำให้น้ำมีสีเขียวเข้ม แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) มักจะทำให้น้ำมีสีแดง (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

อุณหภูมิ (Temperature)

ในประเทศไทยอุณหภูมิของน้ำ จะผันแปรอยู่ในช่วง 23 - 32 ^{0}C ซึ่งจะมีค่าต่ำลงหรือสูงขึ้นขึ้นอยู่กับเวลากลางวันและกลางคืนแล้วแต่ปริมาณแสงที่ได้รับและฤดูกาล และอุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ และระดับความเป็นพิษของสารพิษหลายชนิด อุณหภูมิ 20-29^{0}C และ pH 6.0-7.5 เป็นสภาพที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายหลายชนิด (กุศยา, 2529; เปี่ยมศักดิ์, 2539 ; Smith, 1950) จากผลการศึกษาในคลองแม่ข่าพบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่า 18.5-33.1^{0}C (นิวัตร, 2540 ; อินทิรา, 2542) สำหรับคูเมืองเชียงใหม่ อุณหภูมิน้ำ 19.5-34.5 ^{0}C (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

สารแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid ; TSS)

ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่าน้ำมีสารแขวนลอย (suspended matter) อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะขัดขวางไม่ให้แสงสว่างส่องลงไปในน้ำได้ลึก โดยสารเหล่านี้จะสะท้อนหรือดูดซับเอาแสงไว้ สารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดซึมหรือสะท้อนแสงต่างกัน ดังนั้นระดับความขุ่นของน้ำจึงไม่จำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของสารแขวนลอยในน้ำ เพราะสารแขวนลอยมีหลาย

ชนิด และมีคุณสมบัติต่างกัน แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรจะมีค่า TSS 25-80 mg/l แต่ถ้าอยู่ในช่วง 80-400 mg/l จะให้ผลผลิตที่ลดลงและถ้ามากเกิน 400 mg/l ขึ้นไป จะเลี้ยงปลาไม่ได้ผล (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity ; EC)

ความนำไฟฟ้าของน้ำ (EC) หมายถึง ความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า ตัวการที่เป็นสื่อในการนำไฟฟ้าในน้ำ คือ อิออน (ion) ของสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆ (inorganic substances) เช่น กรดอนินทรีย์ ด่าง และเกลือ สารเหล่านี้เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้อิออน ซึ่งจะแตกต่างจากสารประกอบอินทรีย์ (organic substances) โดยสารเหล่านี้จะไม่แตกตัวให้อิออนในน้ำ จึงไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ดังนั้น EC ของน้ำจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของสารประกอบอนินทรีย์ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการแตกตัวเป็นอิออนของสารต่างๆ ทำให้ EC เปลี่ยนแปลงไป เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น EC ของน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในการวัด EC จึงต้องทราบถึงระดับอุณหภูมิของน้ำในขณะนั้นด้วย และนอกจากนี้ค่า EC ยังมีความสัมพันธ์กับค่า TDS และค่าความเค็มของน้ำ (Salinity) โดยทั่วไปจะมี EC อยู่ในช่วง 150-300 µs/cm (หรือประมาณ 100-200 mg/l เมื่อคิดในรูปของTDS หรือ แต่ในบางแห่งก็อาจมีค่าสูงกว่านี้ถึง 5,000 µs/cm EC ของแม่น้ำจะแตกต่างกันไปตามระยะทาง โดยบริเวณต้นน้ำจะมี EC ต่ำ และค่อย ๆ มีระดับสูงขึ้นเมื่ออยู่ติดต่อกับทะเล ซึ่งการที่พบค่าความนำไฟฟ้าสูง อาจมาจากระยะทางที่กระแสน้ำพัดผ่าน และชะล้างนำสารแขวนลอยจากธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์สะสมเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ EC มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการบริโภค อุปโภค การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์และมีอิทธิพลต่อแหล่งน้ำอย่างสำคัญโดยสามารถทำให้โครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่วนชนิดและปริมาณความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ จะเป็นตัวชี้บอกคุณภาพทางเคมี และความสัมพันธ์ระหว่างดินกับน้ำซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของพืช และสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ หรือกำลังผลิตของแหล่งน้ำ ค่า TDS มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ 2 ประการ คือ ควบคุมขบวนการขับถ่าย และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำกับแพลงก์ตอนพืช ค่าสูงสุดของ TDS ที่เป็นขีดจำกัดต่อขบวนการขับถ่ายของปลาน้ำจืดอยู่ในช่วงระหว่าง 5,000-10,000 mg/l ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความสามารถในการปรับตัวตลอดจนความเคยชินของปลา (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) จากการศึกษาค่า EC ในคลองแม่ข่าพบมีค่า 280-920 µs/cm (อินทิรา, 2542) และผลการศึกษาในคูเมืองเชียงใหม่ มีค่า 10-670 µs /cm (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

คุณภาพน้ำทางเคมีบางประการ

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ pH เป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำ pH ที่สูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น เพราะการแทรกซึมของสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายนั้น ๆ อีกด้วย ระดับ pH ของน้ำผันแปรตามระดับ pH ของดิน และยังมีผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินประกอบด้วย นอกจากนี้อิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ และแพลงก์ตอนพืช ก็ยังสามารถทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528; เกษม, 2530) pH 6.0-7.5 จึงเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายหลายชนิด และสาหร่ายส่วนใหญ่จะสามารถทนทานต่อ pH ในช่วง 6.8-9.6 ได้ (อรัสสา, 2524 ; Smith, 1950) มีผลการศึกษาในคลองแม่ข่าพบว่า pH มีค่า 5.45-8.48 (นิวัตร, 2540 ; อินทิรา, 2542) และในคูเมืองเชียงใหม่พบว่า pH มีค่า 6.2-9.7 (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

ความกระด้างของน้ำ (Water hardness)

ความกระด้างของน้ำเกิดจากตะกอนแคทอิออนของโลหะแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะวัดออกมาเป็นปริมาณ calcium carbonate ($CaCO_3$) ความกระด้างของน้ำมีผลเสียต่อสุขภาพและมีข้อเสียในแง่เศรษฐกิจคือ ในการซักผ้าต้องใช้ปริมาณสบู่มากขึ้นจึงจะเกิดฟองและทำให้เกิดตะกอนในหม้อน้ำ ซึ่งจะทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น (วิจิตร และคณะ, 2533; ศิริเพ็ญ, 2543) ความกระด้างของน้ำยังช่วยลดมลพิษหลายชนิด เช่น พวกโลหะหนักต่าง ๆได้แก่ ปรอท ตะกั่วและแคดเมี่ยม ดังนั้นน้ำที่มีความกระด้างปานกลางหรือสูงประมาณ 50-250 mg/l มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ แต่น้ำอ่อนโดยเฉพาะน้ำฝนไม่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ประเทือง, 2534) สำหรับในคลองแม่ข่า พบค่าความกระด้างของน้ำมีค่า 47.16-195.06 mg/l as$CaCO_3$ (นิวัตร, 2540) และการสำรวจในคูเมือง มีค่า 26-116 mg/l as$CaCO_3$ (ธเนศ, 2539)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen ; DO)

ออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญต่อสัตว์น้ำทุกชนิดเพราะจำเป็นต้องใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อการหายใจ ซึ่งแหล่งของก๊าซออกซิเจนจากอากาศที่ละลายน้ำและการสังเคราะห์แสง ที่ความดันหนึ่ง ความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของเกลือแร่ที่ละลายในน้ำ ถ้าอุณหภูมิและเกลือแร่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ DO มีค่าต่ำลง สัตว์น้ำหลายชนิดโดยเฉพาะปลา

สามารถทนทานต่อการขาดออกซิเจนในระดับที่ต่ำได้ในระดับต่ำ 0.1-2.4 mg/l (ประมาณ, 2531; วิไลลักษณ์, 2540) การสังเคราะห์แสงและการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ธรรมชาติสามารถรักษาสมดุลของ DO อยู่ได้ แต่ถ้าการหายใจและการสังเคราะห์แสงที่ไม่สมดุลจะมีผลรบกวน ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ และทางเคมีที่เรียกว่ามลภาวะ (pollution) (มนูวดี, 2532 ; เปี่ยมศักดิ์, 2539) น้ำที่มีมลภาวะสูงจะมีค่า DO เป็นศูนย์หรือต่ำมากจนไม่อาจวัดได้ ปริมาณ DO ในแหล่งน้ำจะมากหรือน้อยกว่าปริมาณที่อิ่มตัว ขึ้นอยู่กับสภาวะของน้ำนั้น ถ้ามีการสังเคราะห์แสงมากจะมีปริมาณ DO สูง มีการละลายดีขึ้น แต่ถ้ามีการสลายตัวของสารอินทรีย์ทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำถูกใช้ไป ปริมาณ DO จะลดลง

วิกฤตการณ์การขาดออกซิเจนจะเกิดได้ โดยมีอิทธิพลมาจากสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำแห่งนั้น เช่น หลังจากเกิด algal bloom และมีการตายเกิดขึ้น หรือเนื่องมาจากการปล่อยน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม (ศิริเพ็ญ, 2543 ; Round, 1975) ผลการศึกษาคุณภาพของแหล่งน้ำในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า DO มีค่าอยู่ในช่วง 7.1 - 12.0 mg/l และแพลงก์ตอนพืชบางชนิด เช่น *Achnanthus minutissima* ต้องการ DO สูงในการดำรงชีวิตแต่บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มี DO ต่ำ เช่น *Navicula seminulum* และ *Nitzschia amphibia* ส่วนในน้ำที่มีมลพิษสูงมีปริมาณ DO ที่ละลายในน้ำต่ำมากจนไม่อาจวัดค่าได้ หรือมีค่าเป็นศูนย์อาจจะไม่พบแพลงก์ตอนพืชเลย พบว่ามีไดอะตอม เช่น *Nitzschia* sp และ *Pleurosigma* sp ซึ่งจะสร้างเมือกหุ้มตัวไว้ (ชาญณรงค์, 2532 ; Yano *et al.* 1984)

จากการตรวจวัดค่า DO ในคลองแม่ข่า มีค่า0.1-8.50 mg/l และ 0.2-2.6 mg/l (นิวัตร, 2540; อินทิรา, 2542) และผลการศึกษาในคูเมืองเชียงใหม่พบ DO มีค่า 1.0-17.6 mg/l และ 1.53-26.56 mg/l (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD)

ค่า BOD เป็นปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ กาซออกซิเจนในการดำรงชีวิต ค่า BOD จะบอกถึงความสกปรกของน้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ถ้ามีสิ่งโสโครกที่เป็นอินทรีย์สารมากก็จะทำให้มีการย่อยสลายมากขึ้น และออกซิเจนก็จะลดปริมาณลงไปมากด้วย (กรรณิการ์, 2522)

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2528) กำหนดค่า BOD ของแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค และบริโภคประเภทที่ 1-5 ดังนี้

แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมี BOD น้อยกว่า 1.5 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ต้องมี BOD ไม่มากกว่า 1.5 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ต้องมี BOD ไม่มากกว่า 2.0 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 4 ต้องมี BOD ไม่มากกว่า 4.0 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ต้องมี BOD มากกว่า 4.0 mg/l

จากผลการศึกษาในคลองแม่ข่าพบค่า BOD มีค่า 5.4-66.4 mg/l (นิวัตร, 2540) และปริมาณ BOD เฉลี่ยของน้ำคูเมืองเชียงใหม่ มีค่า 1.33-31.0 mg/l (ถาวร,2538 ; ธเนศ, 2539) และในบริเวณใกล้เคียงกับที่กำจัดขยะตำบลแม่เหียะ พบว่ามีค่า BOD 0.68-48 mg/l (วชิราภรณ์ และสังวาล, 2533)

ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand ; COD)

การวิเคราะห์หาค่า COD เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสีย ซึ่งเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดซ์สูงในสารละลายที่เป็นกรด สำหรับน้ำเสียต่างๆ มีค่า COD ไม่เท่ากัน เพราะส่วนประกอบของน้ำเสียไม่เหมือนกัน COD มักมีค่าสูงกว่า BOD เสมอ (มั่นสิน, 2540 ; ธงชัยและวิบูลย์ลักษณ์, 2540) ผลการศึกษาค่า COD ในคลองแม่ข่าพบ 14.1-104.4 mg/l (นิวัตร, 2540)

การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่ายและตะกอน

ตะกั่วเป็นธาตุชนิดหนึ่ง ในหมู่ที่ 4 ในตารางธาตุ ซึ่งได้ แก่ C, Si, Ge, Sn และ Pb ตะกั่วเป็นโลหะที่แท้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนและซิลิคอน (Moore and Ramamoorthy, 1984) แหล่งที่พบตะกั่วที่สำคัญ ได้แก่

1.ในดิน ตะกั่วที่พบในดินส่วนใหญ่มาจากยาฆ่าแมลงชนิดต่างๆในรูปของตะกั่วอาร์ซิเนต (lead arsenate)

2.ในอากาศ แหล่งกำเนิดของตะกั่วในบรรยากาศคือ ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินที่มีตะกั่วผสมในรูปของ lead alkylcompounds ซึ่งได้แก่ tetramethyl lead และ tetraethyl lead

3.ในน้ำ ตะกั่วที่พบในน้ำที่สำคัญที่สุด คือ กาลีนา (galena) หรือตะกั่วซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งอยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ แต่จะถูกออกซิไดซ์จากอากาศอย่างช้าๆ ทำให้ได้สารละลายของตะกั่ว

ซัลเฟต (lead sulfate) ซึ่งละลายน้ำได้ อีกทั้งยังพบว่าแร่ของ ธาตุโพแทสเซียม เช่น orthoclase ($KAlSi_3O_8$) mica ฯลฯ จะมีตะกั่วแทนที่โพแทสเซียมประมาณ 2-25 mg/l

4.โรงงานอุตสาหกรรม ระดับตะกั่วสูงสุดพบในบริเวณที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมจำนวนมากที่ต้องใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานถลุงแร่ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตสี ซึ่งพบว่าโรงงานถลุงแร่มีตะกั่วในอากาศในระดับ 10 $\mu g/m^3$ ในขณะที่บริเวณห่างไกลออกไป พบตะกั่วในอากาศ 0.000076 $\mu g/m^3$ (เปี่ยมศักดิ์, 2539)

ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในตะกอนดินในแม่น้ำบางประกง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในปี พ.ศ. 2520 มีค่า 15.92-131.98, 18.20-225.00, 11.93-150.00, 50.00-195.00 และ 14.03-84.51 $\mu g/g$ ตามลำดับ และปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเจ้าพระยาและในอ่าวไทยตอนบน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 63.79, 227.23, และ 59.76 $\mu g/g$ ตามลำดับ (Polprasert *et al.* 1979) ส่วนปริมาณตะกั่วในตะกอนที่ตรวจพบในดูเมืองเชียงใหม่ 32-235 mg/kg (ถาวร, 2538) จากการศึกษาในแม่น้ำ Leine ประเทศเยอรมันพบตะกั่วโดยเฉลี่ยในพืช 14 ชนิดมี 2-49 mg/kg ในขณะที่พืชน้ำที่เติบโต ในแหล่งน้ำที่มีมลพิษมีตะกั่วสูงถึง 16,000 mg/kg ส่วนทะเลสาบบางแห่งของประเทศอังกฤษ พบว่าในพืชน้ำมีปริมาณตะกั่วถึง 100,000 mg/kg ในช่วงฤดูร้อน ส่วนสาเหตุที่มีการเตือนภัยทางชีวภาพ (biomonitor) เนื่องจากแพลงก์ตอนมีการปนเปื้อนของตะกอนดินที่อยู่ก้นแหล่งน้ำ ในระหว่างฤดูหนาวและลอยปนอยู่ในน้ำ ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ เพราะบ่อยครั้งเห็นความสัมพันธ์กันระหว่างระดับตะกั่วในน้ำ และในเนื้อเยื่อพืชในชนิดเด่นๆ รวมทั้งสาหร่าย ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ *Erodia*, *Cladophlora* และ *Myriophylum* ในน้ำจืดและ *Fucus*, , *Laminaria* และ *Ascophylum* ในปากแม่น้ำเชื่อมต่อกับทะเล มีความหลากหลายในการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำ และพืช แต่ก็ยังมีการศึกษากันน้อยในเรื่องปฏิกิริยาของตะกอน และการปนเปื้อนของตะกั่วในเนื้อเยื่อพืช (กฤษณะ, 2527 ; Moore and Ramamoothy, 1984)

นอกจากนี้ Yang (1995) ใช้พืชลอยน้ำหลายชนิดเพื่อเฝ้าระวังและทำการประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักจากระบบนิเวศในแหล่งน้ำเมืองเชียงใหม่โดยศึกษาพบปริมาณ Cd, Cu, Pb และ Zn ในคลองแม่ข่า มีค่าสูงกว่าแม่น้ำปิงเพราะมีการแพร่กระจายโดยที่ไม่รู้แหล่งที่มาของโลหะหนักเหล่านี้ ตะกอนของโลหะเหล่านี้ สูงกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งมีปริมาณที่พบในหินแกรนิตโดยทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งเชียงใหม่ ค่าโลหะหนักนี้มีการปนเปื้อนในผักตบชวา มากกว่าในผักบุ้ง โลหะหนักในคลองแม่ข่าและแม่น้ำปิงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ของกระทรวงสาธารณสุขของไทย ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าน้ำในคลองแม่ข่าและแม่น้ำปิง ยังคงมีการปนเปื้อนของโลหะหนักอยู่ตลอด ส่วนQuynh (1997) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก (ตะกั่ว

และสังกะสี) ในดินบริเวณเหมือง ในอำเภอแม่แตง จ. เชียงใหม่ ทำการศึกษา โดยเก็บตัวอย่างดินที่อยู่รอบเหมืองคิดเป็นพื้นที่ 9 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของตะกั่วมีค่า 31-5,266 ppm ส่วนปริมาณของสังกะสีมีค่า 52-5,439 ppm โดยที่มากกว่า 50% ของตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณตะกั่วและสังกะสีสูงมากกว่า 100 ppm และบริเวณที่มีปริมาณตะกั่วและสังกะสีมากที่สุด (มากกว่า 1,000 ppm) คือบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ และชเนศ (2526) ศึกษาปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำธรรมชาติจากแหล่งน้ำต่างๆในตัวเมืองเชียงใหม่พบ 1.80-6.98 $\mu g/dm^3$ ในขณะที่นิภาภร (2537) ทำการหาปริมาณของตะกั่วในตะอย่างตะกอนท้องน้ำที่เก็บจากแม่น้ำปิงและน้ำแม่กลาง ในเดือนเมษายน สิงหาคมและธันวาคม พ.ศ. 2536 พบมีค่า 7.05-50.34 $\mu g/g$

มาตรฐานน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม พ.ศ. 2525 ได้กำหนดค่าปริมาณตะกั่วที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องไม่มากกว่า 0.2 mg/l และอุตสาหกรรมซึ่งใช้โลหะหนักในกระบวนการผลิต ถ้าปล่อยน้ำทิ้งในปริมาณมากกว่า 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีปริมาณของโลหะหนัก (ตะกั่ว) ในน้ำเสียที่ปล่อยออกไปในปริมาณมากกว่า 10,000 mg/l ต้องมีที่ปรึกษาและผู้ควบคุมเครื่องจักรเพื่อรับผิดชอบต่อระบบการควบคุมมลภาวะ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินได้กำหนดปริมาณตะกั่วที่มีในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ไว้ไม่เกิน 0.05 mg/l (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528)

การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพน้ำ

สาหร่ายหลายชนิดใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ (indicator) คุณภาพน้ำ ซึ่งได้มีการศึกษากันกว้างขวางว่าควรใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดเป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำ (Shubert, 1984) ซึ่ง Palmer (1959) ได้ให้ข้อสรุปว่า สาหร่ายเป็นดัชนีที่ดีในการบ่งชี้ว่าน้ำสะอาดหรือมีมลพิษจากอินทรียสาร (organic pollution)

Benson-Evans *et al.* (1985) ได้แนะนำวิธีประเมินทางชีวภาพดังนี้

- น้ำมีมลพิษมาก อาจพบ ไดอะตอม สาหร่ายสีแดง สีเขียว น้อยกว่า 50% และไม่พบปลาหรือแมลง
- น้ำมีมลพิษ อาจพบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินคือ *Stigeoclonium*, *Spirogyra* และ *Tribonema* 50% หรือมากกว่า และไม่พบปลาหรือแมลง
- น้ำค่อนข้างสะอาด อาจพบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน คือ *Stigeoclonium*, *Spirogyra* และ *Tribonema* 50% หรือมากกว่า และพบปลาหรือแมลง น้อยกว่า 50%
- น้ำที่สะอาด พบ ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีแดง

การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี

ในการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีนั้น จะต้องทำการศึกษาปัจจัยต่างๆทั้งทางกายภาพ และทางเคมี เพราะปัจจัยเหล่านี้ เมื่อนำมาพิจารณาควบคู่กัน จะทำให้สามารถประเมินน้ำในแหล่งน้ำที่ทำการศึกษาได้ดีเพราะปัจจัยต่างๆมักมีความสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งจะพิจารณาเพียงปัจจัยเดียวย่อมเป็นไปไม่ได้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

ขวดพลาสติกพร้อมฝา (2 ลิตร)
พลาสติกเก็บตัวอย่างสาหร่าย
กรวย (Funnel)
กระบอกตวง (Measuring cylinder)
ขวดบีโอดี (BOD bottle)
ขวดน้ำกลั่น (Distillwater bottle)
ขวดรูปชมพู (Erlenmeyer flask)
ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
ครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
บิวเรต (Burette)
บีกเกอร์ (Beaker)
ปีเปต (Pipette)
หลอดหยด (Droper)
หลอดเลี้ยงเชื้อ (Vial)
เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
เตาไฟฟ้า (Hotplate)
อุปกรณ์ตักดิน (Ekman grab)
สไลด์พร้อมกระจกปิด (Slides+cover)

สารเคมี

Analitical Quality Control Service
(Anhydrous $CaCO_3$)
Anhydrous calcium carbonate
Ammonium chloride (NH_4CL)
Ammmonium hydroxide (NH_4OH)
Alkaline iodide azide
Concentrate Sulfuric acid (AR) (H_2SO_4)
Concentrate nitric acid (AR) (HNO_3 conc)
Eriochrome black T
Ferrous ammonium sulfate
(Fe $(NH_4)_2$ $(SO_4)_2.6H_2O$)
Ferous sulfate ($FeSO_4.7H_2O$)
Lead Standard solution
Manganous sulfate ($MnSO_4.4H_2O$)
Magnesium EDTA (MgEDTA)
Mercuric sulfate ($HgSO_4$)
Methyl red indicator
Potassium bi-iodate ($KH(IO_3)_2$)
Potassium dichromate (KCr_2O_7)
1,10-Phenanthroline monohydrate
Sodium chloride (Na_2Cl)
Sodium EDTA (NaEDTA)
Sodium hydroxied (NaOH)
Sodium iodide (NaI)
Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)
Sodium sulfate (Na_2SO_4)

Starch powder

Vanadium (V) oxide (O_5V_2)

Silver sulfate (Ag_2SO_4)

แผนการดำเนินงานและวิธีการวิจัย

1. กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำในคลองแม่ข่า จำนวน 4 จุด คือ (รูป 1-2)

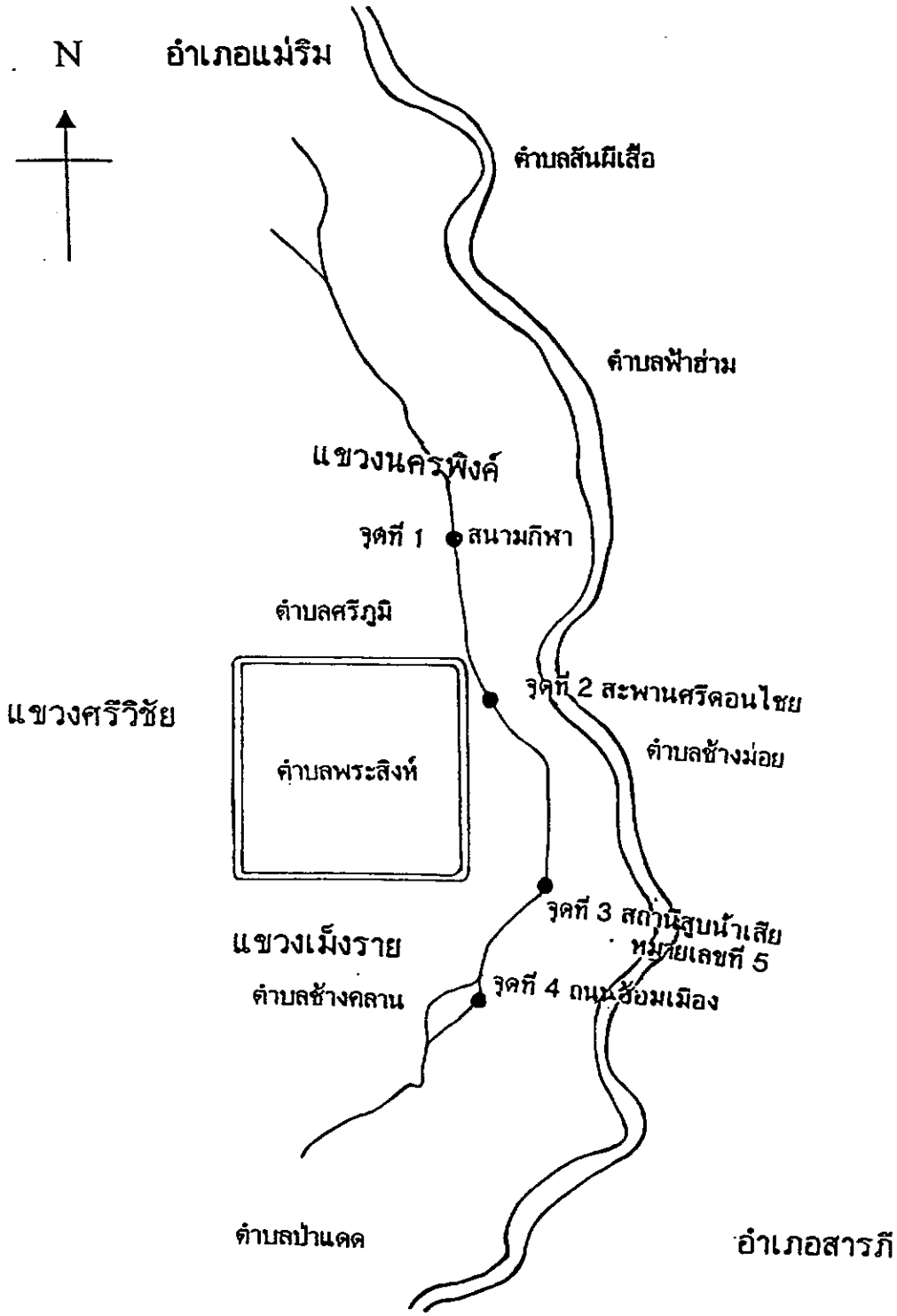
จุดที่ 1 สนามกีฬาเทศบาล

จุดที่ 2 สะพานศรีดอนไชย

จุดที่ 3 สถานีสูบน้ำเสีย หมายเลขที่ 5

จุดที่ 4 บริเวณถนนอ้อมเมือง

2. เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ตั้งแต่เวลา 12.00 นาฬิกา เป็นระยะเวลา 12 เดือน



รูป 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่

(มาตราส่วน 1: 20,000)

1

2

3

4

รูป 2 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1. สนามกีฬาเทศบาล 2. สะพานศรีดอนไชย
3. สถานีสูบน้ำเสียหมายเลขที่ 5 4. บริเวณถนนอ้อมเมือง

3. การศึกษาแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะ

3.1 นำน้ำ 1 ลิตร มาตกตะกอน โดยตวงน้ำตัวอย่างในกระบอกตวงขนาด 1,000 ml เติม Lugol' s solution จำนวน 10 ml นำไปตั้งไว้ในที่มืด ประมาณ 10 วัน จากนั้นนำสายยางมาดูดน้ำเพื่อเอาน้ำออก โดยวิธีกาลักน้ำ (ระวังอย่าดูดตะกอนด้านล่าง) จะเหลือตะกอนด้านล่าง จากนั้นเทใส่กระบอกตวงขนาด 100 ml ปรับปริมาตรให้ ได้ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วจึงเติม Lugol' s solution นำไปตั้งในที่มืดเมื่อครบ 7 วันดูดน้ำออกให้เหลือแต่ตะกอนเช่นเดิม นำมาเทใส่กระบอกตวงขนาด 25 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 10 ml เทใส่ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างเพื่อรอการตรวจวินิจฉัยจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืช

3.2 เก็บตัวอย่างสาหร่ายยึดเกาะ โดยใช้พื้นที่เก็บตัวอย่าง 2 ตารางเซ็นติเมตร แล้วจึงใช้แปรงขูดออก โดยเก็บตัวอย่าง 5 ครั้งในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง จากนั้นใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างที่มีน้ำกลั่นอยู่ 1 ml แล้วจึงหยด Lugol' s solution 1 หยด แล้วเก็บในที่มืด รอการจำแนกชนิดของสาหร่ายยึดเกาะ

3.3 วินิจฉัยชนิดของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะ (ลัดดา, 2538; Smith,1950; Whitford, 1969; Prescott, 1970)

3.4 นับแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะที่เป็น dominant spices โดยวิธี Marker diatom ควบคู่กับ Strip counting (ศิริเพ็ญ, 2537)

4. ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี

4.1 บันทึกข้อมูลจากจุดเก็บตัวอย่าง

4.1.1 สังเกตสี และกลิ่นของน้ำ

4.1.2 บันทึกระดับความลึก

4.1.3 วัดอุณหภูมิของน้ำและอากาศโดยใช้ Thermometer

4.1.4 วัด pH ของน้ำ โดยใช้ pH meter

4.1.5 วัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter

4.1.6 วัดค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ Total Dissolved Solid (TDS) โดยวิธี Conductivity meter

4.2 เก็บอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี (ศิริเพ็ญ, 2543; APHA, 1992)

4.2.1 วัดค่าสารแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid; TSS) โดยวิธี Total Suspended Solids Dried Method

4.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) โดยวิธี Azide modification

4.2.3 ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand; BOD_5) โดยวิธี Azide modification

4.2.4 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand; COD) โดยวิธี Closed reflux

4.2.5 ความกระด้างของน้ำ (Hardness) โดยวิธี EDTA titrimetric

4.2.6 วัดปริมาณตะกั่วในตะกอนและสาหร่ายยึดเกาะโดยวิธี Atomic Abrorption Spectrophotometry

5. นำข้อมูลมาวิเคราะห์

ศึกษาสถิติโดยใช้ANOVA และ Correlation coefficient เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี

สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย และรวบรวมข้อมูล

1. คลองแม่ข่า อ.เมือง จ. เชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการธรณีเคมี 1 ภาควิชาธรณี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
3. หน่วยวิจัยแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาในการดำเนินงาน

12 เดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงธันวาคม พ.ศ. 2542

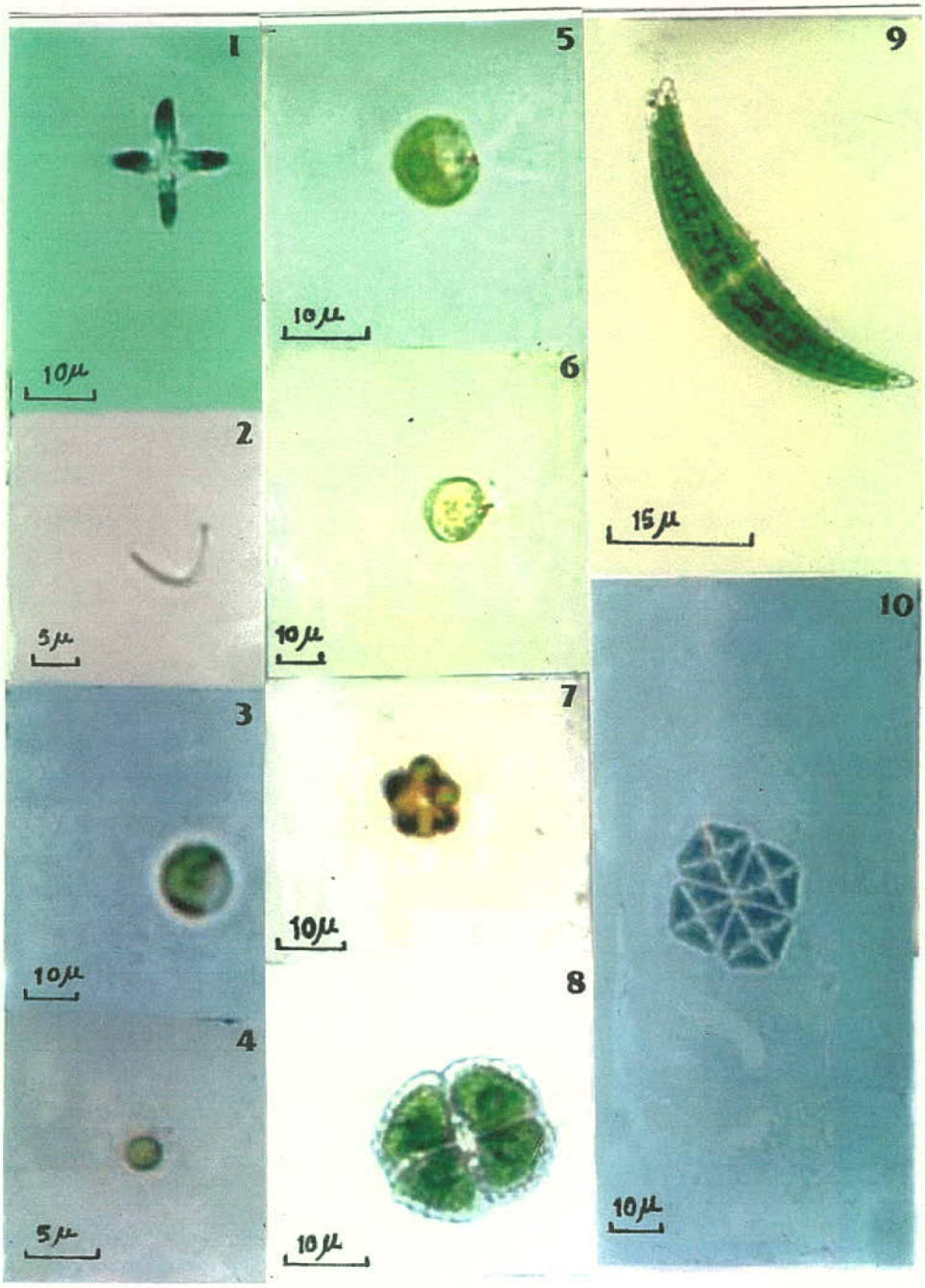
บทที่ 4
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย

ความหลากหลายของสาหร่ายในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2542 พบสาหร่าย 5 division ได้แก่ division Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Cryptophyta และ Euglenophyta ประกอบด้วย แพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 36 genera ได้แก่ *Actinastrum* , *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Coelastrum*, *Closterium*, *Crucigenia*, *Entosiphon* , *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Chroococcus*, *Cylindrospermopsis*, *Hydrocolium*, *Lyngbya* , *Merismopedia*, *Microcystis*, *Oscillatiria*, *Phormidium*, *Spirulina*, *Achnanthes*, *Diatoma*, *Fragilaria* , *Gomphonema* , *Melosila*, *Melosila*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia* , *Surirella* , *Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas*, *Cryptomonas* และ *Chilomonas* ส่วนสาหร่ายยึดเกาะพบ 36 genera ประกอบด้วยสาหร่ายยึดเกาะ และแพลงก์ตอนพืชซึ่งพบปะปนกับสาหร่ายยึดเกาะ ได้แก่ *Acnanthes*, *Actinastrum*, *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Coelastrum*, *Cosmarium*, *Closterium*, *Crucigenia*, *Cymbella*, *Chroococcus*, *Cryptomonas*, *Chilomonas*, *Entosiphon*, *Euglena*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Hydrocolium*, *Lyngbya*, *Melosila*, *Merismopedia*, *Microcystis*, *Monoraphidium*, *Monomastix* *Navicula*, *Nitzschia*, *Oedogonium*, *Oscillatoria*, *Phacus*, *Phormidium*, *Pinnularia*, *Stigeoclonium*, *Spirulina*, *Surirella* และ *Scenedesmus* (ตาราง 1- 2 รูป 3-7)

แพลงก์ตอนพืชที่พบสกุลเด่น (dominant genera) ที่พบมากที่สุดภายในเวลา 1 ปีคือ *Chlorella vulgaris* และที่พบมากรองลงมา (abundant) ได้แก่ *Euglena*, *Navicula*, *Nitzschia* และ *Oscillatoria* (ตาราง 1)

สาหร่ายยึดเกาะที่พบสกุลเด่นภายในเวลา 1 ปี คือ *Oscillatoria tenuis* และพบมากรองลงมา ได้แก่ *Chlorella*, *Navicula* และ *Euglena* (ตาราง 2)

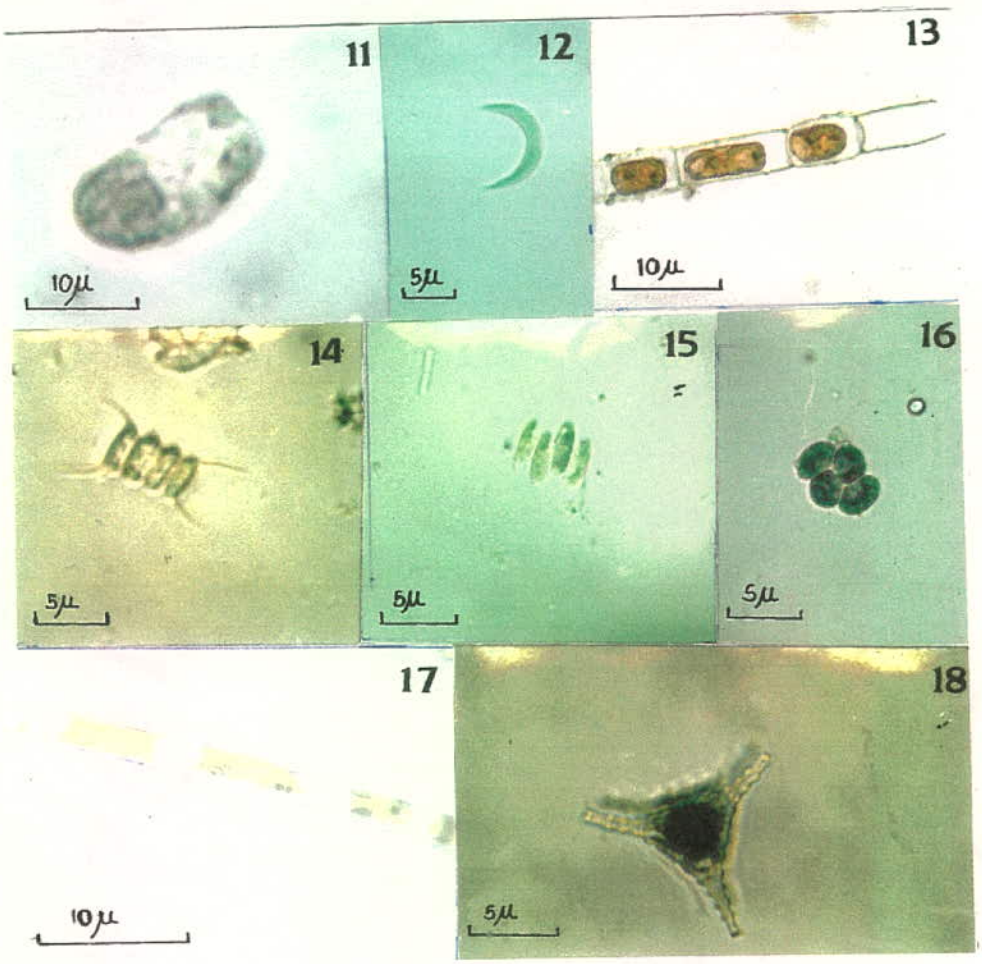


รูป 3 สาหร่าย division Chlorophyta

1. *Actinastrum* sp.
2. *Ankistrodesmus* sp.
3. *Chlorococcum* sp.
4. *Chlorella vulgaris*

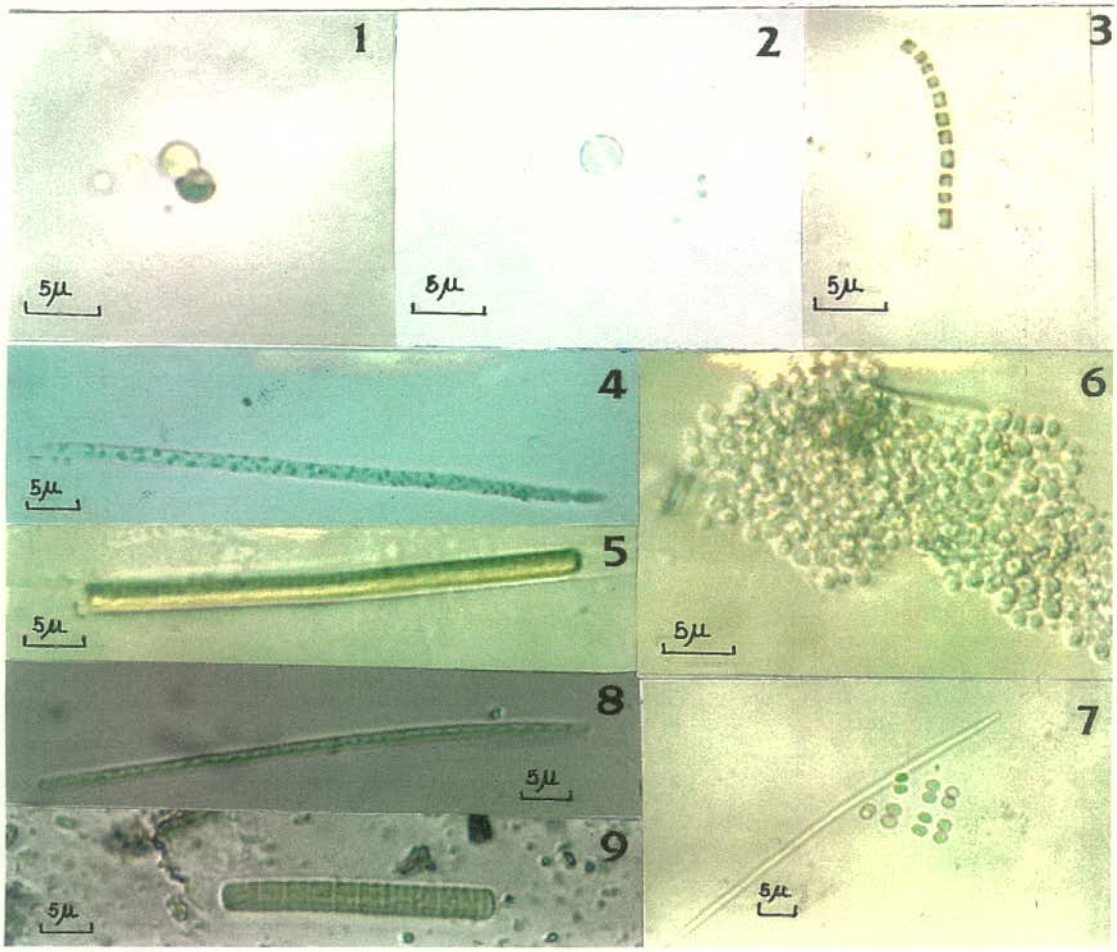
5 - 6. *Chlamydomonas* spp.

7. *Coelastrum* sp.
8. *Cosmarium* sp.
9. *Cloterium* sp.
10. *Crucigenia* sp.



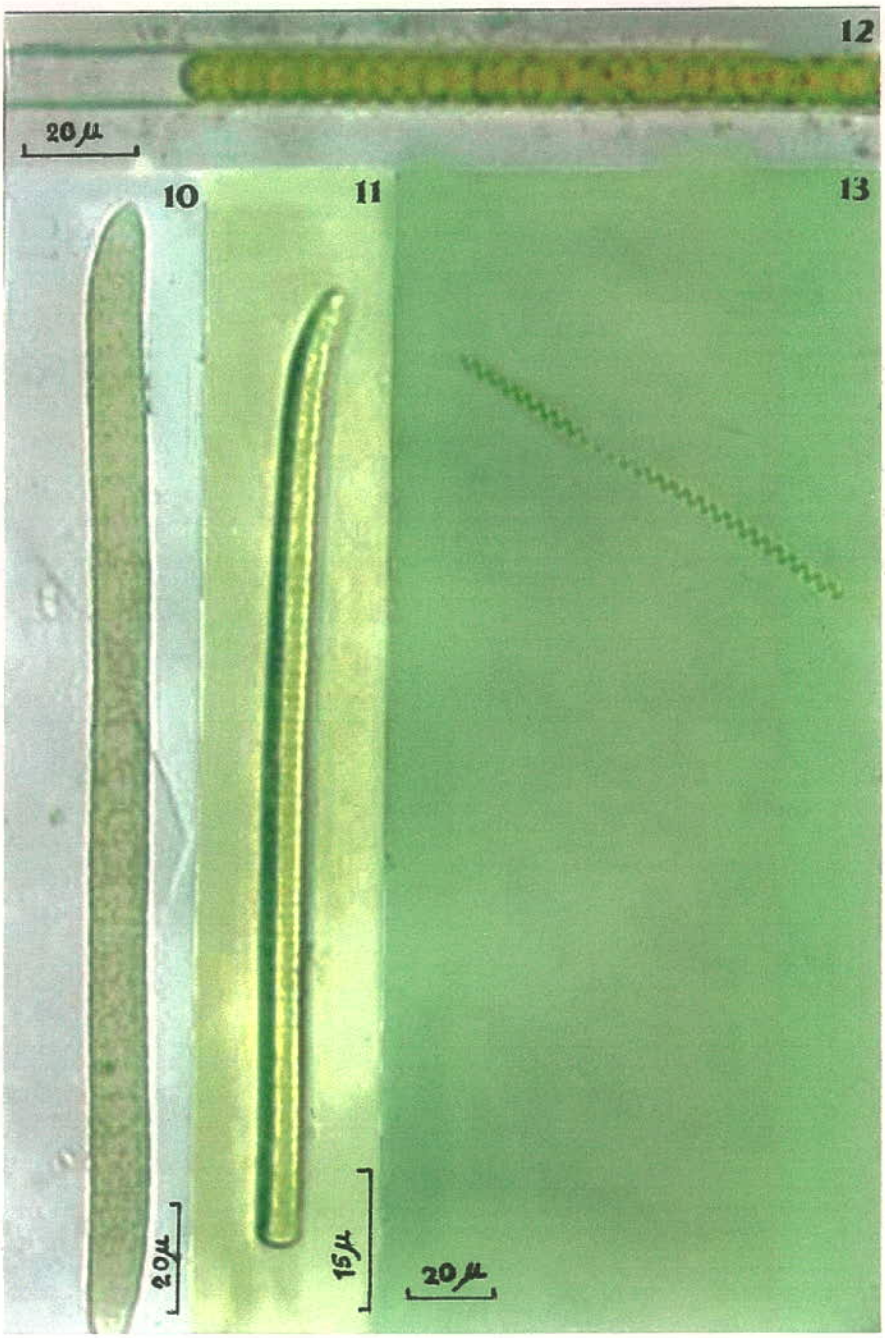
รูป 3 (ต่อ) สาหร่าย division Chlorophyta

11. *Entosiphon ovatum.*
12. *Monoraphidium* sp.
13. *Oedogonium* sp.
14 - 15. *Scenedesmus* spp.
16. *Scenedesmus armatus*
17. *Stigeoclonium* sp.
18. *Staurastrum* sp.



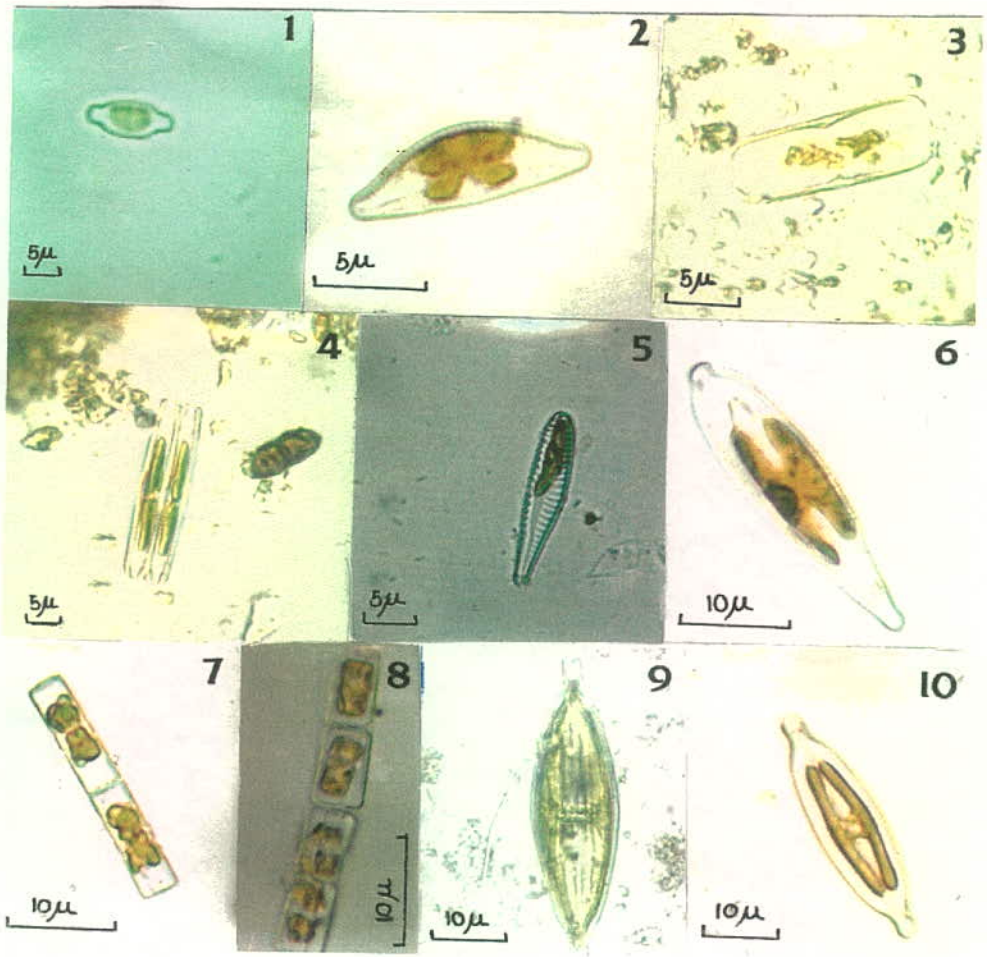
รูป 4 สาหร่าย division Cyanophyta

1- 2. *Chroococcus* spp.
3. *Hydrocoleum* sp.
4. *Cylindrospermopsis* sp.
5. *Lyngbya* sp.
6. *Microcystis aeruginosa*
7. *Merismopedia sp.*
8 - 9. *Oscillatoria* spp.



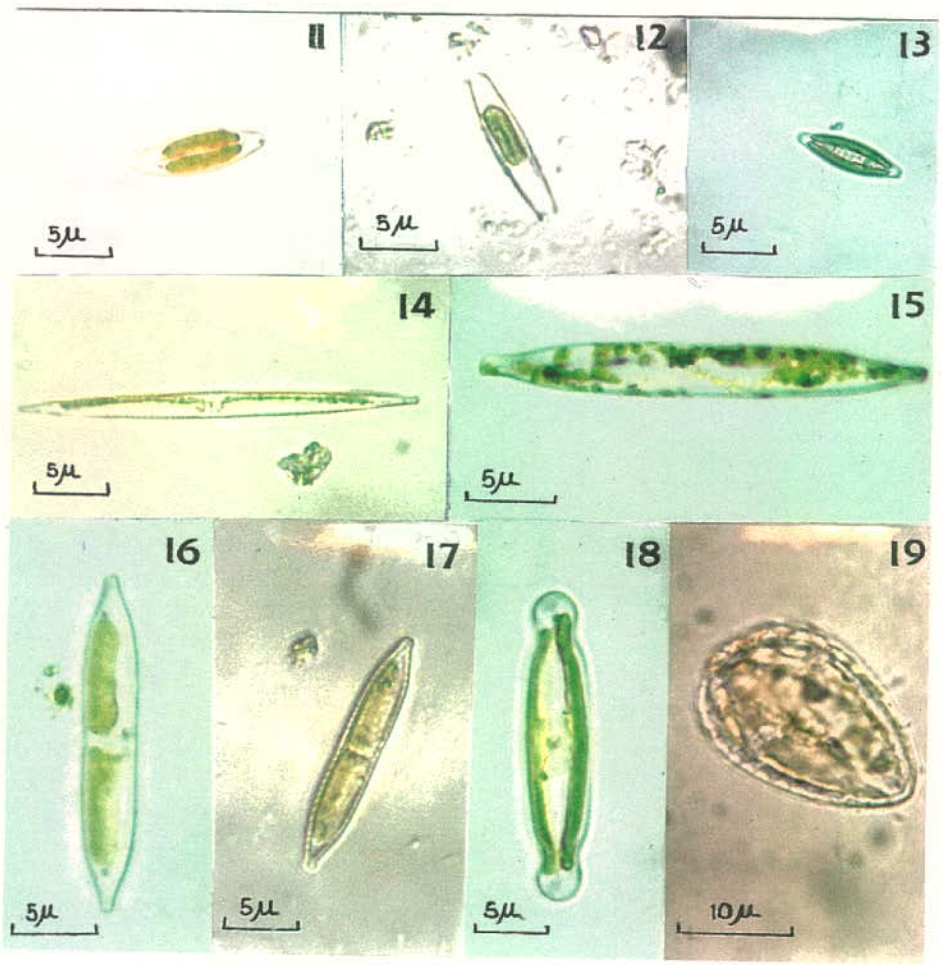
รูป 4 (ต่อ) สาหร่าย division Cyanophyta

10. *Oscillatoria* sp.
11. *Oscillatoria tenuis*
12. *Phormidium* sp.
13. *Spirulina major*



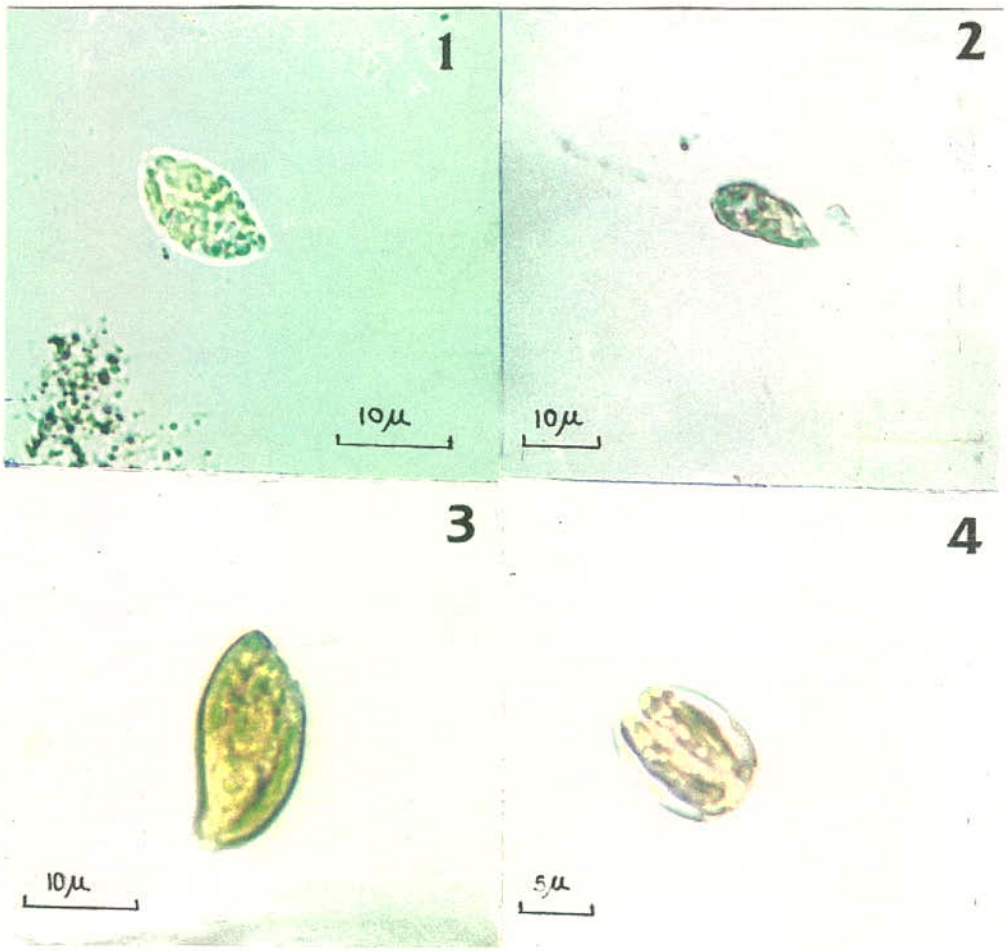
รูป 5 สาหร่าย division Chrysophyta

1. *Achnanthes* sp.
2. *Cymbella* sp.
3. *Diatoma* sp.
4. *Fragilaria* sp.
5 - 6. *Gomphonema* spp.
7. *Melosira granulata*
8. *Melosira variens*
9 - 10. *Navicula* spp.



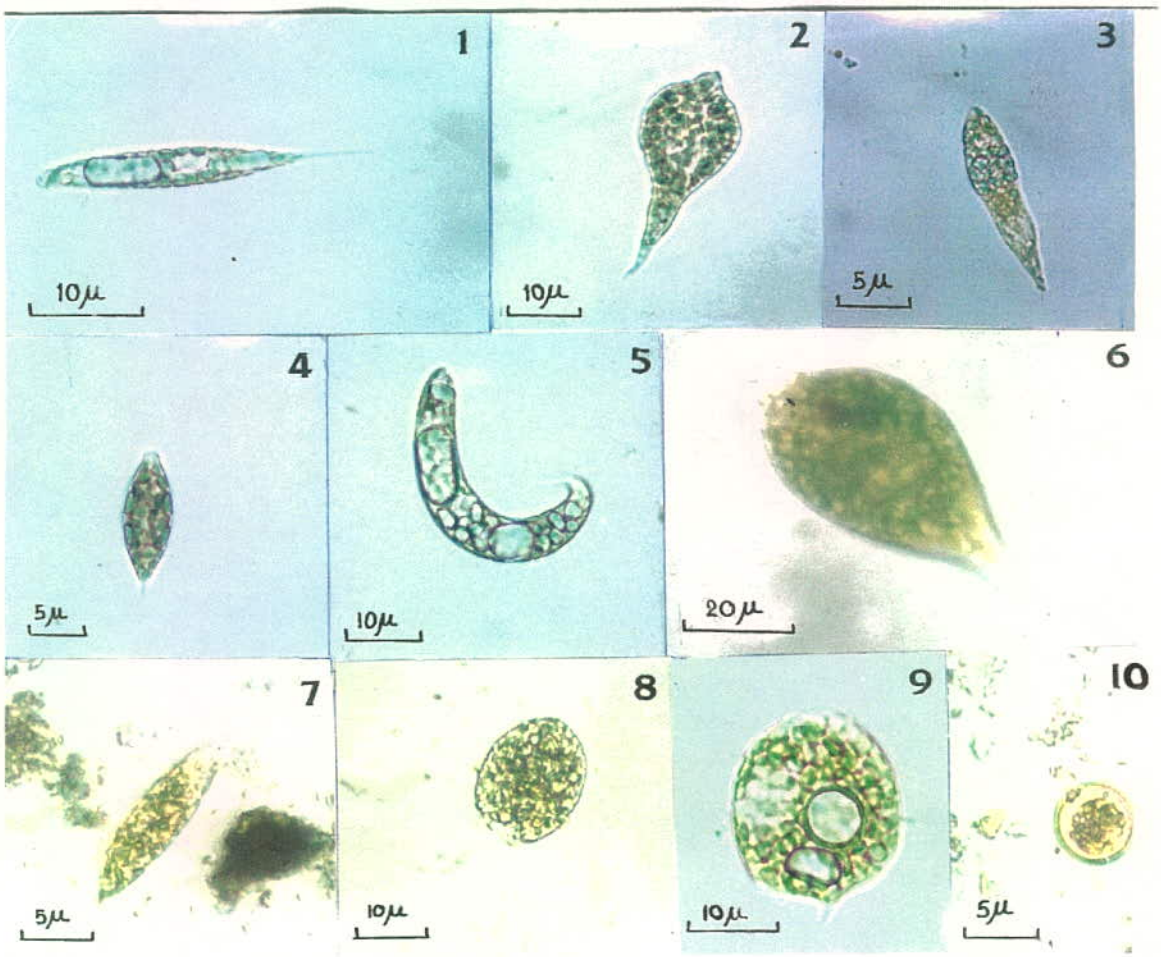
รูป 5 (ต่อ) สาหร่าย division Chrysophyta

11 - 13. *Navicula* spp.
14 - 18 *Nitzschia* spp.
19. *Surirella* sp.



รูป 6 สาหร่าย division Cryptophyta

1. *Cryptomonas erosa*
2. *Cryptomonas sp.*
3. *Chilomonas sp.*
4. *Monomastix sp.*



รูป 7 สาหร่าย division Euglenophyta

1. *Euglena acus*
2. *Euglena caudata*
3. *Euglena deses*
4. *Euglena geniculata*
5. *Euglena klebsii*
6. *Euglena sociabilis*
7. *Euglena* spp
8. *Phacus* sp
9. *Phacus acuminata*
10. *Trachelomonas* sp.

จำนวน species ของแพลงก์ตอนพืชและ สาหร่ายยึดเกาะ

พบแพลงก์ตอนพืชในคลองแม่ข่าทั้งหมด 55 species (ตาราง 3 รูป 8) โดยพบจำนวน species ในแต่ละ division ดังนี้

division Chlorophyta พบทั้งหมด 15 species (ตาราง 1) โดยพบมากที่สุด คือเดือน กรกฎาคม (11 species) ในขณะที่เดือนตุลาคม พบน้อยที่สุด (2 species)

division Cyanophyta พบทั้งหมด 11 species (ตาราง 1) โดยพบมากที่สุด (6 species) ในเดือน กรกฎาคม และพบน้อยที่สุด (1 species) ในเดือนตุลาคม

division Chrysophyta พบทั้งหมด 18 species (ตาราง 1) โดยพบมากที่สุด (10 species) ในเดือน พฤศจิกายน และพบน้อยที่สุดในเดือนเมษายน และมิถุนายน (3 species)

division Cryptophyta พบทั้งหมด 2 species (ตาราง 1) โดยพบมากที่สุด (2 species) ในเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน พฤษภาคม กรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน และไม่พบแพลงก์ตอนพืชเลย ในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม

division Euglenophyta พบทั้งหมด 9 species (ตาราง 1) โดยพบมากที่สุด (5 species) ในเดือนมีนาคม และไม่พบเลยในเดือนพฤษภาคม และ กรกฎาคม

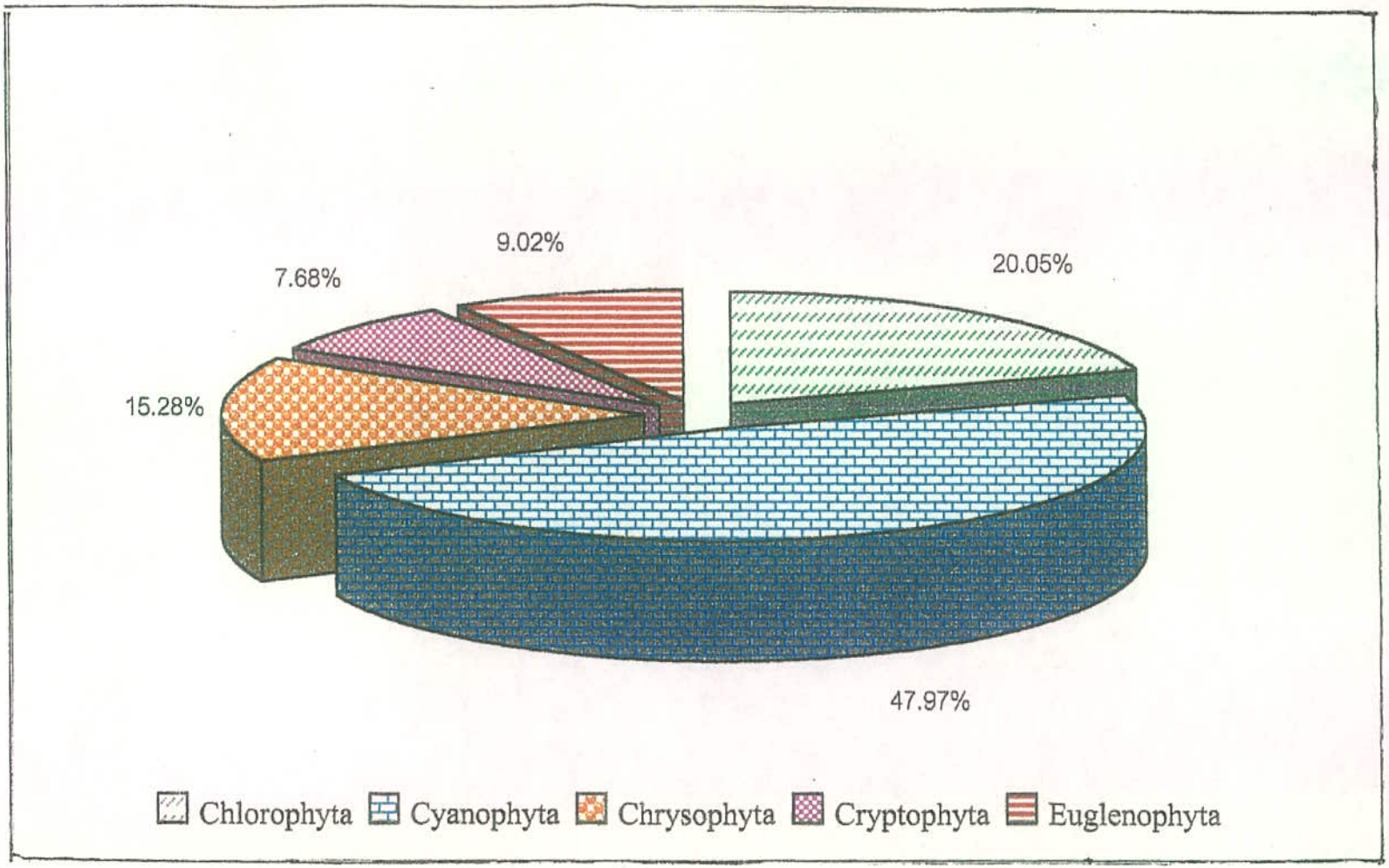
พบสาหร่ายยึดเกาะในคลองแม่ข่าทั้งหมด 54 species (ตาราง 3 รูป 8) โดยพบจำนวน species ในแต่ละdivision ดังนี้

division Chlorophyta พบทั้งหมด 16 species (ตาราง 2) โดยพบมากที่สุด (6 species) คือเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม ในขณะที่พบน้อยที่สุด (2 species) ในเดือนเมษายน พฤษภาคม สิงหาคม กันยายน และ ธันวาคม

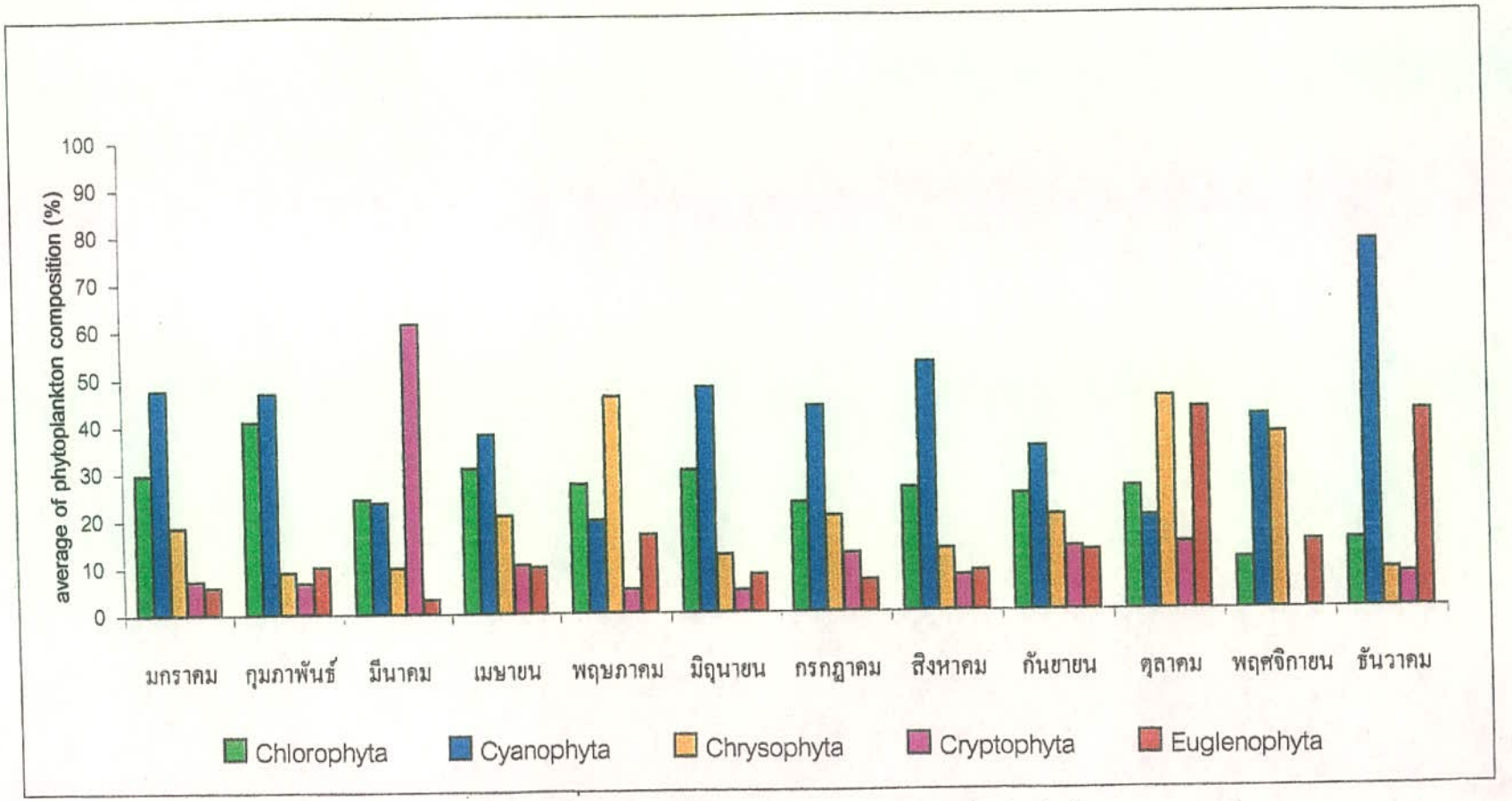
division Cyanophyta พบทั้งหมด 11 species (ตาราง 2) โดยพบมากที่สุด (7 species) ในเดือน กันยายน และพบน้อยที่สุด (2 species) ในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน ตุลาคม และ พฤศจิกายน

division Chrysophyta พบทั้งหมด 15 species (ตาราง 2) โดยพบมากที่สุด (12 species) ในเดือนมิถุนายน และพบมากรองลงมา (11 species) ในเดือนมกราคม และพบน้อยที่สุด (5 species) ในเดือนมีนาคม

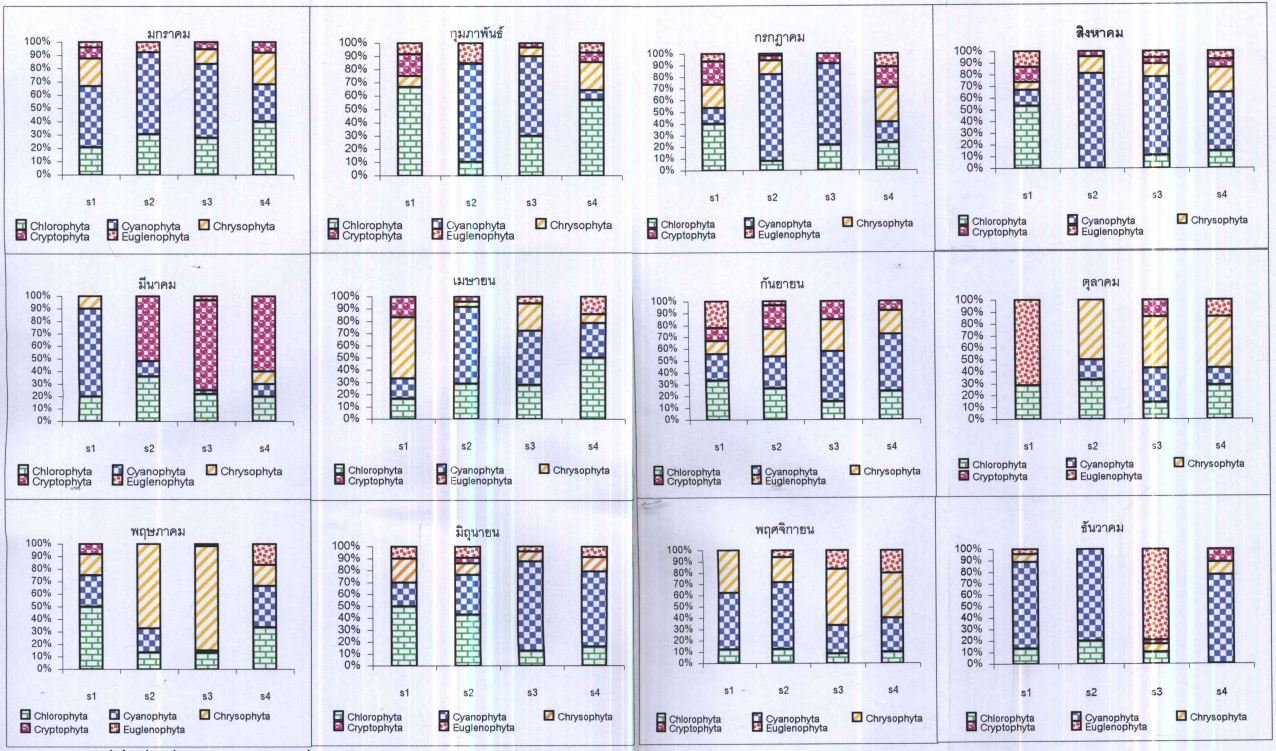
division Cryptophyta พบทั้งหมด 4 species (ตาราง 2) โดยพบมากที่สุด (3 species) ในเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ และไม่พบเลยในเดือน มีนาคม จนถึงเดือนตุลาคม และ ในเดือนธันวาคม



รูป 9 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)



รูป 10 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)



รูป 11 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่
(เดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2542)

องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะในคลองแม่ข่าโดยเฉลี่ย พบ 5 division ได้แก่ division Cyanophyta, Chrysophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Cryptophyta มีค่าร้อยละ 48.22, 36.58, 9.72, 4.36 และ 1.12 ตามลำดับ (รูป 12)

ค่าร้อยละโดยเฉลี่ยของสาหร่ายยึดเกาะแต่ละdivision ในแต่ละเดือนมีดังนี้ (ตาราง 6 รูป 13)

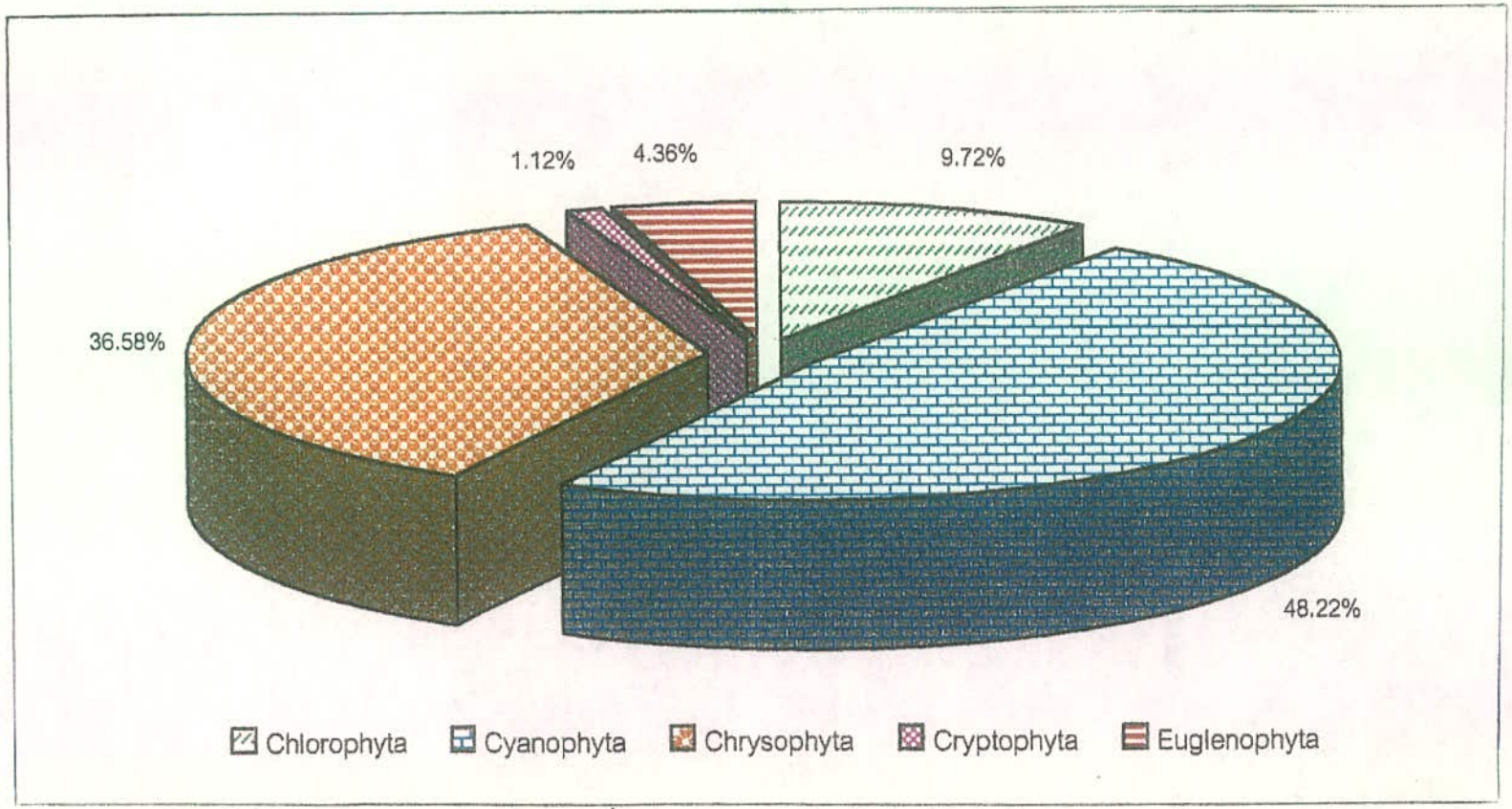
division Chlorophyta พบ 6.47 - 38.93 % โดยพบสูงสุดในเดือน กุมภาพันธ์ และพบต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และน้อยที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 2 กลุ่ม ซึ่งพบว่า จุดเก็บตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันทางสถิติได้แก่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 , 3 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (ตาราง 11)

division Cyanophyta พบ 23.68 - 90.13 % พบสูงสุดในเดือน มีนาคม และพบต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม

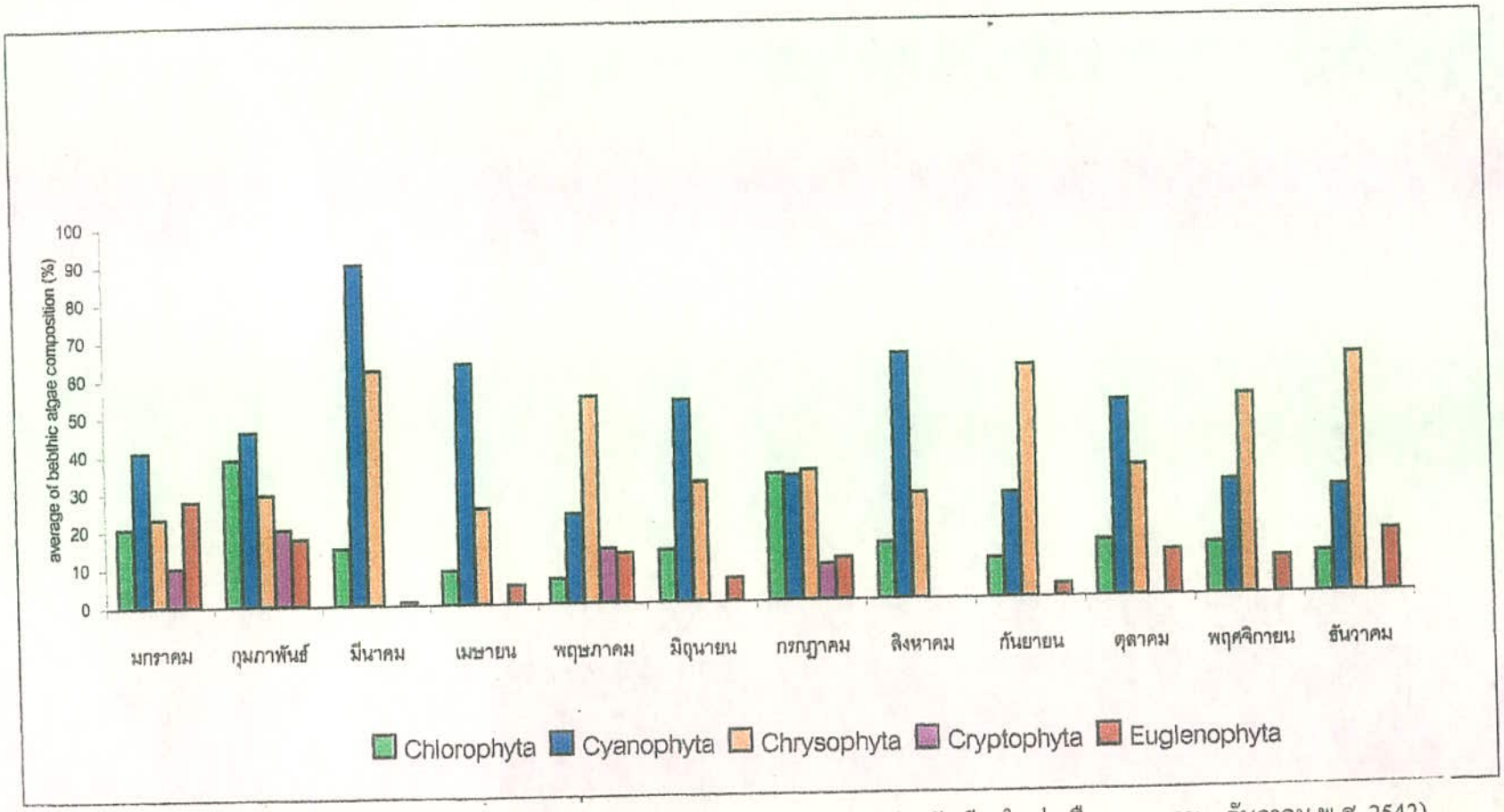
division Chrysophyta พบ 23.32 - 62.99 % พบสูงสุดในเดือน ธันวาคม และพบต่ำสุดในเดือนมกราคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนธันวาคม และน้อยที่สุดเดือนสิงหาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 4 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ได้แก่เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน (ตาราง 10)

division Cryptophyta พบ 0 - 20.19 % พบสูงสุดในเดือน กุมภาพันธ์ และไม่พบในเดือนมีนาคม เมษายน มิถุนายน และเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมกราคม และน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม เมษายน มิถุนายน และเดือนสิงหาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 2 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ได้แก่เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน (ตาราง 10)

division Euglenophyta พบ 0 - 27.85 % พบสูงสุดในเดือน มกราคม และไม่พบในเดือนสิงหาคม



รูป 12 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)



รูป 13 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)

ส่วนค่าร้อยละโดยเฉลี่ยของสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละ division ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 จะมีค่าแตกต่างกันไปแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและแต่ละเดือน ดังรายละเอียดแสดงในตาราง 7 รูป 14

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ

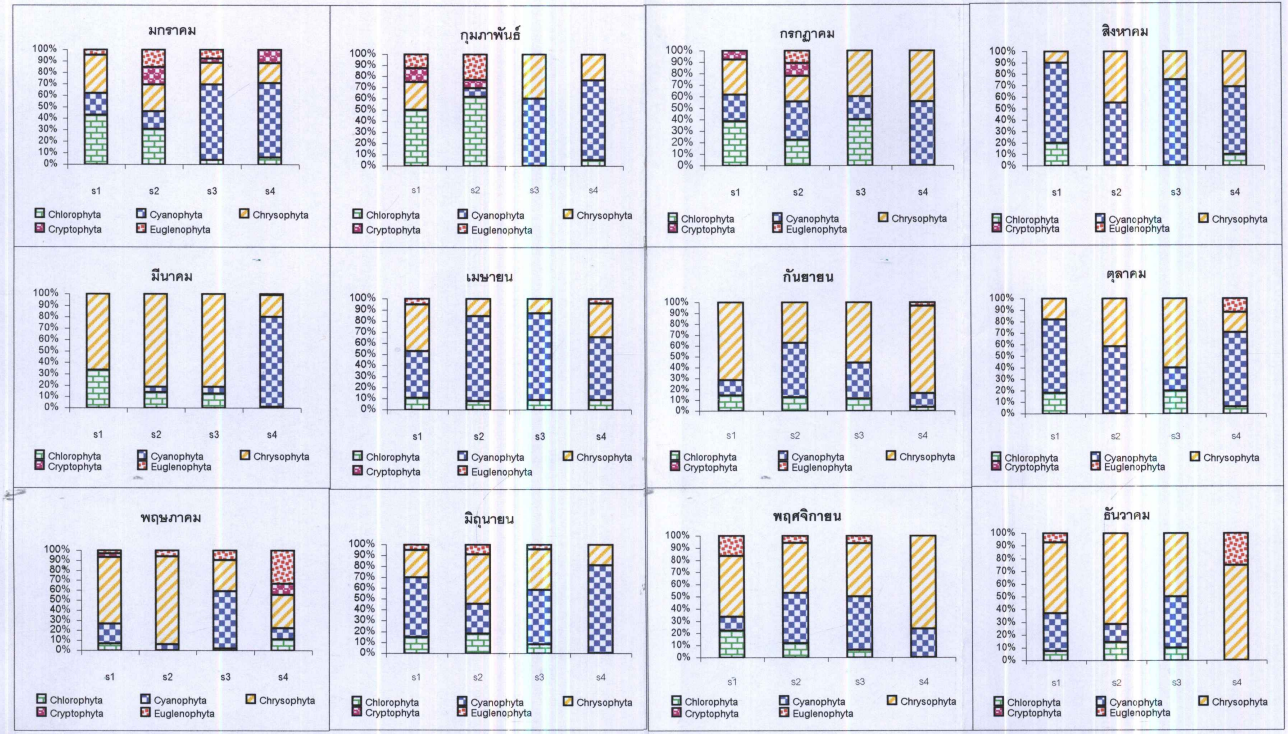
คุณภาพน้ำทางกายภาพของคลองแม่ข่า เฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าดังนี้ (ตาราง 8 รูป 15)
อุณหภูมิน้ำ (water temperature) มีค่าเฉลี่ย 23.50-30.70 °C พบอุณหภูมิน้ำสูงสุด โดยเฉลี่ยในเดือนเมษายน และอุณหภูมิน้ำต่ำสุดโดยเฉลี่ยในเดือนธันวาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเดือนเมษายน และน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 4 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างทางสถิติได้แก่เดือนมีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน สิงหาคม กันยายน พฤศจิกายน และเดือนธันวาคม (ตาราง 10)

อุณหภูมิอากาศ มีค่าเฉลี่ย 25.17-36.10 °C พบอุณหภูมิอากาศสูงสุดในเดือนมีนาคม และต่ำสุดในเดือนธันวาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนที่อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 4 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างทางสถิติได้แก่ เดือนมีนาคม กรกฎาคม และเดือนธันวาคม (ตาราง 10)

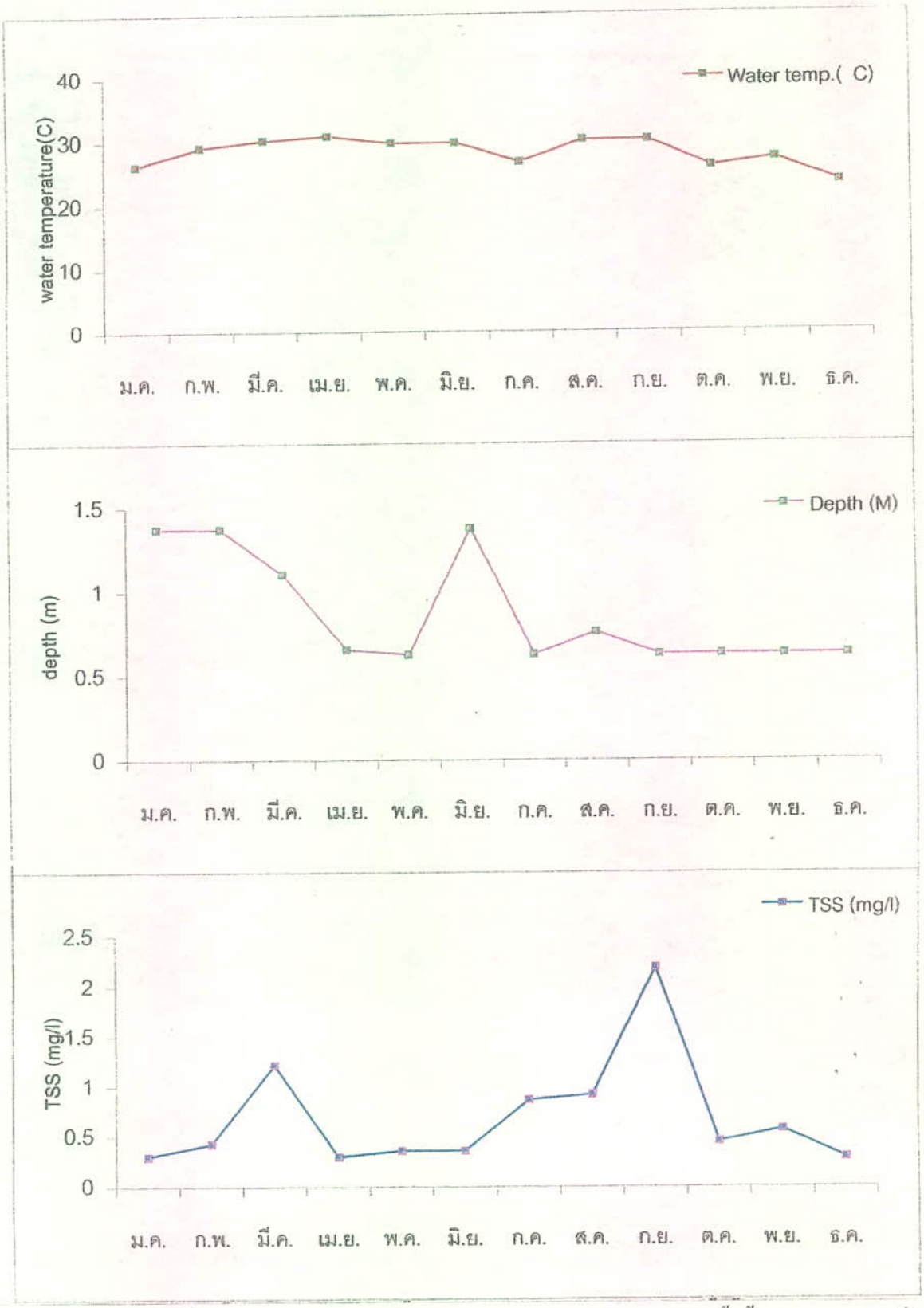
ความลึกของน้ำ มีค่าเฉลี่ย 0.62-3.00 เมตร โดยที่น้ำลึกที่สุดในเดือนสิงหาคม และตื้นที่สุดในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 และน้อยที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 2 กลุ่ม ซึ่งพบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีความแตกต่างกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 (ตาราง 11)

ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) มีค่าเฉลี่ย 0.28-8.70 mg/l สูงสุดในเดือนมกราคม และต่ำสุด ในเดือนธันวาคม

ของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS) มีค่าเฉลี่ย 117.00-290.40 mg/l สูงสุดเดือนมกราคม และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม



รูป 14 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายขึดเกาะในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่
(เดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2542)



รูป 15 อุณหภูมิของน้ำ (°C) ความลึกของน้ำ (M) และค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทั้งหมด (mg/l) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)

รายละเอียดของคุณภาพน้ำทางเคมีของคลองแม่ข่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน ดังแสดงในตาราง 8 รูป 16-18

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) พบมีค่าเฉลี่ย 6.80-8.15 และพบมีค่าสูงสุด ในเดือนกุมภาพันธ์ และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม

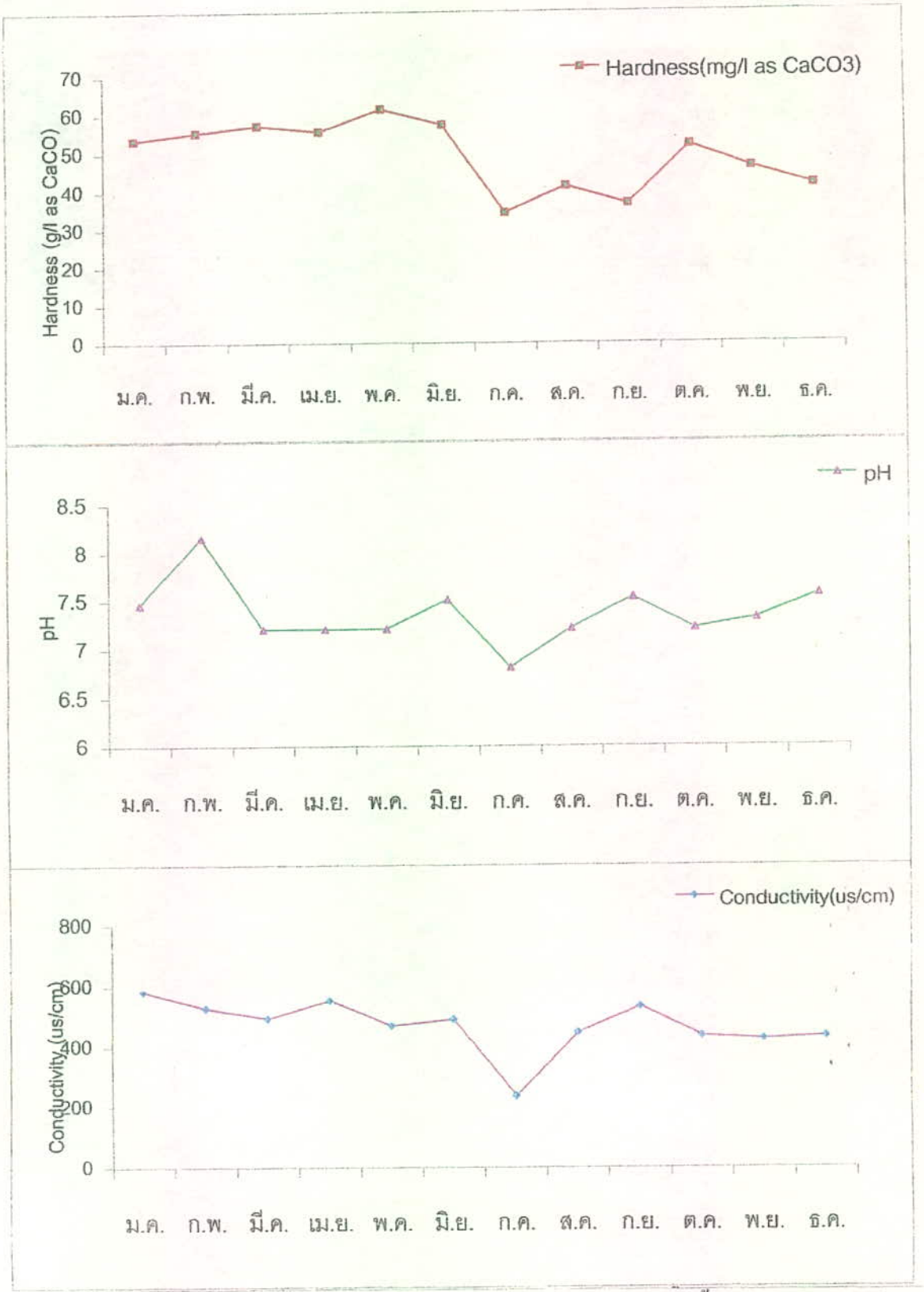
ค่าความกระด้างของน้ำ (Hardness) พบมีค่าเฉลี่ย 34.10-61.25 mg/l as $CaCO_3$ พบค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม และต่ำสุดในเดือน กรกรฎาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม และน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 6 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ศึกษาได้แก่เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กันยายน และเดือนพฤศจิกายน (ตาราง 10)

ค่าความนำไฟฟ้า (EC) พบมีค่าเฉลี่ย 233.50-580.70 µs/cm พบมีค่าสูงสุด ในเดือนมกราคม และต่ำสุด ในเดือนกรกฎาคม

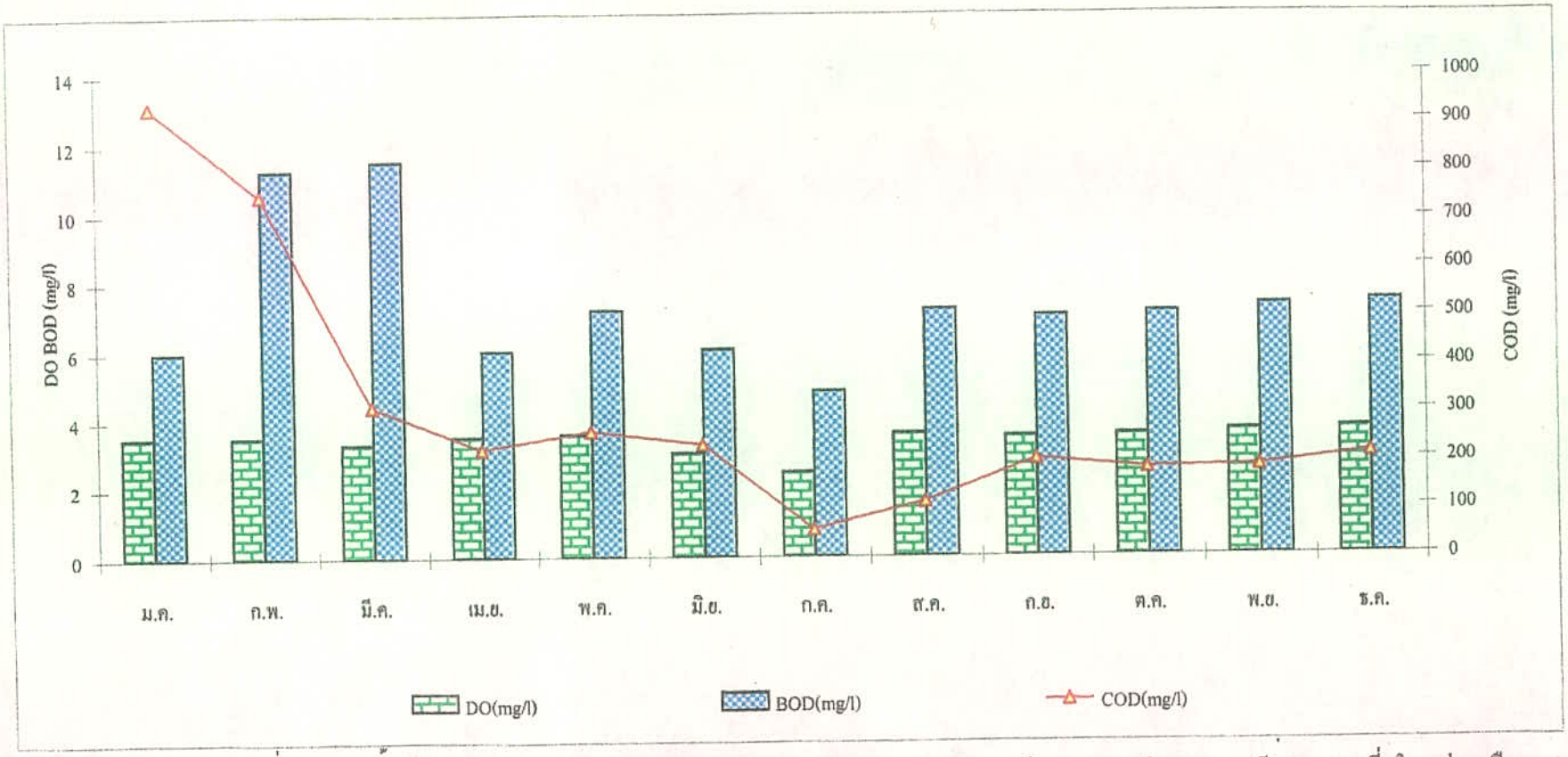
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบมีค่าเฉลี่ย 2.45-3.67 mg/l พบมีค่าสูงสุด ในเดือนธันวาคม และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนธันวาคม และน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 2 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ศึกษาได้แก่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน (ตาราง 10)

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD_5) พบมีค่าเฉลี่ย 4.80-11.50 mg/l พบมีค่าสูงสุด ในเดือนมีนาคม และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 3 กลุ่ม ซึ่งพบว่า เดือนที่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ได้แก่เดือน กุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม (ตาราง 10)

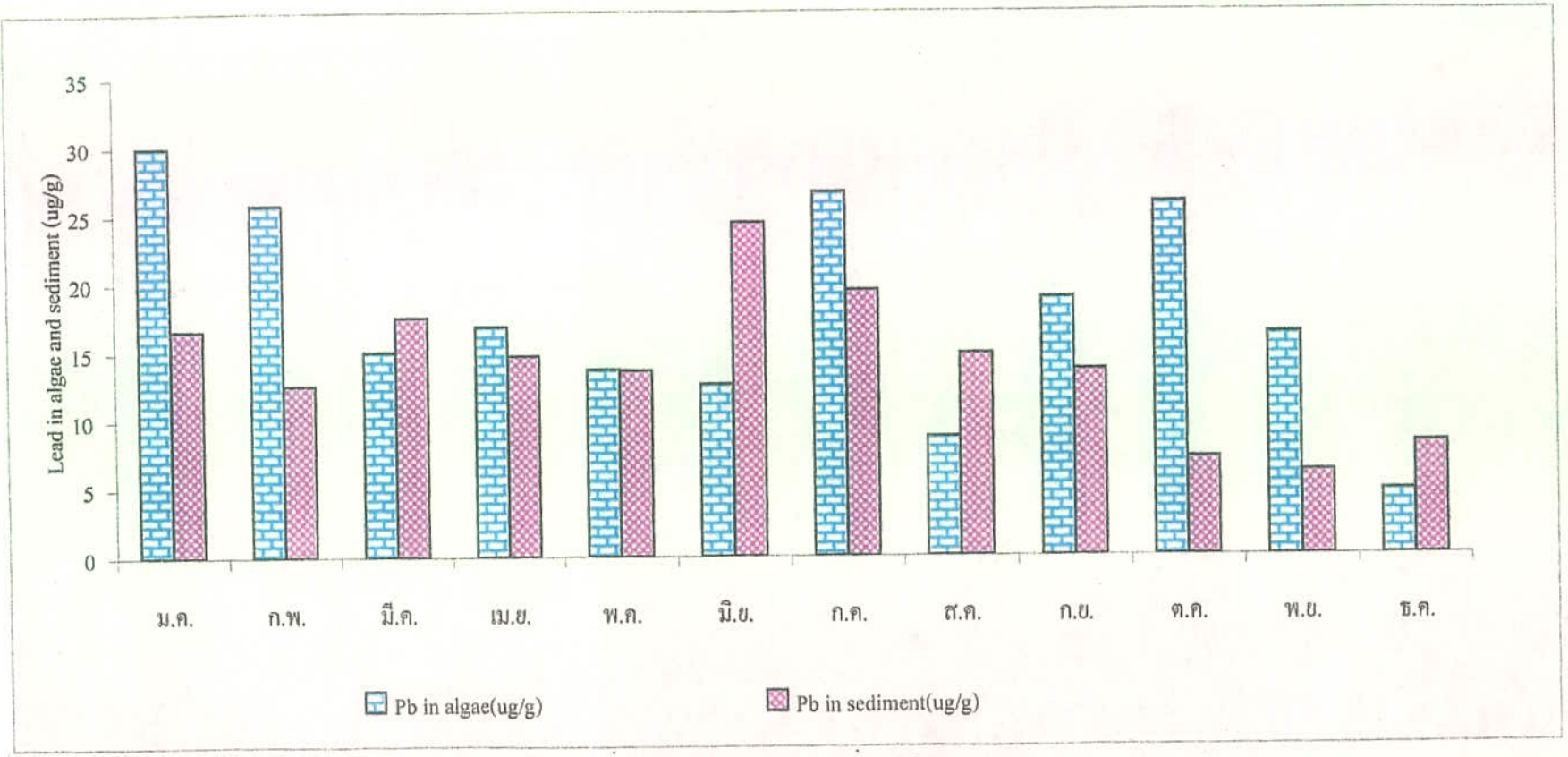
ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) พบมีค่าเฉลี่ย 56.00-936.00 mg/l ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา และพบมีค่าสูงสุด มกราคม และต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมกราคม และน้อยที่สุดในเดือนกรกฎาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้2 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ศึกษาได้แก่เดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งแตกต่างจากเดือนมกราคม และเดือนกุมภาพันธ์ (ตาราง 10)



รูป 16 ค่าความกระด้างของน้ำ (mg/l as $CaCO_3$) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และค่าการนำไฟฟ้า (µs/cm) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)



รูป 17 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (mg/l) และความต้องการออกซิเจนทางเคมี (mg/l) เฉลี่ยในแต่ละเดือน ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)



รูป 18 ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยึดเกาะ (µg/g) และปริมาณตะกั่วในตะกอนดิน (µg/g) เฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)

ปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในสาหร่ายยึดเกาะ พบมีค่าเฉลี่ย 4.71-30.00 μg/g พบมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม และต่ำสุดในเดือนธันวาคม จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมกราคม และน้อยที่สุดเดือนธันวาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 3 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างกันทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ได้แก่เดือนมกราคม กันยายน และเดือนธันวาคม (ตาราง10)

นอกจากนี้ ยังมีความแตกต่างในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญ (p <0.01) โดยที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และน้อยที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างออกได้เป็น 2 กลุ่ม ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (ดังตาราง 11)

ปริมาณตะกั่วในตะกอน พบมีค่าเฉลี่ย 6.11-24.40 μg/g พบมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเดือนมกราคม และน้อยที่สุดเดือนธันวาคม สามารถแบ่งกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยได้ 3 กลุ่ม ซึ่งพบว่าเดือนที่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ได้แก่เดือนมิถุนายน ตุลาคม และพฤศจิกายน (ตาราง 10)

ส่วนคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า มีค่าแปรปรวนต่างๆ กัน ดังรายละเอียดซึ่งแสดงไว้ในตาราง 9

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลของการศึกษา และข้อเสนอแนะ

ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะ

จากผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 36 genera 55 species ซึ่งพบ division Chrysophyta มากที่สุด 18 species และพบ division Cryptophyta น้อยที่สุด 2 species โดยที่แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสกุลเด่นภายในเวลา 1 ปี คือ *Chlorella vulgaris, Euglena, Navicula, Nitzschia* และ *Oscillatoria* คุณภาพน้ำมีสภาพใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำในคูเมืองเชียงใหม่ ซึ่งทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2542 พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นคือ *Chlamydomonas, Crucigenia, Cryptomonas* และ *Chilomonas* (ศิริเพ็ญ และคณะ, 2543; วุฒินันท์ และศิริเพ็ญ, 2542; วุฒินันท์, 2544) ผลการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชควบคู่กับคุณภาพน้ำในคูเมืองเชียงใหม่ พบ *Chlorella, Chlorococcum, Scenedesmus, Merismopedia, Oscillatoria, Navicula, Nitzschia, Cryptomonas, Chilomonas* และ *Euglena* ซึ่งจะพบว่า สาหร่ายที่พบเป็นกลุ่มเดียวกับที่พบในคลองแม่ข่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่า สาหร่ายที่พบในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่สามารถอาศัยในแหล่งน้ำที่มีมลพิษจากปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนปริมาณสูงได้ ซึ่งลัดดา (2528) กล่าวว่า ในแหล่งน้ำเสียจะพบจำนวนชนิดของสาหร่ายน้อยแต่จะพบจำนวนในแต่ละชนิดมาก ซึ่งจะตรงข้ามกับในแหล่งน้ำดีที่จะพบจำนวนชนิดมาก แต่จะพบจำนวนในแต่ละชนิดน้อย นอกจากนี้ Palmer (1959) ได้สรุปไว้กว้างๆว่า สาหร่ายสกุลที่พบในน้ำสะอาดส่วนใหญ่ จะพบสาหร่ายสกุล *Lemanea, Stigeoclonium, Micrasterias* (บาง species), *Staurastrum, Pinnularia, Meridion* และ *Surirella* เป็นต้น และแหล่งน้ำที่มีมลพิษมักพบสาหร่ายสกุล *Euglena, Oscillatoria, Chlamydomonas, Scenedesmus, Chlorella, Stigeoclonium, Navicula* และ *Nitzschia* เป็นต้น จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ Correlation พบว่าแพลงก์ตอนพืชไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับคุณภาพน้ำ (ตาราง 12) เพราะเป็นแหล่งน้ำไหล และน้ำในคลองมีความเร็วของกระแสน้ำไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถบ่งบอกความสัมพันธ์จากการศึกษาได้

ส่วนสาหร่ายยึดเกาะพบทั้งหมด 36 genera 54 species โดยเป็นสาหร่ายยึดเกาะจริง และแพลงก์ตอนพืชซึ่งพบปะปนกับสาหร่ายยึดเกาะ ทั้งนี้เป็นเพราะแพลงก์ตอนพืชบางชนิดมีช่วงชีวิตที่เป็นสาหร่ายยึดเกาะ ในเวลาที่เก็บตัวอย่าง และมีแพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่มาติดกับกลุ่มของสาหร่ายยึดเกาะโดยกระแสน้ำในคลองแม่ข่า ซึ่งจากการศึกษาพบ division Chlorophyta มากที่สุด 16 species และพบ division Cryptophyta น้อยที่สุด 4 species สำหรับสาหร่ายยึดเกาะที่พบเป็น

สกุลเด่นและพบมากรองลงมาได้แก่ *Oscillatoria tenuis, Navicula* ซึ่งจะพบว่าเป็นสาหร่ายกลุ่มเดียวกับรายงานของ Prescott (1951) พบว่า *Oscillatoria calybea, Nitzschia acicularis, Navicula cryptocephala, Melosila granulata, Cyclotella maneghiana, Anabeana contricta* เป็นสกุลที่ทนทานต่อสภาวะน้ำเสียซึ่งสามารถพบได้ในแหล่งน้ำเสียโดยทั่วไป และนอกจากนี้ พบว่าสาหร่ายยึดเกาะที่พบในคลองแม่ข่ายังเป็นกลุ่มเดียวกับที่พบในคูเมืองเชียงใหม่ ซึ่งพบเป็นสกุลเด่นได้แก่ *Oscillatoria, Cymbella, Cyclotella, Navicula* และ *Nitzschia* (ศิริเพ็ญและคณะ, 2543; วุฒินันท์ และศิริเพ็ญ,2542 ; วุฒินันท์, 2544) ผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่า สาหร่ายยึดเกาะ division Chrysophyta มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ตาราง 10 ส่วนการศึกษาโดยใช้ Correlation ไม่พบความสัมพันธ์ของสาหร่ายยึดเกาะกับคุณภาพน้ำ (ตาราง 12) เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำไหล ซึ่งตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจะมีความแปรปรวน และมีการผสมของน้ำกับสารแขวนลอยอยู่ตลอดเวลา

นอกจากนี้แล้วในส่วนของจำนวนชนิดของสาหร่ายที่พบ และองค์ประกอบ ยังขึ้นอยู่กับเวลาที่เก็บตัวอย่าง เพราะช่วงเวลาที่ต่างกันจะทำให้พบสาหร่ายต่างชนิดกัน และสภาพภูมิอากาศ ความเข้มของแสงที่ส่องผ่านลงสู่แหล่งน้ำ เพราะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดจะขึ้นมาลอยเหนือผิวน้ำในช่วงที่แสงแดดเริ่มแรงขึ้น วิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ทำให้พบจำนวนชนิดและองค์ประกอบ ที่แตกต่างออกไป

คุณภาพน้ำ

ความลึก (M) พบว่าในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และเดือนมิถุนายน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 3 เมตร ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (ตาราง 9) เนื่องจากเป็นจุดเก็บตัวอย่างสุดท้ายก่อนที่น้ำในคลองแม่ข่า จะไหลลงสู่แม่น้ำปิง ซึ่งน้ำในคลองมีปริมาณมาก เนื่องจากต้องรับน้ำ จากทางระบายน้ำต่างๆ ภายในตัวเมือง นอกจากนี้จากผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าความลึกของน้ำในคลองแม่ข่า มีความแตกต่างของจุดเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ตาราง 11 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) มีค่าเฉลี่ย 6.80-8.15 ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา ซึ่งจากรายงานการวิจัยของนิวัตร (2540) และอินทิรา (2542) มีค่า 5.45-8.48 นอกจากนี้ (ถาวร, 2538; ธเนศ, 2539) ซึ่งศึกษาในคูเมืองเชียงใหม่ พบค่า pH 6.20-9.70 ซึ่งค่า pH ที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid) มีค่าเฉลี่ย 117.00-290.40 mg/l ซึ่ง ค่าความกระด้างของน้ำ (Hardness) มีค่าเฉลี่ย 34.10-61.25 mg/l as $CaCO_3$ และจากการตรวจวัดค่าความกระด้างของน้ำในคลองแม่ข่า โดยธเนศ (2539) พบ 26.00-116.00 mg/l as $CaCO_3$ และนิวัตร (2540) พบค่าเฉลี่ย 47.16-195.06 mg/l as $CaCO_3$

ค่าของแข็งที่แขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (Total Suspended Solid) มีค่าเฉลี่ย 0.28-8.70 mg/l เกณฑ์ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่า 25.00-80.00 mg/l (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) ผลการศึกษาพบว่าน้ำในคลองแม่ข่ามีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำสูงที่สุดในเดือนกันยายน โดยมีค่ามากที่สุด 8.20 mg/l ในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (ตาราง 9) เนื่องจากมีฝนตกหนัก จากอิทธิพลของลมมรสุม จึงเป็นเหตุให้มีของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ และของแข็งที่ละลายทั้งหมดในน้ำเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น จากเกณฑ์ที่กำหนดจะพบว่าน้ำในคลองแม่ข่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นน้ำในคลองแม่ข่าจึงไม่เหมาะแก่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในส่วนของค่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) มีค่าเฉลี่ย 2.45- 3.67 mg/l จากรายงานค่าที่ตรวจพบในคลองแม่ข่ามีค่า 0.10-8.20 mg/l โดยนิวัตร (2540) และอินทิรา (2542) ได้รายงานค่า DO ในคลองแม่ข่ามีค่า 0.20-2.60 mg/l ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand) มีค่าเฉลี่ย 4.80-11.50 mg/l ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของมาตรฐานแหล่งน้ำจืดผิวดิน ซึ่งกำหนดว่าแหล่งน้ำจืดประเภทที่ 5 มีค่ามากกว่า 4 mg/l (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528) นอกจากนี้ ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีเฉลี่ยของน้ำในคูเมืองเชียงใหม่ มีค่า 1.33-31.00 mg/l ถาวร (2538) และธเนศ (2539) และค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand) ของคลองแม่ข่ามีค่าเฉลี่ย 56.00-936.00 mg/l จากรายงานการวิจัยในคลองแม่ข่าโดยนิวัตร (2540) พบค่า 14.10-104.10 mg/l ซึ่งมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม พ.ศ. 2539 ได้กำหนดไว้ว่า ต้องมีค่า COD ไม่มากกว่า 120 mg/l และมากสุดไม่เกิน 400 mg/l แต่จากผลการวิจัยพบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2540)

สำหรับปริมาณตะกั่วในสาหร่ายและตะกอน มีค่าเฉลี่ย 4.71-30.00 µg/g และ 6.11-24.40 µg/g ตามลำดับ ในขณะที่มีรายงานปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเจ้าพระยา และอ่าวไทยตอนบน มีค่าเฉลี่ย 63.79, 227.23 และ 59.76 µg/g ตามลำดับ (Polprasert *et al.* 1979) ส่วนปริมาณตะกั่วในตะกอนที่ตรวจพบในคูเมืองเชียงใหม่ พบ 32.00-235.00 µg/g นอกจากนี้ Quynh (1997) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก (ตะกั่วและสังกะสี) ในดิน บริเวณเหมืองในอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณตะกั่วมีค่า 31.00-5,266 mg/kg โดยพบมากกว่า 50% ของตัวอย่างทั้งหมด โดยมีปริมาณตะกั่วมากที่สุด (มากกว่า 1, 000 mg/kg) ในบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ ผลการศึกษาทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยึดเกาะ และในตะกอนมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ดังแสดงในตาราง 10-11

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำจะพบว่า น้ำในคลองแม่ข่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของไทย (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528) ค่าคุณภาพน้ำต่างๆที่ตรวจพบในคลองแม่ข่า จะแปรผันตามสภาพภูมิอากาศ ในแต่ละฤดูที่ทำการศึกษา ซึ่งค่าความลึกของน้ำ ค่าความกระด้างของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนกรกฎาคม ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง (ตาราง 9) เนื่องจากเป็นช่วงที่ฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงเป็นเหตุให้มีปริมาณน้ำฝนมากผสมกับน้ำในคลองแม่ข่าซึ่งมีสภาพเน่าเสีย ทำให้คุณภาพน้ำในคลองแม่ข่าเปลี่ยนไป เนื่องจากน้ำจะได้รับการบำบัดโดยการผสมกันตามธรรมชาติ และเป็นสาเหตุที่ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี มีค่าต่ำลง ซึ่งหมายถึงน้ำในคลองแม่ข่ามีคุณภาพน้ำดีขึ้นซึ่งจากการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำจืดผิวดิน จะพบว่า น้ำในคลองแม่ข่ามีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในปริมาณสูง จัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่เหมาะสำหรับการอุปโภค บริโภค

การสรุปผลการศึกษาพบว่า แพลงก์ตอนพืช division Chrysophyta มีค่าเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบมากที่สุด ถึง 83.01% และแพลงก์ตอนพืชที่มีเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบที่น้อยที่สุด ที่พบในรอบ 12 เดือน ได้แก่ division Cryptophyta ซึ่งพบเพียงร้อยละ 1.88 และพบว่าสาหร่ายยึดเกาะใน division Chrysophyta มีค่าเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบมากที่สุดถึงร้อยละ 87.5 ขณะที่ division Chlorophyta มีองค์ประกอบน้อยที่สุดเพียงร้อยละ 0.85

คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยดังนี้ อุณหภูมิน้ำ มีค่าเฉลี่ย 23.50-30.70 °C, อุณหภูมิอากาศ 25.17-36.10 °C, pH 6.80-8.15, EC 233.50-580.70 µs/cm, TDS 117.00-290.40 mg/l, TSS 0.28-8.70 mg/l, Hardness 34.10-61.25 mg/l as $CaCO_3$, DO 2.45-3.67 mg/l, BOD_5 4.80-11.50 mg/l, COD 56.00-936.00 mg/l, ปริมาณตะกั่วในสาหร่ายยึดเกาะ 4.71-30.00 µg/g และปริมาณตะกั่วในตะกอน 6.11-24.40 µg/g

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และความต้องการออกซิเจนทางเคมี กล่าวได้ว่า น้ำในคลองแม่ข่า มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ขณะที่มีปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี และค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีมีค่าสูง เนื่องจากเป็นน้ำเสียจากชุมชน เป็นส่วนใหญ่จึงมีปัญหาปริมาณออกซิเจนต่ำ ส่วนปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในสาหร่ายยึดเกาะ และปริมาณตะกั่วในตะกอนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

จากผลการศึกษาพบว่า แพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะ ที่จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินมลภาวะของน้ำในคลองแม่ข่า ได้แก่ *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* sp, *Cryptomonas* spp, *Euglena acus*, *Euglena gracilis*, *Phacus pleuronectes*, *Navicula* spp,

Nitzschia spp และ *Oscillatoria* spp จากผลการศึกษาพบว่าน้ำในคลองแม่ข่าจัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ตามมาตรฐานการจัดแหล่งน้ำผิวดิน ที่มีไว้เพื่อการคมนาคมเท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

1 ในการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชและตัวอย่างน้ำ ควรเก็บตัวอย่างในตอนเช้า เพราะในช่วงเวลากลางคืนที่ผ่านมา สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ได้ใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจเป็นปริมาณมาก ซึ่งได้แก่แพลงก์ตอนพืช สัตว์น้ำบางชนิดเช่นปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ และเหลือปริมาณออกซิเจนในน้ำน้อยที่สุดในเวลารุ่งเช้า และนอกจากนี้ ในเวลาเช้า แสงแดดยังไม่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงในน้ำตัวอย่างที่เก็บในขวดบีโอดี ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนของปฏิกิริยาในน้ำตัวอย่าง ก่อนนำมาวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำในเวลากลางวันทำให้ได้ปริมาณสารปนเปื้อนมาก เนื่องจากมีกิจกรรมต่างๆ ทำให้มีการปล่อยของเสีย และเกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ แต่ตัวอย่างน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่มาก เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ประมาณ 12.00-14.00 นาฬิกา

2 ควรศึกษาในเรื่องปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เนื่องจากถ้าในแหล่งน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์มาก จะเป็นเหตุให้สาหร่ายเกิดการเจริญอย่างรวดเร็ว และเมื่อสาหร่ายปริมาณมากตายลง ก็จะทำให้แหล่งน้ำบริเวณนั้นขาดออกซิเจน จะทำให้แบคทีเรียบางชนิดที่สามารถหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน ย่อยซากสาหร่ายที่ตายลงสู่พื้นน้ำ จากนั้นก็จะเกิดกาซ H_2S หรือกาซไข่เน่า จึงทำให้น้ำในคลองแม่ข่ามีกลิ่นเหม็น

3 ควรเพิ่มการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อการตรวจหาปริมาณตะกั่วและโลหะหนักอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อได้ทราบว่าน้ำในคลองแม่ข่า ได้รับการปนเปื้อนจากโลหะหนักชนิดอื่นๆ ในปริมาณมากน้อยเพียงใด และมีปริมาณมากเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำหรือไม่

4 ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง สาหร่ายยึดเกาะ ควรกระจายพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างให้มากขึ้นกว่าเดิม เพราะในจุดเก็บตัวอย่างจุดใดจุดหนึ่งอาจได้รับการปนเปื้อนของสารพิษในปริมาณไม่เท่ากันก็เป็นได้ ดังนั้นเราควรแบ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างออกเป็นอย่างน้อย 5 พื้นที่ย่อยๆในจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ แล้วจึงนำมารวมกันเป็นจุดเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กรมควบคุมมลพิษ. 2540. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม.

กรมประมง. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กุศยา สุวรรณวิหค. 2529. ปริมาณการแพร่กระจายของสาหร่ายและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบางประการของลำน้ำแม่กลางและแม่กวงจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว. 2530. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

กฤษณะ ถิระพงษ์. 2527. การศึกษาปริมาณตะกั่วในน้ำและดินตะกอนที่ระดับความสูงต่างๆบริเวณลุ่มแม่น้ำปิง-วัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชเนศ ดงการค้า. 2526. การหาปริมาณตะกั่วในน้ำธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชาญณรงค์ แก้วเล็ก. 2532. การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำในลุ่มน้ำชี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถาวร ถนอมพงษ์ชาติ. 2538. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอน พืชในคูเมืองเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิ์ศักดิ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ธเนศ วงศ์ยะรา. 2539. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในคูเมืองเชียงใหม่ปี 2538. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิวัตร ตันตยานุสรณ์. 2540. การบริหารจัดการคลองแม่ข่า ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิภาภร รอดน้อย. 2537. การหาปริมาณโลหะหนักบางชนิดโดยวิธีอะตอมมิคแอปซอร์ปชั่นสเปคโตรโฟโต้มิเตอร์ ในตะกอนท้องน้ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. ลำปาง: คณะวิชาสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.

ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์. 2531. เอกสารประกอบการสอนวิชาชลธีวิทยา. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2539. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยามหาวิทยาลัย.

มนูวดี หังสฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำสำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton). กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วชิราภรณ์ มีสิงห์ และสังวาล ดิษฐ์ทอง. 2533. การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณใกล้เคียงกับที่กำจัดขยะแม่เหียะ. เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิจิตร รัตนพานี, สายสุนีย์ เหลี่ยวเรืองรัตน์ และเสาวนีย์ รัตนพานี. 2533. การศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำแม่ปิง. เชียงใหม่: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมสภาวะแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร. 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย ควบคู่กับคุณภาพน้ำของดูเมืองเชียงใหม่ (มีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2543). การค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร และศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2542. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายควบคู่กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (I) โปสเตอร์ D03, การประชุมวิชาการทาง วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. คู่มือการวิเคราะห์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2537. สาหร่ายวิทยาประยุกต์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร, จงกล พรมยะ, ธำรงค์ ปรุงเกียรติ, วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร, วนิดา เขมะนุเชษฐ์, พรศิริ ตู้ลารักษ์, ทวีเดช ไชยนาพงษ์, นันท์ชลี กิมภากร และอินทิรา ปรุงเกียรติ. 2543. โปสเตอร์ 19viip19. การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2528. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย พ.ศ. 2528. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

อินทิรา ปรุงเกียรติ. 2542. ความหลากหลายของโปรโตซัวและคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรัสสา สาหร่ายสุวรรณ. 2524. การกระจายของไฟโตแพลงก์ตอนในน้ำที่มีมลภาวะบางแห่งในเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA. 1992. Standard Method for The Exammination of Water and Wastewater. 18 thedition, Washington DC., American Public Health Assoc.

Antoine, S.E. 1983. Limnological Investigation in the Polluted Rabat Canal. and the Shatt al-Arab River, Basrah, Iraq. J. Cramer. Braunschweig. 22: 497-518.

Benson-Evans. K; and H.M. Griffiths. 1985. Labolatory Methods. Aquatic Ecol. And Pollut. Bull. Cardiff: Univ. College Cardiff. No. 5 Pt. 5.

Mapairoj, P., S. Traichaiyaporn, and T. Proongkiat. 1998. The Possibility of using Phyto plankton as Bioindicator of Water Quality in Standing Water, Chiang Mai City I" . Poster 135. 5 th Asian Fisheries Forum International Conference on Fisheries and Food Security Beyond the 2000, Chiang Mai.

Massoud A.H. Saad and Samir E. Antoine. 1983. Effect of Pollution on Phytoplankton in the Ashar Canal, a highly pollutioned canal of the Shatt al- Arab Estuary at Basrah, Iraq. J. Hydrobiologia 99. Dr. Junk Publishers 8: 189-196.

Moore, J.W., and S. Ramamoorethy. 1984. Heavy Metal in Natural water. New York: Spling-Verlag.

Palmer, C.M. 1959. Algae in Water Supplies. US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Cincinnati.

Palmer, M.C., K. Square, and R.L. Lewis (eds). 1977. Algae and Water Pollution. Ottawa: Municipal Envirinmental Research Laboratory, Cincinnati.

Patrick, R. 1977. Ecology of Freshwater Diatoms-Diatom Comunities. Berkely: University of California Press.

Polprasert, C. Vongvisessomjais., Mattamara. S., *et al.* 1979. Heavy Metals, DDT and PCBs. in the Uppergulf of Thailand. Thailand: AIT Report, No.105.

Prescott, G.W. 1951. Algae of the Western Great lake Areas. Grand Book Institute of Science Bulletin, No.131.

Prescott, G.W. 1970. How to Known the Freshwater Algae. WM.C. Brown Company Publisher Dubuque, Iowa.

Quynh L.T.N. 1997. Heavy Metal Contamination in Soil Surrounding an Abandoned Lead Zinc Mine in Amphoe Mae Taeng and Risk Assessment by Using GIS: Two models. Master's Thesis, Chiang Mai University.

Round, F.E. 1975. The Biology of the Algae. 2nd edition. London: Edward Arnold Ltd.

Shubert, L.E. (ed). 1984. Algae as Ecological Indicators. London:Academic Press Inc. Ltd.

Smith, G.M. 1950. The Freshwater Algae of the United States: 2 nd edition. New York: McGraw-Hill Book CO., Inc.

Traichaiyaporn, S., and J. Liangkrilas " Phytoplankton Diversity, Coliform Bacteria and BOD_5 of Wastewater From Pig Manure Biogas Digester" Poster E-15. 2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference on Algal Biotechnilogy, Phuket. 1997.

Traichaiyaporn, S., and K. Boonsai. "Water Quality and Composition Monitoring in Chiang Mai Moat" . Poster 246, 5th Asian Fisheries Forum International Conference on Fisheries and Food Security Beyond 2000, Chiang Mai. 1998.

Whitford, L.A., and G.J. Schumacher. 1969. A Manual of Fresh-water Algae in North California: 1 st ed. Published by the North Carolina Agricultural. Eperiment Station.

Yang, Z. 1995. Uses of Several Species of Floating Aquatic Plants as Biomonitors in Assessing Heavy Metal Accumulation from Aquatic Ecosystems in Chiang Mai: Two models. Master's Thesis, Chiang Mai University.

Yano, H., S. Koottep, S. Kamchanawong, and W. Tanratnekul. 1984. Limnological Studies in Northern Thailand: Thailand, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University.

ภาคผนวก ก

- การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
- การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในสาหร่าย และตะกอน

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้วิธีของ ศิริเพ็ญ (2543) และ APHA (1992),

วิธีการวิเคราะห์ปริมาตรสารแขวนลอยทั้งหมด

2. ปริมาตรสารแขวนลอยทั้งหมด
- นำตัวอย่างน้ำ 50 ml ใส่ลงในถ้วย crucible ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว
- นำไประเหยให้แห้งบน water bath
- นำเอา crucible ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 ^{0}ซ. เป็นเวลา 1 ชม. แล้งนำไปทำให้เย็นใน desiccator ประมาณ 45 นาที
- นำ crucible มาชั่ง น้ำหนักที่เกินคือน้ำหนักของสารแขวนลอย หรือของแข็งที่มีอยู่ในน้ำทั้งหมด

วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ

การวิเคราะห์ Total Hardness โดยวิธี EDTA Titrimetric

1. ใช้ตัวอย่าง 25 mL (หรือ 25 mL) และเติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 mL
2. เติม Buffer solution 1-2 mL เพื่อให้ได้ pH 10.0 ± 0.1
3. เติม Eriochrome black T indicator 100 mg โดยใช้ Spatula
4 ไตเตรทด้วย 0.01 M EDTA titrant เขย่า flask อย่างสม่ำเสมอ จนสีม่วงแดงจางหายไป และได้ End point เป็นสีน้ำเงิน (ถ้า End point ไม่เด่นชัด จะต้องเริ่มวิเคราะห์ใหม่ โดยเติม Inhibitor solution หลังจากเติม Buffer solution ในข้อ 2)
5. คำนวณ

$$\text{Total hardness} = \frac{AxBx\ 1{,}000}{mLsample}$$

เมื่อ A = mL ของ EDTA ที่ใช้

B = mg $CaCO_3$ ที่มีค่าเท่ากับ 1 mL 0.01 M EDTA

หมายเหตุ ต้องทำการไตเตรท ให้เสร็จภายในเวลา 5 นาที หลังจากใส่ Indicator เพื่อจะช่วยลดปริมาณ $CaCO_3$ ที่ตกตะกอน และการวิเคราะห์ควรทำที่อุณหภูมิห้อง

ภายใต้แสงสว่างธรรมชาติหรือหลอดไฟเรืองแสงเท่านั้น ในการไตรเตรทไม่ควรใช้ EDTA solution มากกว่า 15 mL ถ้าเกินให้ลดปริมาตรของตัวอย่างลง ถ้าตัวอย่างมีค่า Hardness ต่ำ (น้อยกว่า 5 mg / L) ให้ใช้ตัวอย่าง 100-1,000 mL ในการวิเคราะห์และให้เพิ่มปริมาณ Reagent ตามอัตราส่วน

วิธีการวิเคราะห์ไบโอเคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์

วิธี Azide Modification

1. ล้างขวด BOD ด้วยน้ำจากบริเวณเก็บตัวอย่าง
2. เก็บน้ำตัวอย่าง 3 ขวด ด้วยขนาด BOD ใส ที่ระดับความลึก 30 cm ปิดฝาใต้น้ำ โดยไม่ให้มีฟองอากาศ
3. วิเคราะห์ DO ทันที โดยวิธี Azide modification (ดูจากบทที่ 7) ให้เป็น DO_1
4. เก็บน้ำตัวอย่างอีก 3 ขวด ด้วยขวด BOD สีดำ ที่ระดับความลึกและเวลาเดียวกับข้อ 2.
5. เก็บใน Incubator ที่อุณหภูมิ 20 ^{0}C เป็นเวลา 5 วัน
6. นำมาวิเคราะห์หา DO ให้เป็น DO_2
7. คำนวณจากสูตร

$$BOD_5 (mg/L) = DO_1 - DO_2$$

เมื่อ DO_1 = DO ของน้ำจากขวด BOD ใส (mg/L)

DO_2 = DO ของน้ำที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 ^{0}C เป็นเวลา 5 วัน จากขวด BOD สีดำ (mg/L)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

วิธี Azide Modification

1. เก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวดบีโอดี จากระดับความลึกที่ต้องการ โดยไม่ให้มีฟองอากาศ และปิดฝาขวดให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ
2. เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 mL (ห้ามเขย่าขวด) และสารละลาย Alkali-iodide azide reagent 1 mL
3. ปิดฝา เขย่า จนได้ตะกอน 2/3 ของสารละลายทั้งหมด เขย่าอีกครั้งละทิ้งไว้ให้เกิดตะกอน 2/3 ของสารละลายใหม่
4. เติม conc. H_2SO_4 1 mL ปิดฝา เขย่าจนตะกอนละลายหมด

5. นำสารละลายจาก (4) มา 100 mL ไตเตรทด้วย 0.025 M $Na_2S_2O_3$ จนได้สีเหลืองซีด
6. เติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน
7. ไตเตรทต่อไปเรื่อยๆ ทีละหยด จนสีน้ำเงินจางหายไป
8. คำนวณ

DO (mg / L) = จำนวน mL ของสารละลายมาตรฐาน 0.025 M $Na_2S_2O_3$ x 2

วิธีการที่ใช้วิเคราะห์เคมีคัลออกซิเจนดีแมนด์

วิธี Closed Reflux Titrimetic

1. ล้างหลอดทดลองและฝาก่อนใช้ด้วย 20% H_2SO_4
2. ปิเปตน้ำตัวอย่าง 5 mL ใส่หลอดทดลอง และเตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น
3. เติม Standard potassium dichromate digestion solution 3 mL
4. ค่อยๆ เติม Sulfuric acid reagent 7 mL จะเกิดเป็นชั้นของกรดอยู่ใต้หลอดทดลอง
5. ปิดฝาให้สนิท เขย่าหลอดให้สารละลายผสมกันดี (อันตรายมาก ต้องระวังสารละลายร้อนและความร้อนจากหลอด จึงควรใส่ถุงมือ)
6. นำหลอดใส่ในตะแกรงโลหะนำเข้าไว้ Hot air oven ซึ่งได้เปิดเครื่องไว้ก่อนมีอุณหภูมิ 150 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
7. นำออกมาปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทสารละลายใส่ในขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)
4. เติม Ferroin indicator 0.05 - 0.10 mL (1-2 หยด) เขย่าแรงๆ (อาจใช้ Magnetic stirrer ช่วย) และไตเตรทกับ 0.10 M FAS เมื่อถึง end point สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำเงินไปเป็นสีน้ำตาลแดง

9. ทำซ้ำข้อ (3) ถึง (8) กับ blank
10. การคำนวณ

$$COD\ (mg/L) = \frac{(A - B) \times M \times 8{,}000}{mL\,sample}$$

เมื่อ A = mL FAS ที่ใช้กับ blank

B = mL FAS ที่ใช้กับตัวอย่าง และ

M = molarity ของ FAS

การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในสาหร่าย และตะกอน

1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในตัวอย่างสาหร่าย

- ชั่งตัวอย่างสาหร่าย (ซึ่งอบแห้ง) 2 g.
- เติม conc HNO_3 20 ml
- เติม Vanadium pentoxide 0.05 g (20 mg)
- ต้มให้เดือด บน hot plate จนเกือบแห้ง
- ถ้าตัวอย่างย่อยไม่หมด เติม conc HNO_3 20 ml
- ต้มต่อจนเกือบแห้ง
- ปล่อยให้เย็นถึง อุณหภูมิห้อง
- กรองและปรับปริมาตรเป็น 25 ด้วย 2% HNO_3
- วิเคราะห์ด้วย AAS ที่ช่วงคลื่น 283.3 nm.
- วัดค่า absorbenc และเทียบค่ากับสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว จาก Calibration curve

2. วิธีวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในดิน

- ชั่งดินแห้งและบดละเอียด 3 g
- เติม conc. HNO_3 20 ml
- ต้มบน hot plate 3 ชั่วโมง
- ถ้าตัวอย่างย่อยไม่หมด เติม conc HNO_3 20 ml
- ปล่อยให้เย็นถึง อุณหภูมิห้อง
- กรองและปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วย 2% HNO_3
- วิเคราะห์ด้วย AAS ที่ช่วงคลื่น 283.3 nm.
- วัดค่า absorbenc และเทียบค่ากับสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว จาก Calibration curve

การเตรียมสารละลายมาตรฐานของตะกั่ว (Pb)

1. ละลาย $Pb(NO_3)2$ 1.5985 กรัม ใน HNO_3 20 ml. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml.
2. ปิเบตสารละลายมาตรฐานจากข้อ 1. มา 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 ปรับปริมาตรด้วยกรด NHO_3 2% ให้เป็น 1000 ml. จะมีความเข้มข้น 0.5 mg Pb /l , 1 mg Pb /l, 1.5 mg Pb /l, 2 mg Pb /l, 2.5 mg Pb /l, 3 mg Pb /l

ภาคผนวก ข

- แพลงก์ตอนพืชที่พบในคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)
  สาหร่ายยึดเกาะที่พบในคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- จำนวน species ของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือนในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

ตาราง 1 แพลงก์ตอนพืชที่พบในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

เดือน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
Division/ Sites	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Chlorophyta																																															
1.*Actinastrum* sp.																																		+														
2. *Anhistrodesmus* sp.					+	+	+				+	+					+		+		+		+	+			+				+								+							
3.*Chlorella vulgaris*	+	+	+	+	+	+	++	-	+	++	+	+	-	+		+	+	+	+	+	+	++	+	+	+		++	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.*Chlamydomonas* sp.1	+	+	+	+	+		+	+		+	+				+	+	+				+	+			+						+															
5.*Chlamydomonas* sp.2	+															+																																
6.*Chlorococcum* sp.									+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7.*Coelastrum* sp.						+									+							+																										
8.*Closterium* sp.		+	+			+							+		+										+				+		+				+												
9.*Crucigenia* sp.								+		+							+							+		+			+																		
10.*Entophlon ovatum*																		+	+				+		+																			+			+		
11.*Monoraphidium* sp.				+									+																+					+														
12.*Scenedesmus* sp.1					+++++	+	+					+		+	+	+	+							+	+	-	+	+				+		+	+							+					
13.*Scenedesmus* sp.2																			+					+		-	+							+													
14.*Scenedesmus* sp.3																								+										+													
15.*Staurastrum* sp.																									+																						
Cyanophyta																																															
1.*Chroococcus* sp.1	+	+	+				+	+	+	+	+	+			+	+	+	+				+	+	+		+	+							+		+										
2.*Chroococcus* sp.2					+	+	-	+			+							+	+															+	+											
3.*Cylindrospermopsis* sp.																												+																		
4.*Hydrocoleum* sp.			+	+			+																																							
5.*Lyngbya* sp.	+																																													
6.*Merismopedia* sp.																			+			+	+	+	+	+	+						+	+	+	+						+					
7.*Microcystis aeruginosa*																										+	+																				
8.*Oscillatoria tenuis*	++	++	++	+			+++	+				++	+	+++	++	+	+	+	++	+					+	+++++	+++++		+	+++++	+++	+	+	+	+					+	+	+++++	+	+	+++++	+		++
9.*Oscillatoria* sp.2										++	+						+	+	+++	+++																											
10.*Phormidium* sp.								+								+		+	+							+																		+	+		+		
11. *Spirulina major*													+	+	+																																	
Chrysophyta																																															
1.*Achnanthes* sp.																																															
2.*Diatoma* sp.	+																																														
3.*Fragilaria* sp.								+			+						+	+++++	+++++	+					+	+				+	+																

ตาราง 1 (ต่อ)

เดือน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
Division/ Sites	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Chrysophyta																																																
4.*Gomphonema* sp.1								+	+																																							
5.*Gomphonema* sp.2				+	+												+									+																					
6.*Meiosira granulata*																									+	+							+	+	+	+											
7.*Meiosira varians*																												+						+													
8.*Navicula* sp.1										+		+				+					+							+																			
9.*Navicula* sp.2						+	+	+	+								+					+	+	+											+								+					
10.*Navicula* sp.3									+			+						+	+										+							+											
11.*Navicula* sp.4																												+						+		+	+				+		+					
12.*Navicula* sp.5									+																	+					+	+		+							+	+	+				
13.*Nitzschia* sp.1																																												+					
14.*Nitzschia* sp.2	+		+	+																					+	+		+						+													
15.*Nitzschia* sp.3	+		+																																													
16.*Nitzschia* sp.4	+						+		+	+																																						
17.*Pinnularia* sp.																																																
18.*Surirella* sp.	+			+																									+	+					+						+	+	+				
Euglenophyta																																										+							
1.*Euglena acus*				+		+					+					+																															
2.*Euglena caudata*					+	+++++		+			+											+																									
3.*Euglena geniculata*															+														+													+					
4.*Euglena klebsii*															+																											+	+				
5.*Euglena sociabilis*										+	+																		+																	
6.*Euglena* sp.1	+		+	+							+																			+					+											
7.*Euglena* sp.2	+			+																		+	+	+					+	+	+	+			+							+		+	++++		
8.*Phacus acuminata*											+																																				
9.*Trachelomonas* sp.																							+																						+		
Cryptophyta																																																
1.*Cryptomonas erosa*	+				+	+		+		+		+		+			+						+		+	+	+	+	+				+	+	+										
2.*Chlomonas* sp.					+								+				+								+	+	+	+	+					+												

หมายเหตุ จากการตรวจนับปริมาณของสาหร่ายชนิดต่าง ได้ให้คะแนนเพื่อแสดงความชุกชุมของการพบดังนี้

5 Rare +, 6-10 Occation ++, 11-15 Frequent +++, 16-20 Abundant ++++, มากกว่า 21 Dominant +++++

ตาราง 2 สาหร่ายยึดเกาะที่พบในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

เดือน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
Division/ Sites	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Chlorophyta																																																
1.*Actinastrum* sp.																									+																							
2. *Ankistrodesmus* sp.										+																																					
3.*Chlorella vulgaris*	+	+			+	++		+	+	+			+	+	+	+	+		+		+	+	+		+	+	-		+				+	+	+						+	+	+				
4.*Chlamydomonas* sp.1	+	+														+					+				+		+															+	+		+	+	+	+
5.*Chlorococcum* sp.						+		+	+		+	+					+		+						+	+																					
6.*Coelastrum* sp.						+																																										
7.*Cosmarium* sp.						+																																										
8.*Closterium* sp.	+																								+																							
9.*Cruciginia* sp.																																																
10.*Entosiphon ovatum*																																																
11.*Monoraphidium* sp.																																																
12.*Oeldogonium* sp.										+																																					
13.*Scenedesmus* sp.1						+		+																																								
14.*Scenedesmus* sp.2											+																																					
15.*Scenedesmus* sp.3										+																																					
16.*Stigeoclonium* sp.						+																																										
Cyanophyta																																																
1.*Chroococcus* sp.1	+		+	+		+	+			+												+		+				+								+											
2.*Hydrocoleum* sp.		+	+				+																			+																						
3.*Lyngbya* sp.	+														+																																	
4.*Merismopedia* sp.																										+		+																				
5.*Microcystis aeruginosa*																																																
6.*Oscillatoria tenuis*	+	+	+++	++	++++	+	++	+++++		-	+	+	+	+	+++	+	+	+	+	+	++	+	+++	+++	+	+	+	+	+	++++	++	++	+		+		+				+	++	+	+++++	++	+	+
7.*Oscillatoria* sp.2																																	+														
8.*Oscillatoria* sp.3																																	+	+	+												
9.*Oscillatoria* sp.4																																	+	+													
10.*Phormidium* sp.	+		+	+						-			++	+		+++	+												+				+	+	+						+	+	+				
11.*Spirulina major*														+		+									+				+															+			
Chrysophyta																																																
1.*Achnanthes* sp.		+											+									+																									
2.*Cymbella* sp.	+													+											+																			+	+	+	+

ตาราง 2 (ต่อ)

เดือน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
Division/ Sites	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Chrysophyta																																																
3.*Fragilaria* sp.1	+								+				+				+	+	+		+	+							+	+	+		+	+	+	+		+	+	+							
4.*Gomphonema* sp.1					+		+	+	+				+	+							+															+				+				+	+	–	
5.*Gomphonema* sp.2	+									+			+											+	+																							
6.*Melosila granulata*																							+					+	+																		
7.*Navicula* sp.1	+						+	+								+	+	+	+									+++++	+	+		+	++			+	+	+		+							+
8.*Navicula* sp.2	+						+	+									+	+	+	+				+	+	+	+	+	+			+				+	+	+		+				+	+	–	
9.*Navicula* sp.3	+						+	+										+			+							+				+	+	+												
10.*Navicula* sp.4		+	+	+				+		+		+	+			+		+	+++	+				+	+	+	–	+	+	+		+	++	+						+		+	+	+	++	+	–	+
11.*Navicula* sp.5		+						+											+					+																							
12.*Nitzschia* sp.1																												+																				+
13.*Nitzschia* sp.2																																																
14.*Pinnularia* sp.				+			+	+					+											+					+	+	+	+						+								+
15.*Surirella* sp.				+				+	+	+						+							–								+			+	+	+										
Euglenophyta																																																
1.*Euglena acus*		+																																				+										
2.*Euglena caudata*						+																	–	+																							
3.*Euglena deses*																																				+												
4.*Euglena geniculata*																																				+												
5.*Euglena klebsii*																+																															
6.*Euglena* sp.1	+	+	+	+									+						+				–	+		+		+			+	+			+	+							+				
7.*Euglena* sp.2												+																+																			
8.*Phacus longicaude*																								+	+																						
Cryptophyta																																																
1.*Cryptomonas erose*		+																																													
2.*Cryptomonas* sp.		+	+	+		+																																									
3.*Chilomonas* sp.																																																
4.*Monomastix* sp.			+																																												

หมายเหตุ จากการตรวจพบปริมาณของสาหร่ายชนิดเกาะ ได้ใช้คำตะแนนเพื่อแสดงความชุกชุมของการพบครั้งนี้

5 Rare +, 6-10 Occasion ++, 11-15 Frequent +++, 16-20 Abundant ++++, มากกว่า 21 Dominant +++++

ตาราง 3 จำนวน species ของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือน ในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

แพลงก์ตอนพืช													
division	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
Chlorophyta	5	7	6	8	8	9	11	8	9	2	4	5	82
Cyanophyta	4	5	4	4	5	4	6	3	5	1	3	4	48
Chrysophyta	6	4	7	3	4	3	9	4	7	5	10	5	67
Cryptophyta	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	0	0	16
Euglenophyta	3	2	5	3	0	3	0	2	2	2	3	3	28
สาหร่ายยึดเกาะ													
division	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
Chlorophyta	3	6	6	2	2	5	5	2	2	3	3	2	41
Cyanophyta	5	3	3	4	2	2	4	5	7	2	2	4	43
Chrysophyta	11	8	5	9	6	12	9	8	7	6	7	8	96
Cryptophyta	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
Euglenophyta	2	1	1	2	1	3	3	1	3	2	1	0	20

ตาราง 4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

เดือน / ดิวิชั่น	Chlorophyta	Cyanophyta	Chrysophyta	Cryptophyta	Euglenophyta
มกราคม	29.84	47.73	18.65	7.29	5.93
กุมภาพันธ์	41.03	47.00	9.18	6.86	10.21
มีนาคม	24.47	23.78	10.00	61.29	3.12
เมษายน	30.90	38.04	20.88	10.41	9.92
พฤษภาคม	27.51	19.78	45.98	5.10	16.67
มิถุนายน	30.34	47.87	12.46	4.77	8.12
กรกฎาคม	23.31	43.63	20.47	12.58	6.81
สิงหาคม	26.24	52.73	13.37	7.69	8.67
กันยายน	24.84	34.79	20.34	13.62	12.77
ตุลาคม	26.19	19.84	45.24	14.28	42.85
พฤศจิกายน	10.83	41.09	37.34	0.00	14.30
ธันวาคม	14.56	77.78	8.22	7.27	41.87

ตาราง 5 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

เดือน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	20.84	30.77	27.77	40.00	66.67	10.33	30.00	57.15	20.00	36.00	21.88	20.00
Cyanophyta	45.83	61.53	55.56	28.00	0.00	73.87	60.00	7.14	70.00	12.00	3.12	10.00
Chrysophyta	20.84	0.00	11.11	24.00	8.33	0.32	6.67	21.43	10.00	0.00	0.00	10.00
Cryptophyta	8.33	0.00	5.56	8.00	16.67	0.32	3.33	7.14	0.00	52.00	71.88	60.00
Euglenophyta	4.16	7.70	0.00	0.00	8.33	15.16	0.00	7.14	0.00	0.00	3.12	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เดือน	เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	16.67	29.16	27.78	50.00	50.00	13.51	13.21	33.33	50.00	42.86	12.50	16.00
Cyanophyta	16.67	62.50	44.44	28.57	25.00	18.92	1.90	33.33	20.00	33.33	75.00	63.18
Chrysophyta	50.00	4.17	22.22	7.15	16.67	67.57	83.01	16.67	20.00	9.52	8.33	12.00
Cryptophyta	16.66	4.17	0.00	0.00	8.33	0.00	1.88	0.00	0.00	4.77	0.00	0.00
Euglenophyta	0.00	0.00	5.56	14.28	0.00	0.00	0.00	16.67	10.00	9.52	4.17	8.82
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เดือน	กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	40.00	8.00	21.74	23.53	53.34	0.00	11.11	14.28	33.34	26.67	15.38	24.00
Cyanophyta	13.33	74.00	69.57	17.65	13.33	80.95	66.66	50.00	22.22	26.67	42.30	48.00
Chrysophyta	20.00	12.00	0.00	29.41	6.67	14.29	11.11	21.44	11.11	23.33	26.92	20.00
Cryptophyta	20.00	4.00	8.69	17.65	13.33	4.76	5.56	7.14	11.11	20.00	15.40	8.00
Euglenophyta	6.67	2.00	0.00	11.76	13.33	0.00	5.56	7.14	22.22	3.33	0.00	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เดือน	ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	28.57	33.34	14.28	28.58	12.50	12.50	8.33	10.00	13.330	20.000	10.350	0.000
Cyanophyta	0.00	16.66	28.58	14.28	50.00	59.38	25.00	30.00	75.560	80.000	0.000	77.780
Chrysophyta	0.00	50.00	42.86	42.86	37.50	21.88	50.00	40.00	6.670	0.000	6.900	11.110
Cryptophyta	0.00	0.00	14.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	3.440	11.110
Euglenophyta	71.43	0.00	0.00	14.28	0.00	6.24	16.67	20.00	4.440	0.000	79.310	0.000
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ตาราง 6 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะเฉลี่ยในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

เดือน / ดิวิชั่น	Chlorophyta	Cyanophyta	Chrysophyta	Cryptophyta	Euglenophyta
มกราคม	20.83	41.13	23.32	10.33	27.85
กุมภาพันธ์	38.93	46.24	29.56	20.19	17.79
มีนาคม	15.15	90.13	62.09	0.00	0.85
เมษายน	8.90	63.45	25.24	0.00	4.80
พฤษภาคม	6.47	23.68	54.66	14.44	13.18
มิถุนายน	13.83	53.38	31.67	0.00	6.09
กรกฎาคม	33.56	32.99	34.35	9.40	11.11
สิงหาคม	14.92	64.71	27.82	0.00	0.00
กันยายน	10.28	27.62	61.28	0.00	3.23
ตุลาคม	14.68	51.67	34.37	0.00	11.76
พฤศจิกายน	13.41	29.96	52.78	0.00	9.60
ธันวาคม	10.56	27.97	62.99	0.00	16.02

ตาราง 7 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่(เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

เดือน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	42.86	30.76	3.84	5.89	50.00	61.54	0.00	5.26	33.33	13.95	12.50	0.85
Cyanophyta	19.04	15.39	65.39	64.70	0.00	7.69	60.00	71.05	0.00	4.65	6.25	79.23
Chrysophyta	33.34	23.07	19.23	17.64	25.00	0.00	40.00	23.69	66.67	81.40	81.25	19.07
Cryptophyta	0.00	15.39	3.84	11.77	12.50	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euglenophyta	4.76	15.39	7.70	0.00	12.50	23.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เดือน	เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	10.53	7.69	8.70	8.70	6.67	0.00	1.64	11.11	15.00	18.18	8.33	0.00
Cyanophyta	42.10	76.93	78.26	56.52	20.00	6.25	57.38	11.11	55.00	27.27	50.00	81.25
Chrysophyta	42.10	15.38	13.04	30.44	66.67	87.50	31.15	33.34	25.00	45.45	37.50	18.75
Cryptophyta	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Euglenophyta	5.27	0.00	0.00	4.34	3.33	6.25	9.83	33.33	5.00	9.10	4.17	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เดือน	กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	38.46	22.22	40.00	0.00	20.00	0.00	0.00	9.84	14.28	12.50	11.11	3.23
Cyanophyta	23.08	33.34	20.00	55.56	70.00	54.84	75.00	59.02	14.28	50.00	33.33	12.90
Chrysophyta	30.77	22.22	40.00	44.44	10.00	45.16	25.00	31.14	71.44	37.50	55.56	80.64
Cryptophyta	7.69	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euglenophyta	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เดือน	ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
division/sites	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta	18.18	0.00	20.00	5.88	22.22	11.76	6.25	0.00	7.41	14.28	10.00	0.00
Cyanophyta	63.64	58.33	20.00	64.71	11.11	41.18	43.75	23.80	29.63	14.28	40.00	0.00
Chrysophyta	18.18	41.67	60.00	17.65	50.00	41.18	43.75	76.20	55.55	71.44	50.00	75.00
Cryptophyta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euglenophyta	0.00	0.00	0.00	11.76	16.67	5.88	6.25	0.00	7.41	0.00	0.00	25.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ภาคผนวก ค

- ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542
- คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่

(เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

ปัจจัย / เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
Depth (M)	1.37	1.37	1.10	0.65	0.62	1.37	0.62	0.75	0.62	0.62	0.62	0.62
Water temp.(°C)	26.12	29.00	30.10	30.75	29.60	29.60	26.50	29.87	29.87	25.70	26.90	23.15
Air temp.(°C)	31.50	33.70	36.10	30.70	31.00	32.80	30.50	31.87	31.70	25.50	31.12	25.17
TSS (mg/l)	0.29	0.42	1.21	0.29	0.35	0.35	0.86	0.91	2.18	0.44	0.56	0.28
Hardness(mg/l as $CaCO_3$)	53.25	55.25	57.00	55.50	61.25	57.10	34.10	41.00	36.40	51.60	45.90	41.20
pH	7.45	8.15	7.20	7.20	7.20	7.50	6.80	7.20	7.52	7.20	7.30	7.55
Conductivity (us/cm)	580.70	525.50	492.00	551.70	467.50	488.50	233.50	444.70	530.50	432.70	422.20	430.50
TDS (mg/l)	290.40	263.00	246.20	276.00	234.00	244.50	117.00	222.70	265.70	216.50	211.20	215.50
DO(mg/l)	3.52	3.52	3.30	3.50	3.57	3.01	2.45	3.57	3.47	3.52	3.62	3.67
BOD(mg/l)	6.00	11.25	11.50	6.00	7.15	6.02	4.80	7.15	6.95	7.05	7.25	7.35
COD(mg/l)	936.00	753.00	313.00	224.00	260.50	232.00	56.00	112.00	200.00	180.50	184.00	210.20
Pb in algae (mg/kg)	936.00	25.80	15.02	16.80	13.70	12.60	26.60	8.68	18.85	25.80	16.20	4.71
Pb in sediment (mg/kg)	936.00	12.57	17.50	14.70	13.60	24.40	19.40	14.80	13.60	7.10	6.11	8.18

ตาราง 9 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่
(เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

จุดที่	ปัจจัย/เดือน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1	Depth (M)	1.50	1.50	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Water temp.(oC)	25.50	28.00	30.00	30.00	29.00	29.50	25.00	29.50	28.00	25.00	24.00	20.90
	Air temp.(oC)	30.00	37.00	39.50	31.00	31.50	34.50	31.00	32.00	30.50	24.00	30.00	24.50
	TSS (mg/l)	0.28	0.18	0.20	0.18	0.28	0.20	0.08	0.18	0.18	0.18	0.20	0.22
	Hardness(mg/l as $CaCO_3$)	50.00	48.00	65.00	52.00	54.00	52.00	32.50	36.00	39.00	47.50	45.00	39.00
	pH	7.70	7.40	7.20	7.20	7.10	7.60	6.60	7.23	7.66	7.14	7.34	8.17
	Conductivity(us/cm)	641.00	332.00	315.00	476.00	375.00	323.00	196.00	267.00	957.00	387.00	262.00	433.00
	TDS (mg/l)	320.50	166.00	157.50	238.00	187.50	161.50	98.00	133.50	478.50	193.50	131.00	216.50
	DO(mg/l)	3.70	3.50	3.60	3.60	3.60	3.00	2.30	3.50	3.40	3.50	3.70	3.80
	BOD(mg/l)	6.00	8.00	10.00	5.80	7.20	6.00	4.60	7.00	6.80	7.00	7.40	7.60
	COD(mg/l)	960.00	644.00	64.00	64.00	60.00	320.00	32.00	224.00	256.00	156.00	192.00	252.00
	Pb in algae(mg/kg)	16.00	3.63	3.20	14.52	0.02	11.61	17.33	2.53	3.57	12.40	1.90	4.32
	Pb in sediment(mg/kg)	13.20	12.70	12.20	9.70	15.43	12.09	18.43	14.90	11.30	14.66	8.73	16.90
2	Depth(M)	0.50	0.50	0.30	0.30	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Water temp.(oC)	27.00	31.00	29.00	32.00	30.00	31.00	27.00	32.00	32.50	26.00	29.00	23.20
	Air temp.(oC)	34.00	34.00	35.00	33.00	33.50	33.00	32.00	34.00	35.50	24.54	35.00	27.00
	TSS (mg/l)	0.34	0.80	0.28	0.30	0.40	0.40	0.34	0.80	8.20	0.82	0.20	0.34
	Hardness(mg/l as $CaCO_3$)	56.00	60.00	60.00	50.00	60.00	58.50	36.50	45.00	34.00	49.00	45.50	40.00
	pH	7.50	10.40	7.20	7.10	7.20	7.60	7.00	7.37	7.63	7.30	7.33	7.38
	Conductivity(us/cm)	721.00	597.00	477.00	568.00	570.00	618.00	241.00	543.00	365.00	452.00	495.00	443.00
	TDS (mg/l)	360.50	298.50	238.50	284.00	285.00	309.00	120.50	271.50	182.50	226.00	247.50	221.50
	DO(mg/l)	3.60	3.50	3.20	3.50	3.60	3.10	2.60	3.70	3.50	3.60	3.60	3.50
	BOD(mg/l)	8.00	15.00	14.00	6.20	7.20	6.20	5.20	7.40	7.00	7.20	7.20	7.00
	COD(mg/l)	1056.00	1088.00	512.00	128.00	102.00	128.00	32.00	96.00	160.00	180.00	160.00	196.00
	Pb in algae(mg/kg)	29.00	27.30	8.30	39.20	19.97	11.80	26.31	1.10	8.09	27.14	16.56	6.74
	Pb in sediment(mg/kg)	13.00	4.00	20.80	7.60	6.49	24.40	8.06	7.72	27.38	2.67	2.43	1.95
3	Depth(M)	0.50	0.50	0.60	0.30	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50
	Water temp.(oC)	26.00	28.00	31.50	30.00	31.50	30.00	26.00	29.00	28.00	26.00	27.00	27.00
	Air temp.(OC)	30.00	32.00	38.00	30.00	33.00	33.00	27.00	31.00	29.80	27.00	28.50	22.20
	TSS (mg/l)	0.26	0.34	0.40	0.34	0.26	0.40	0.24	0.36	0.16	0.52	0.22	0.30
	Hardness(mg/l as $CaCO_3$)	57.00	58.00	53.00	65.00	65.00	58.00	37.50	45.00	36.50	56.00	48.00	46.00
	pH	7.30	7.40	7.20	7.20	7.20	7.50	7.00	7.14	7.41	7.20	7.24	7.33
	Conductivity(us/cm)	413.00	648.00	602.00	577.00	576.00	527.00	252.00	572.00	423.00	448.00	486.00	416.00
	TDS (mg/l)	206.50	324.00	301.00	288.50	288.00	263.50	126.00	286.00	211.50	224.00	243.00	208.00
	DO(mg/l)	3.40	3.60	3.30	3.50	3.50	2.95	2.40	3.60	3.50	3.50	3.60	3.60
	BOD(mg/l)	6.00	10.00	12.00	6.00	7.00	5.90	4.60	7.20	7.00	7.00	7.20	7.20
	COD(mg/l)	928.00	608.00	64.00	64.00	640.00	160.00	64.00	32.00	176.00	180.00	128.00	234.00
	Pb in algae(mg/kg)	39.00	38.00	33.20	11.45	18.47	12.00	34.50	18.98	4.68	53.95	14.10	1.65
	Pb in sediment(mg/kg)	20.75	23.63	27.00	16.80	22.95	34.53	23.48	22.87	5.54	4.26	4.54	10.11
4	Depth(M)	3.00	3.00	3.00	1.00	0.50	3.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Water temp.(OC)	26.00	29.00	30.00	31.00	28.00	28.00	28.00	29.00	31.00	26.00	27.60	21.50
	Air temp.(oC)	32.00	32.00	32.00	29.00	26.00	31.00	32.00	30.50	31.00	26.50	31.00	27.00
	TSS (mg/l)	0.28	0.34	0.33	0.32	0.44	0.40	0.18	2.28	0.18	0.24	1.62	0.28
	Hardness(mg/l as $CaCO_3$)	50.00	55.00	50.00	55.00	66.00	60.00	30.00	38.00	36.00	54.00	45.00	40.00
	pH	7.30	7.40	7.20	7.20	7.20	7.20	6.50	7.16	7.39	7.06	7.20	7.32
	Conductivity(us/cm)	548.00	525.00	574.00	586.00	349.00	486.00	245.00	397.00	377.00	444.00	446.00	430.00
	TDS (mg/l)	274.00	262.50	287.00	293.00	174.50	243.00	122.50	198.50	188.50	222.00	223.00	215.00
	DO(mg/l)	3.40	3.50	3.30	3.40	3.60	3.00	2.50	3.50	3.50	3.50	3.60	3.80
	BOD(mg/l)	4.00	12.00	10.00	6.00	7.20	6.00	5.00	7.00	7.00	7.00	7.20	7.60
	COD(mg/l)	800.00	672.00	612.00	640.00	240.00	320.00	96.00	96.00	208.00	206.00	256.00	159.00
	Pb in algae(mg/kg)	36.00	34.50	15.38	2.17	16.26	15.00	28.50	12.11	6.36	9.75	32.07	6.14
	Pb in sediment(mg/kg)	19.50	10.00	17.70	24.90	9.50	26.83	27.68	14.00	10.32	6.79	8.73	3.78

ภาคผนวก ง

- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple RangeTest (DMRT) ของสาหร่ายยึดเกาะและคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีโดยเปรียบเทียบในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Range Teste (DMRT) ของสาหร่ายยึดเกาะและคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเดือน ของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายยึดเกาะ และคุณภาพน้ำของคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่
(เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายยึดเกาะ และคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

Parameters / Month	Mean											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
Chrysophyta phytoplankton	13.98^{abc}	9.18^{ab}	4.49^{a}	20.88^{abc}	45.97^{d}	12.46^{abc}	15.35^{abc}	13.53^{abc}	20.42^{abc}	33.92^{abc}	37.34^{cd}	5.44^{a}
Cryptophyta phytoplankton	2.96^{a}	6.86^{a}	32.17^{b}	5.20^{a}	2.55^{a}	1.19^{a}	13.11^{a}	5.11^{a}	15.03^{a}	3.57^{a}	0.00^{a}	2.68^{a}
Chrysophyta benthic algae	23.32^{a}	22.17^{a}	54.82^{bcd}	25.23^{a}	54.65^{bcd}	31.67^{ab}	31.83^{ab}	20.04^{a}	61.28^{cd}	34.37^{abc}	39.79^{abcd}	62.98^{d}
Cryptophyta benthic algae	10.44^{b}	5.04^{ab}	0.00^{a}	0.00^{a}	3.61^{ab}	0.00^{a}	7.05^{ab}	0.00^{a}	0.00^{a}	0.00^{a}	0.00^{a}	6.25^{ab}
Air temperature	25.75^{abc}	31.25^{cd}	32.50^{d}	31.00^{cd}	30.25^{cd}	30.87^{cd}	28.00^{bc}	30.50^{cd}	30.50^{cd}	25.50^{ab}	28.40^{bc}	24.05^{a}
Water Temperature	26.12^{b}	29.00^{cd}	30.12^{d}	30.75^{d}	29.62^{d}	29.62^{d}	26.50^{b}	29.87^{d}	29.87^{d}	2.57^{b}	26.90^{bc}	23.15^{a}
Hardness	53.25^{o}	55.25^{ef}	57.00^{cd}	55.50^{el}	61.25^{el}	57.12^{of}	34.12^{a}	41.00^{bc}	36.37^{ab}	51.62^{bc}	45.87^{cd}	41.25^{bc}
DO	3.52^{b}	3.52^{b}	3.35^{b}	3.50^{b}	3.42^{b}	2.83^{a}	2.75^{a}	3.57^{b}	3.47^{b}	3.52^{b}	3.62^{b}	3.67^{b}
BOD_5	6.00^{ab}	11.25^{c}	11.50^{c}	6.00^{ab}	7.15^{b}	6.02^{ab}	4.85^{a}	7.15^{b}	6.95^{b}	7.05^{b}	7.25^{b}	7.35^{b}
COD	936.00^{b}	753.00^{b}	313.00^{a}	224.00^{a}	260.50^{a}	232.00^{a}	56.00^{a}	112.00^{a}	200.00^{a}	180.50^{a}	184.00^{a}	210.25^{a}
Lead in benthic algae	30.00^{c}	25.87^{bc}	15.02^{abc}	16.94^{abc}	13.70^{abc}	12.60^{abc}	26.65^{bc}	8.68^{ab}	5.67^{a}	25.81^{bc}	16.17^{abc}	4.71^{a}
Lead in sediment	16.61^{abc}	12.57^{abc}	19.42^{bc}	15.50^{abc}	13.59^{abc}	24.38^{c}	19.41^{bc}	14.88^{abc}	13.63^{abc}	7.10^{a}	6.10^{a}	8.18^{ab}

ตาราง 11 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ของสาหร่ายยึดเกาะและคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี โดยเปรียบเทียบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

	Mean			
Parameters / Station	s1	s2	s3	s4
Chlorophyta benthic algae	29.332[b]	18.562[ab]	10.7924[a]	8.491[a]
Depth	1.000[ab]	18.4608[b]	23.344[b]	17.860[b]
Lead in benthic algae	7.614[a]	0.550[a]	0.533[a]	1.375[b]

ตาราง 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายยึดเกาะและคุณภาพน้ำของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

	Chlorophyta_P	Cyanophyta_P	Chrysophyta_P	Cryptophyta_P	Euglenophyta_P	Chlorophyta_A	Cyanophyta_A	Chrysophyta_A	Cryptophyta_A	Euglenophyta_A	Depth	Air temperature	Water temperature	TSS	Hardness	pH	Conductivity	TDS	DO	BOD	COD	Pb in algae	Pb in sediment
Chlorophyta_P	1.000	-0.496**	-0.214	0.094	0.007	0.200	0.092	-0.251	0.272	-0.095	0.295	0.354	0.146	-0.060	0.115	-0.119	-0.058	-0.058	-0.208	0.009	0.252	-0.049	0.167
Cyanophyta_P		1.000	-0.358*	-0.391**	-0.371**	0.083	-0.099	-0.010	0.044	0.188	-0.227	-0.185	-0.179	-0.025	-0.068	0.285*	0.037	0.037	0.022	-0.067	-0.027	0.030	-0.075
Chrysophyta_P			1.000	-0.204	-0.183	-0.327*	0.082	0.138	-0.196	0.037	-0.041	0.004	0.061	0.060	0.130	-0.209	-0.029	-0.030	0.179	-0.235	-0.139	0.104	-0.231
Cryptophyta_P				1.000	-0.174	-0.001	-0.126	0.236	-0.073	-0.231	0.172	0.147	0.211	0.074	-0.099	-0.154	0.049	0.048	-0.118	0.412**	0.000	0.075	0.312*
Euglenophyta_P					1.000	0.056	0.100	-0.132	-0.035	-0.037	-0.029	-0.187	-0.124	-0.043	-0.059	0.041	-0.018	-0.017	0.070	-0.021	-0.037	-0.198	-0.069
Chlorophyta_A						1.000	-0.497**	-0.238	0.448**	0.256	-0.065	0.317*	-0.081	-0.042	-0.016	0.445**	-0.154	-0.154	-0.068	0.186	0.302*	-0.009	-0.103
Cyanophyta_A							1.000	-0.647**	-0.255	-0.407**	0.335*	-0.097	0.220	0.081	0.032	-0.225	0.080	0.080	-0.109	-0.268	0.018	0.163	0.271
Chrysophyta_A								1.000	-0.342*	-0.124	-0.312*	-0.056	-0.110	-0.014	-0.127	-0.176	0.040	0.040	0.120	0.150	-0.378**	-0.185	-0.139
Cryptophyta_A									1.000	0.489**	0.111	0.022	-0.126	-0.079	0.082	0.140	-0.082	-0.082	-0.031	-0.041	0.419**	0.187	-0.064
Euglenophyta_A										1.000	-0.153	-0.117	-0.201	-0.113	0.256	0.369**	-0.053	-0.053	0.164	0.137	0.261	-0.091	-0.280
Depth											1.000	0.029	-0.051	-0.111	0.083	-0.014	0.146	0.146	-0.043	0.004	0.342*	0.069	0.176
Air temperature												1.000	0.695**	0.122	0.216	0.075	-0.018	-0.018	-0.089	0.178	-0.008	-0.273	0.168
Water temperature													1.000	0.271	0.303*	0.097	0.257	0.258	-0.154	0.228	-0.016	-0.016	0.252
TSS														1.000	-0.232	0.115	-0.085	-0.084	0.081	0.010	-0.082	-0.049	0.199
Hardness															1.000	0.191	0.387**	0.387**	0.103	0.350*	0.352*	0.176	0.084
pH																1.000	0.323*	0.324*	0.186	0.518**	0.484**	-0.027	-0.191
Conductivity																	1.000	0.100**	0.296*	0.251	0.387**	0.123	0.028
TDS																		1.000	0.296*	0.252	0.387**	0.122	0.028
DO																			1.000	0.240	0.149	-0.151	-0.421*
BOD																				1.000	0.334*	0.035	-0.098
COD																					1.000	0.256	0.040
Pb in algae																						1.000	0.081
Pb in sediment																							1.000

P = Phytoplankton

A = benthic algae

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

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

ภาคผนวก จ

- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA)ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่าจังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA)ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในแต่ละเดือนคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542)
- มาตรฐานคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะ และสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Chlorophyta phytoplankton	Between Groups	3128.559	11	284.414	1.336	0.246
	Within Groups	7666.649	36	212.962		
	Total	10795.207	47			
Cyanophyta phytoplankton	Between Groups	7800.631	11	709.148	1.096	0.392
	Within Groups	23297.604	36	647.156		
	Total	31098.235	47			
Chrysophyta phytoplankton	Between Groups	7437.482	11	676.135	2.897	0.008
	Within Groups	8400.781	36	233.355		
	Total	15838.263	47			
Cryptophyta phytoplankton	Between Groups	6703.539	11	609.413	5.490	0.000
	Within Groups	3996.006	36	111.000		
	Total	10699.544	47			
Euglenophyta phytoplankton	Between Groups	1874.718	11	170.429	0.658	0.767
	Within Groups	9327.450	36	259.096		
	Total	11202.168	47			
Chlorophyta benthic algae	Between Groups	2563.205	11	233.019	1.223	0.307
	Within Groups	6856.519	36	190.459		
	Total	9419.724	47			
Cyanophyta benthic algae	Between Groups	10908.764	11	991.706	1.836	0.084
	Within Groups	19445.187	36	540.144		
	Total	30353.951	47			
Chrysophyta benthic algae	Between Groups	11719.869	11	1065.443	3.402	0.003
	Within Groups	11274.540	36	313.182		
	Total	22994.409	47			
Cryptophyta benthic algae	Between Groups	334.139	11	30.376	2.486	0.020
	Within Groups	439.958	36	12.221		
	Total	774.097	47			
Euglenophyta benthic algae	Between Groups	727.122	11	66.102	1.258	0.287
	Within Groups	1891.046	36	52.529		
	Total	2618.167	47			

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Chlorophyta phytoplankton	Between Groups	1671.853	3	557.284	2.688	0.058
	Within Groups	9123.355	44	207.349		
	Total	10795.207	47			
Cyanophyta phytoplankton	Between Groups	2838.788	3	946.263	1.473	0.235
	Within Groups	28259.447	44	642.260		
	Total	31098.235	47			
Chrysophyta phytoplankton	Between Groups	280.351	3	93.450	0.264	0.851
	Within Groups	15557.912	44	353.589		
	Total	15838.263	47			
Cryptophyta phytoplankton	Between Groups	92.801	3	30.934	0.128	0.943
	Within Groups	10606.743	44	241.062		
	Total	10699.544	47			
Euglenophyta phytoplankton	Between Groups	416.265	3	138.755	0.566	0.640
	Within Groups	10785.904	44	245.134		
	Total	11202.168	47			
Chlorophyta benthic algae	Between Groups	2380.924	3	793.641	4.961	0.005
	Within Groups	7038.800	44	159.973		
	Total	9419.724	47			
Cyanophyta benthic algae	Between Groups	3301.137	3	1100.379	1.790	0.163
	Within Groups	27052.814	44	614.837		
	Total	30353.951	47			
Chrysophyta benthic algae	Between Groups	83.313	3	27.771	0.053	0.984
	Within Groups	22911.096	44	520.707		
	Total	22994.409	47			
Cryptophyta benthic algae	Between Groups	39.857	3	13.286	0.796	0.503
	Within Groups	734.240	44	16.687		
	Total	774.097	47			
Euglenophyta benthic algae	Between Groups	124.759	3	41.586	0.734	0.537
	Within Groups	2493.408	44	56.668		
	Total	2618.167	47			

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในแต่ละเดือนของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DEPTH	Between Groups	4.962	11	0.451	0.864	0.581
	Within Groups	18.788	36	0.522		
	Total	23.750	47			
AIR_TEMP	Between Groups	286.827	11	26.075	4.294	0.000
	Within Groups	218.588	36	6.072		
	Total	505.415	47			
WAT_TEMP	Between Groups	243.242	11	22.113	9.092	0.000
	Within Groups	87.555	36	2.432		
	Total	330.797	47			
TSS	Between Groups	13.170	11	1.197	0.813	0.627
	Within Groups	53.018	36	1.473		
	Total	66.187	47			
HARDN	Between Groups	3602.432	11	327.494	16.252	0.000
	Within Groups	725.438	36	20.151		
	Total	4327.870	47			
PH	Between Groups	4.804	11	0.437	2.005	0.057
	Within Groups	7.843	36	0.218		
	Total	12.647	47			
COND	Between Groups	352750.563	11	32068.233	1.912	0.071
	Within Groups	603655.750	36	16768.215		
	Total	956406.313	47			
TDS	Between Groups	88123.807	11	8011.255	1.914	0.070
	Within Groups	150666.188	36	4185.172		
	Total	238789.995	47			
DO	Between Groups	3.846	11	0.350	7.330	0.000
	Within Groups	1.717	36	0.048		
	Total	5.562	47			
BOD	Between Groups	177.657	11	16.151	12.464	0.000
	Within Groups	46.648	36	1.296		
	Total	224.305	47			
COD	Between Groups	3048771.729	11	277161.066	10.438	0.000
	Within Groups	955950.750	36	26554.188		
	Total	4004722.479	47			
PB_A	Between Groups	3204.214	11	291.292	2.255	0.033
	Within Groups	4650.796	36	129.189		
	Total	7855.010	47			
PB_SED	Between Groups	1292.907	11	117.537	2.503	0.019
	Within Groups	1690.793	36	46.966		
	Total	2983.700	47			

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ Analysis of Variance (ANOVA) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างของคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (เดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542)

		Sum of Squares	.df	Mean Square	F	Sig.
DEPTH	Between Groups	5.851	3	1.950	4.794	0.006
	Within Groups	17.899	44	0.407		
	Total	23.750	47			
AIR_TEMP	Between Groups	81.027	3	27.009	2.800	0.051
	Within Groups	424.388	44	9.645		
	Total	505.415	47			
WAT_TEMP	Between Groups	27.692	3	9.231	1.340	0.274
	Within Groups	303.105	44	6.889		
	Total	330.797	47			
TSS	Between Groups	5.727	3	1.909	1.389	0.259
	Within Groups	60.461	44	1.374		
	Total	66.187	47			
HARDN	Between Groups	188.807	3	62.936	0.669	0.576
	Within Groups	4139.063	44	94.070		
	Total	4327.870	47			
PH	Between Groups	1.113	3	0.371	1.415	0.251
	Within Groups	11.534	44	0.262		
	Total	12.647	47			
COND	Between Groups	66453.729	3	22151.243	1.095	0.361
	Within Groups	889952.583	44	20226.195		
	Total	956406.313	47			
TDS	Between Groups	16573.141	3	5524.380	1.094	0.362
	Within Groups	222216.854	44	5050.383		
	Total	238789.995	47			
DO	Between Groups	0.024	3	0.008	0.064	0.978
	Within Groups	5.538	44	0.126		
	Total	5.562	47			
BOD	Between Groups	9.752	3	3.251	0.667	0.577
	Within Groups	214.553	44	4.876		
	Total	224.305	47			
COD	Between Groups	65310.229	3	21770.076	0.243	0.866
	Within Groups	3939412.250	44	89532.097		
	Total	4004722.479	47			
PB_A	Between Groups	1580.407	3	526.802	3.694	0.019
	Within Groups	6274.603	44	142.605		
	Total	7855.010	47			
PB_SED	Between Groups	341.253	3	113.751	1.894	0.145
	Within Groups	2642.447	44	60.056		
	Total	2983.700	47			

รายงานค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 17 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ค่าที่กำหนด	กำหนดโดย
pH (ไม่มีหน่วย)	แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ตามธรรมชาติ แหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 เท่ากับ 5-9 5-9	มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2529) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2525)
Temperature (C)	แหล่งน้ำประเภทที่ 1-4 เป็นไปตามธรรมชาติ 23-32 โดยเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและเปลี่ยนแปลงไม่รวดเร็ว ไม่มากกว่า 40	มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2529) กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2530) มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2525)
Total Suspended Solid (TSS: mg/l)	ชุมชน 101 คน เท่ากับ 60 ชุมชน 101-500 คน เท่ากับ 50 ชุมชน 501-2500 คน เท่ากับ 40 ชุมชน 2500 คนขึ้นไป เท่ากับ 30 ไม่มากกว่า 50 และไม่มากเกิน 150 2,000 อาคารประเภท ก ไม่มากกว่า 30 อาคารประเภท ข ไม่มากกว่า 40 อาคารประเภท ค ไม่มากกว่า 50 อาคารประเภท ง ไม่มากกว่า 60	ร่างมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2521) มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (พ.ศ.2539) มาตรฐานน้ำทิ้งลงบ่อบาดาล กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2532)

(ต่อ)

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ค่าที่กำหนด	กำหนดโดย
Total Dissolved Solid (TDS;mg/l)	ชุมชน 101 คน เท่ากับ 500 ชุมชน 101-500 คน เท่ากับ 500 ชุมชน 501-2500คน เท่ากับ 500 ชุมชน 2500 คนขึ้นไป เท่ากับ 500 ไม่มากกว่า 2,000 และไม่เกิน5,000 ไม่มากกว่า 3,000 และไม่เกิน5,000 อาคารประเภท ก ไม่มากกว่า 500 อาคารประเภท ข ไม่มากกว่า 500 อาคารประเภท ค ไม่มากกว่า 500 อาคารประเภท ง ไม่มากกว่า 500	ร่างมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ (พ.ศ. 2521) มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2525) มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม (พ.ศ.2539) มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ (พ.ศ. 2532)
Hardness (mg/l as $CaCO_3$)	100	มาตรฐานน้ำดื่มกระทรวงสาธารณสุข (พ.ศ. 2524)
Dissolved Oxygen (mg/l)	ไม่ต่ำกว่า 3 และไม่เกิน110% ของระดับอิ่มตัว(saturation level)	กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2530)
Biochemical Oxygen Demand (mg/l)	แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ตามธรรมชาติ แหล่งน้ำประเภทที่ 2 6 แหล่งน้ำประเภทที่ 3 4 แหล่งน้ำประเภทที่ 4 2 แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ตามธรรมชาติ แหล่งน้ำประเภทที่ 2 1.5 แหล่งน้ำประเภทที่ 3 2 แหล่งน้ำประเภทที่ 4 4 ชุมชน 101 คน เท่ากับ 90 ชุมชน 101-500 คน เท่ากับ 60 ชุมชน 501-2500คน เท่ากับ 30 ชุมชน 2500 คนขึ้นไป เท่ากับ 20	สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน (พ.ศ. 2529) สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และการพลังงาน (พ.ศ. 2529) ร่างมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม แห่งชาติ (พ.ศ.2521)

(ต่อ)

พารามิเตอร์ที่ศึกษา	ค่าที่กำหนด	กำหนดโดย
Biochemical Oxygen Demand (mg/l)	20-60	มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ.2525)
	ไม่เกิน 20 หรือแตกต่างตามประเภทแหล่งน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม	มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม(พ.ศ.2539)
	40	มาตรฐานน้ำทิ้งลงบ่อน้ำบาดาล ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539)
	อาคารประเภท ก ไม่มากกว่า 20 อาคารประเภท ข ไม่มากกว่า 30 อาคารประเภท ค ไม่มากกว่า 60 อาคารประเภท ง ไม่มากกว่า 90	มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2532)
	20	มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม อ้างใน กรรณิการ์(พ.ศ.2522)
	กระแสน้ำที่ไม่ทำการประมง ไม่มากกว่า 40 กระแสน้ำที่ทำการประมง ไม่มากกว่า 20	Mersey and Weaver River Authority ประเทศอังกฤษ
Chemical Oxygen Demand (mg/l)	ไม่เกิน 120 และไม่เกิน 400	มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม(พ.ศ.2539)
	60	มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม อ้างใน กรรณิการ์(พ.ศ.2522)

ที่มา: กรรณิการ์ สิริสิงห์ . 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2540. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายวุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร
วัน เดือน ปี เกิด	7 มิถุนายน 2515
ประวัติการศึกษา	- สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง ปีการศึกษา 2534 - จบการศึกษาปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีการศึกษา 2538
ทุนการศึกษา	- ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้ และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพ ในประเทศไทย " โครงการ BRT" รหัส BRT 541057
ประสบการณ์	- นักวิชาการประมง (ลูกจ้างชั่วคราว) เป็นระยะเวลา 2 ปี ของ กองสิ่งแวดล้อมประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) กรุงเทพฯ - ผู้ช่วยวิจัยเรื่อง " ศึกษาการใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีชีวภาพของคุณภาพน้ำสระน้ำนิ่งในเมืองเชียงใหม่"
ผลงานวิจัย	- วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูรและศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2542. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย ตะกอนดิน และคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542, การประชุมวิชาการประจำปีโครงการBRT ครั้งที่ 3 โรงแรมเจบี สงขลา. - วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูรและศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2542. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย ตะกอนดิน และคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542, การประชุมวิชาการประจำปีโครงการBRT ครั้งที่ 4 โรงแรมอมรินทร์ลากูน พิษณุโลก. - วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูรและศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2542. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย ตะกอนดิน และคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, 2542, การประชุมวิชาการประจำปีโครงการBRT ครั้งที่ 5 โรงแรมนภาลัย อุดรธานี.

- วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูรและศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2542. การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่าย ตะกอนดิน และคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่, Princess Sciences Congress 4th. โรงแรมแชงกลีลา กรุงเทพฯ
- วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร และศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายควบคู่กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (I), การประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.
- วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูร และศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายควบคู่กับคุณภาพน้ำในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ (II), การประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- วุฒินันท์ ศิริรัตนวรางกูรและศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2544. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายควบคู่กับคุณภาพน้ำของคูเมืองเชียงใหม่ (มีนาคม-พฤษภาคม 2543), การประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- Wuttinun Sirirattanawarangkul and Siripen Traichaiyaporn. 2543. Bio diversity of Algae and Relation of Water Quality in Mae-Kha Canal Chiang Mai, The 4th Asia – Pacific Conference on Biotechnology, Hong Kong Convention and Exhibition Centre, Hong Kong.
- Wuttinun Sirirattanawarangkul and Siripen Traichaiyaporn. 2544. Influence of pH, BOD_5, COD and distribution of Phytoplankton in Mae-Kha Canal Chiang Mai, 7th International Phycology Congress, Aristotle Universiki Thesaloniki Greece.