ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ และคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ปริญญา มูลสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

DIVERSITY OF BENTHIC DIATOM AND MACROALGAE AND WATE QUALITY IN MEKONG RIVER IN THE VICINITY OF UBON RATCHATHANI PROVINCE

PARINYA MOONSIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF PHILOSOPHY

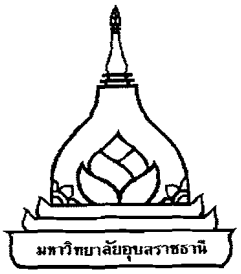
MAJOR IN BIOTECHNOLOGY

FACULTY OF SCIENCE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2012

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ สาหร่ายขนาดใหญ่ และคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ผู้วิจัย นางสาวปริญญา มูลสิน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา พิมพ์มงคล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล)

..... กรรมการ

(ดร.สุพรรนี อะโอกิ)

..... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ อินทรประเสริฐ)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา พิมพ์มงคล และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะแนวทาง ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต และ ดร.สุพรรนี อะโอกิ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ Associate Professor Dr.Eugen Rott, Pofessor Dr.Ditmar Metzeltin, Dr.Peter Pfisher, Dr.Eveline Pipps, Dr.Doris Gesierich, ดร.สุทธวรรณ สุพรรณ ดร.พงษ์พันธุ์ ลีพห เกรียงไกร และ ดร.สรณัตร เทียมดาว ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้โปรแกรมทางสถิติ Multivariate Statistical Package การจำแนกชนิดของไดอะตอมและสาหร่ายขนาดใหญ่

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆที่ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้และฝึกฝนทักษะจนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ท่านได้ให้ชีวิตได้อบรมเลี้ยงดูให้มีสติปัญญา ขอขอบคุณพี่สาวและน้องชาย ที่ได้ให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอบคุณเพื่อนๆคณาจารย์และเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจ คำปรึกษา และช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีและสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร.อมรรัตน์ วงษ์กลม อาจารย์ณัฐพงศ์ วงษ์ชุ่ม นางสาวมณีนุช แก้วสุข นางสาวชุลีพร ยางงาม คุณบูรฉัตร บัวสุวรรณ ตลอดจนนักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการออกเก็บตัวอย่าง การทดลองในห้องปฏิบัติการ และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้รวมทั้งกุศลผลบุญที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติให้เกิดความเจริญงอกงามทุกสิ่ง ขอมอบแด่ผู้ที่เป็นบุพการี บูรพาจารย์ ผู้ที่ให้โอกาสประกอบคุณงามความดี รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่าน

(นางสาวปริญญา มูลสิน)

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ง**
สารบัญ	**ฉ**
สารบัญตาราง	**ฌ**
สารบัญภาพ	**ฐ**
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	3
2 ตรวจเอกสาร	
2.1 สาหร่าย	5
2.2 ลักษณะทั่วไปและการจัดจำแนก	8
2.3 ไดอะตอม	11
2.4 การประยุกต์ใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ	14
2.5 สาหร่ายขนาดใหญ่	15
2.6 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของสาหร่าย	19
2.7 การใช้ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในการประเมินและติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม	26
2.8 การใช้ไดอะตอมเพื่อสร้างอินเดกซ์บ่งชี้คุณภาพน้ำ	27
2.9 งานวิจัยเกี่ยวกับไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่	34
2.10 งานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในประเทศไทย	36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีวิจัย

3.1 แหล่งน้ำที่ทำการสำรวจตัวอย่างและทำการเก็บตัวอย่าง 45
3.2 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 52
3.3 ข้อมูลปริมาณกระแสน้ำและระดับน้ำในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบราชธานี 53
3.4 อุปกรณ์และสารเคมี 55
3.5 วิธีการวิจัย 56
3.6 สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและรวบรวมข้อมูล 61
3.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 62

4 ผลการวิจัย

4.1 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ ในแม่น้ำโขง 63
4.2 ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 90
4.3 ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ 147
4.4 อินเดกซ์ของไดอะตอมในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี (Me Kong River in Ubon Ratchathani Index, MKUI) 170
4.5 คะแนน AARL-PC Score และ AARL-PP Score 170
4.6 ความสัมพันธ์ของไดอะตอมและคุณภาพน้ำ 171
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นและคุณภาพน้ำ 175
4.8 ลักษณะพื้นท้องน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 185

5 อภิปรายผลการวิจัย

5.1 ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 187
5.2 ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ 189
5.3 ความสัมพันธ์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ สาหร่ายขนาดใหญ่ และคุณภาพน้ำ 190

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ	191
5.5 การใช้ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ	193
6 สรุปผลการวิจัย	**194**
เอกสารอ้างอิง	**196**
ภาคผนวก	
ก การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	207
ข อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ	220
ค ตารางมาตรฐาน	223
ง คุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมกราคม 2551	231
จ การประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธี AARL-PP Score และ AARL-PC Score	238
ประวัติผู้วิจัย	**259**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	Trophic state lists of Schiefele and Kohmann Trophic Index	28
2	Trophic index	29
3	Trophic state list of Rott *et al.* Saprobic Index	29
4	The six classes of alkalinity, conductivity, nitrate nitrogen and SRP and the scores forcalculation the Mae Sa Index	31
5	The seven classes include ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and SRP and the scores for calculating the Ping and Nan Index	32
6	การแบ่งชั้นของแหล่งน้ำโดยยึดหลักเกณฑ์ของปริมาณไนเตรท	33
7	การแบ่งชั้นของแหล่งน้ำโดยยึดหลักเกณฑ์ของปริมาณ BOD และ O_2 saturation และแอมโมเนีย	33
8	พิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ของจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	48
9	ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	91
10	ไดอะตอมชนิดเด่นแสดงความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายที่สูงสุดในจุดเก็บตัวอย่างที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	คุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ประเมินโดยใช้ AARL-PC Score	108
12	คุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ประเมินโดยใช้ AARL-PP Score	109
13	เปรียบเทียบคุณภาพน้ำโดยใช้ AARL-PC Score และ AARL-PP Score ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม	111
14	สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	148
15	สาหร่ายขนาดใหญ่ตามดิวิชันต่างๆที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	16
16	ค่าคะแนน AARL-PC score ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน 1จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 255	169
17	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2551 ที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้	172
18	ลักษณะของพื้นท้องน้ำของจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	186
19	ค่าดัชนี MPN ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของหลอดที่ให้ผลบวกเมื่อใช้ระบบ 3 หลอด ของน้ำตรวจวิเคราะห์ 10 มิลลิลิตร 1.0 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร	215
20	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในสถานภาพชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร	224

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง	225
22	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	227
23	การจัดชั้นน้ำตามความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพบางประการ และกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดเด่นในชั้นน้ำระดับต่างๆ	230
24	คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียมจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	232
25	คะแนนคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร (trophic status) และคุณภาพน้ำทั่วไป	233
26	คะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำต่างๆ (1-10 คะแนน) (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี)	241
27	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ และคะแนนมาตรฐาน	247
28	คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป	250
29	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหล และคะแนนมาตรฐาน	253
30	คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป	256

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แม่น้ำโขงที่ไหลผ่าน 6 ประเทศ ได้แก่ จีน พม่า ไทย ลาว กัมพูชา และเวียดนาม	46
2	จุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	47
3	จุดเก็บตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	49
4	ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดในแม่น้ำโขงบริเวณ อำเภอเขมราฐ และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ปี 2550	54
5	ปริมาณกระแสน้ำบริเวณอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย และปริมาณกระแสน้ำบริเวณเขตเวียงจันทร์ ประเทศลาว	54
6	อุณหภูมิอากาศในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	67
7	อุณหภูมิน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	68
8	ค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	69
9	ค่าความลึกที่แสงส่องถึงของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	70
10	ค่าความเร็วของกระแสน้ำในแต่ละฤดูในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	71
11	ค่าการนำไฟฟ้า ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	72
12	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งของแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ค่า pH ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	74
14	ค่า pH ของน้ำของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งของในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	75
15	ค่าความเป็นด่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	76
16	ค่าความเป็นด่างของน้ำของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	77
17	ค่า DO ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	78
18	ค่าเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของออกซิเจน (percent oxygen saturation) ในฤดูฝนและฤดูแล้งแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	79
19	ค่า BOD ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	80
20	ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำทั้งหมดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	81
21	ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำทั้งหมดของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	82
22	ปริมาณไนเตรทในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	83
23	ปริมาณไนเตรทของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	84
24	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	86
26	ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานีระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	87
27	ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	88
28	จำนวนไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมดที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือน มกราคม 2551	89
29	ผลการจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างโดยพิจารณาจากการพบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 โดยวิธี Cluster analysis	106
30	ผลการจัดกลุ่มไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบในแม่น้ำโขง 10 จุด เก็บตัวอย่าง ในจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ด้วยวิธี Cluster analysis	107
31	จำนวนเซลล์ของ *Gomphonema lagenula* Kützing ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	112
32	จำนวนเซลล์ของ *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	112
33	จำนวนเซลล์ของ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	จำนวนเซลล์ของ *Luticula goeppertiana* (Bleisch) D.C.Mann ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	113
35	จำนวนเซลล์ของ *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	114
36	จำนวนเซลล์ของ *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	114
37	จำนวนเซลล์ของ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot ในแม่น้ำโขงส่วนที่ ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	115
38	จำนวนเซลล์ของ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	115
39	จำนวนเซลล์ของ *Gomphonema clevei v. javanica Hustedt* ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	116
40	จำนวนเซลล์ของ *Cymbella turgidula* Grunow ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	116
41	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	117
42	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	118
43	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	119

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
44	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	120
45	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	121
46	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	122
47	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	123
48	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	124
49	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	125
50	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	126
51	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	127
52	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	128
53	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	129
54	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	130
55	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	131
56	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	132

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	133
58	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	134
59	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	135
60	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	136
61	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	137
62	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	138
63	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	139
64	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	140
65	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	141
66	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	142
67	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	143
68	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	144
69	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	145

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
70	ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	146
71	สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	150
72	สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	151
73	สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	152
74	*Cladophora glomerata* Kützing ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	153
75	สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	154
76	สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	155
77	*Hyrodictyon* sp.ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	156
78	*Hyrodictyon* sp.ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	157
79	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* spp., *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	158
80	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	158
81	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	159

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
82	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* spp., *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ขณะเริ่มเกิดการเจริญแทนที่ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	159
83	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* spp., *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ขณะเริ่มเกิดการเจริญแทนที่ ในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	160
84	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	161
85	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	161
86	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	162
87	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	163
88	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนมีนาคม 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	163
89	*Spirogyra* spp.ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ในเดือนมีนาคม 2550	164
90	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนมีนาคม 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	164

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
91	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Oscillatoria princeps* Vaucher ที่พบ ในเดือนเมษายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	165
92	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora* spp. และ *Oscillatoria princeps* Vaucher ที่พบในเดือนเมษายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	165
93	*Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp.ที่เจริญลดลงและ เริ่มตาย บริเวณพื้นท้องน้ำ และ *Oscillatoria princeps* Vaucher ที่เจริญปกคลุม สาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มอื่น และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเมื่อพื้นท้องน้ำถูกรบกวน โดยพบในเดือนเมษายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	166
94	สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนพฤศจิกายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี	167
95	ความสัมพันธ์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่น และคุณภาพน้ำ ในแต่ละเดือนในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	173
96	ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัด อุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	174
97	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith และ ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนของน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัด อุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	175
98	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1 ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ ไนเตรทไนโตรเจนในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	176

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
99	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1 ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟต ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	177
100	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1 ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	178
101	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	179
102	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	180
103	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	181
104	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	182
105	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	183

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
106	ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551	184
107	แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระดับคะแนน (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี)	241

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่
และคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

โดย : ปริญญา มูลสิน

ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชา : เทคโนโลยีชีวภาพ

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา พิมพ์มงคล

ศัพท์สำคัญ : ไดอะตอมพื้นท้องน้ำ สาหร่ายขนาดใหญ่ แม่น้ำโขง ดัชนีทางชีวภาพ

การศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี 10 จุด ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ผลการศึกษาพบไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมด 307 ชนิด ชนิดเด่นได้แก่ *Gomphonema lagenula* Kützing รองลงมาคือ *Navicula rostellata* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D.G.Mann, *Nitzschia liebetruthii* Robenhorst, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot และ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck ตามลำดับ ไดอะตอมที่มีแนวโน้มจะเป็นชนิดใหม่มีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Geissleria* sp. UBU-MK1, *Gomphonema* sp.1 UBU-MK2 และ *Gomphonema* sp.2 UBU-MK3 และไดอะตอมที่มีแนวโน้มเป็น variety ใหม่ 1 variety คือ *Pinnularia divergentissima* UBU-MK4 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ 38 ชนิด ที่เป็นชนิดเด่นคือ *Spirogyra* spp. ซึ่งพบหลายชนิด รองลงมาคือ *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim และ *Microspora* sp.1 UBU MK5 ตามลำดับ สาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีแนวโน้มเป็นชนิดใหม่มี 1 ชนิด คือ *Microspora* sp.1 UBU MK5

คุณภาพน้ำในแต่ละทุกจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีมีคุณภาพน้ำใกล้เคียงกัน คือมีคุณภาพน้ำปานกลาง มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) ได้แก่ บ้านนาเมือง วัดปากแซง บ้านตามุย บ้านนาสนาม หลังตลาดในเทศบาลอำเภอเขมราฐ และหาดวิจิตรา จุดที่จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี มีสารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic to eutrophic) ได้แก่ แก่งช้างหมอบ บ้านกุ่ม บ้านด่านและบ้านห้วยไผ่

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ชนิดและปริมาณของสาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่หลายชนิดสามารถนำมาใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ โดยไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck และ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลาง มีสารอาหารปานกลาง และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst และ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีคุณภาพปานกลางถึงไม่ดี มีสารอาหารปานกลางถึงสูงได้ สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1, *Spirogyra* sp.2, *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim และ *Microspora* sp. สามารถใช้เพื่อบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลาง มีสารอาหารปานกลางได้ *Oscillatoria princeps* Vaucher สามารถใช้เพื่อบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีคุณภาพปานกลางถึงไม่ดี มีสารอาหารปานกลางถึงสูงได้

Abstract

THESIS : DIVERSITY OF BENTHIC DIATOMS AND MACROALGAE AND WATER QUALITY IN MEKONG RIVER IN THE VICINITY OF UBON RATCHATHANI PROVINCE

BY : PARINYA MOONSIN

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : BIOTECHNOLOGY

CHAIR : ASSISTANCE PROFESSOR ARANYA PIMMONGKOL, Ph.D.

KEYWORDS : BENTHIC / DIATOM / MACROALGAE / MEKONG / RIVER / BIOINDICATOR

Samples were collected from 10 stations in Mekong river in Ubon Ratchathani, Thailand, during February 2007 to January 2008 for studying on diversity of benthic diatoms and macroalgae. Three hundred and seven species of benthic diatoms were found. The majority of them were *Gomphonema lagenula* Kützing, *Navicula rostellata* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D.G.Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot and *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck respectively. Three species of benthic diatoms (*Geissleria* sp. UBU-MK1, *Gomphonema* sp.1 UBU-MK2 and *Gomphonema* sp.2 UBU-MK3) trend to be new species. *Pinnularia divergentissima* var. UBU-MK4 trend to be new variety. Thirty eigth species of macroalgae were found. The majority were *Spirogyra* spp., *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim and *Microspora* sp.1 UBU-MK5 respectively. *Microspora* sp.1 UBU-MK5 trend to be new species.

Water qualities were similar in every sampling sites, which in moderately or mesotrophic status. Ban Na Muang, Pak Seang Temple, Ban Ta Mui, Ban Na Sanarm, behind Municipality Market and Wigittra Beach had moderately water quality or mesotrophic status.

Chang Mop Cataract, Ban Koom, Ban Dan and Ban Huay Pai had moderately to polluted water quality or mesotrophic to eutrophic status.

The Multivariate Statistical Package (MVSP) version 3.1, particularly Principal Correspondence Analysis (PCA) and Cluster Analysis were used to determine the indicator species for water quality. It was found that benthic diatoms : *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck and *Navicula erifuga* Lange-Bertalot could be use as indicators for mesotrophic status, whereas *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst and *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith could be used as indicators for meso-eutrophic status. Macroalgae : *Spirogyra* sp.1, *Spirogyra* sp.2, *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim and *Microspora* sp.1 UBU-MK5 could be indications of mesotrophic status.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

แม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำสายใหญ่ของโลก ยาวประมาณ 4,909 กิโลเมตร ยาวเป็นอันดับ 10 ของโลก มีพื้นที่ชุ่มน้ำประมาณ 795,000 ตารางกิโลเมตร ในทุก ๆ ปี ปริมาณน้ำจากแม่น้ำโขงไหลลงสู่ทะเลจีนใต้เฉลี่ยสูงถึง 475,000 ล้านลูกบาศก์เมตร มีต้นน้ำอยู่บนภูเขาจี้ฟู่ ส่วนหนึ่งของเทือกเขาหิมาลัยบนที่ราบสูงทิเบต เขตจังหวัดหยู่ซู่ มณฑลฉิงไห่ ประเทศจีน โดยมีแม่น้ำจาคูและแม่น้ำอาคูไหลมารวมกัน มีชื่อเรียกเป็นภาษาของไทลื้อ ซึ่งเป็นชนชาติที่อาศัยอยู่ริมแม่น้ำโขงในดินแดนสิบสองปันนาว่า "แม่น้ำล้านช้าง" หรือชาวจีนเรียกว่า "แม่น้ำหลานซาง" ซึ่งความถึง แม่น้ำที่ไหลเชี่ยวกราก แม่น้ำโขงไหลผ่าน 6 ประเทศ คือ จีน พม่า ไทย ลาว กัมพูชา และไหลผ่านและไหลออกจากเวียดนามลงสู่ทะเลจีนใต้ต่อไป แม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านประเทศไทยมีความยาวประมาณ 976 กิโลเมตร เริ่มจากภาคเหนือที่บริเวณจังหวัดเชียงราย จากนั้นไหลเข้าสู่ประเทศลาว และไหลกลับมาผ่านประเทศไทยโดยเป็นพรมแดนกั้นระหว่างไทยและลาวอีกครั้ง เริ่มจากจังหวัดเลย หนองคาย นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี รวมระยะทางที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีเป็นระยะทางประมาณ 150 กิโลเมตร ณ จังหวัดอุบลราชธานีนี้เป็นจุดสิ้นสุดของแม่น้ำโขงที่ไหลผ่านประเทศไทย โดยไหลกลับสู่ประเทศลาวอีกครั้งหนึ่ง ณ บริเวณ บ้านด่าน อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี แม่น้ำโขงมีความหลากหลายของพันธุ์พืช และพันธุ์ปลามาก แม่น้ำโขงจัดได้ว่ามีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลามากเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากแม่น้ำอะเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ และแม่น้ำแซร์ในทวีปแอฟริกา แม่น้ำโขงตอนบนจะได้รับน้ำจากการละลายของภูเขาหิมะเป็นส่วนใหญ่ เช่น จากเทือกเขาหิมะเหม่ยลี่ ในแซงกรีลา ส่วนตอนล่างได้รับน้ำจากเทือกเขาต่าง ๆ ที่ไหลลงสู่แม่น้ำสาขาของแม่น้ำโขง รวมทั้งจากฝนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ การที่แม่น้ำโขงได้ไหลผ่านภูมิประเทศที่แตกต่างกันมากมายจึงทำให้แม่น้ำโขงมีความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติ มีความหลากหลายของสาหร่าย พืชและปลาที่หลากหลายและอุดมสมบูรณ์มีความเหมาะสมต่อการศึกษาด้านความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนได้ต่อไป

สาหร่าย (algae) เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารได้เอง และผลิตออกซิเจนผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง สาหร่ายมีขนาดแตกต่างกันมากอาจประกอบด้วยเซลล์เดียวขนาดของเซลล์เล็กใกล้เคียงกับแบคทีเรีย สาหร่ายบางชนิดประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ที่มีการจัดเรียงตัวกันเป็นเส้นสาย หรือโคโลนี แต่ยังไม่มีการรวมกันหรือพัฒนาของกลุ่มเซลล์มารวมกันเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะและซับซ้อนเช่น ที่พบได้ในพืชชั้นสูง ยกเว้นในสาหร่ายน้ำจืดบางชนิดและสาหร่ายทะเลส่วนใหญ่จะมีทัลลัส (thallus) ที่เริ่มมีการพัฒนาและการทำงานร่วมกันของกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับที่พบได้ในพืชชั้นสูง เช่น เนื้อเยื่อลำเลียงอาหารประเภทซีพทิวบ์ (sieve tube) ที่พบได้ใน *Macrocystis* spp. ซึ่งขนาดของทัลลัสอาจยาวถึงหลายร้อยฟุตและคล้ายพืชชั้นสูง สาหร่ายเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์น้ำขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ สำหรับสาหร่ายในแม่น้ำโขงที่มีการเจริญอย่างเด่นชัดได้แก่ สาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae) เช่นกลุ่มของเทาน้ำ (*Spirogyra* spp.) และไก (*Cladophora* spp.และ *Microspora* spp.) นอกจากนี้ยังมีสาหร่ายอีกกลุ่มหนึ่งที่เจริญยึดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำคือ ไดอะตอมพื้นท้องน้ำ (benthic diatoms) ที่สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของแม่น้ำโขงได้ ทั้งนี้ได้เคยมีการนำสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำไหลในแม่น้ำและลำธารที่สำคัญทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ อาทิเช่น Margarita (1994) ใช้ไดอะตอมเป็นดัชนีชี้วัดการปนเปื้อนของแม่น้ำ Rio Gran de Tarcoles basin และ Savergre basin ใน Costa Rica ในอเมริกากลางการศึกษาของ Rott (1995) พัฒนาไดอะตอมพื้นท้องน้ำเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำ Grand ในแคว้น Ontario ประเทศแคนนาดา การศึกษา Kelly (1998) ได้สร้างดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำโดยใช้ ไดอะตอมเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (Trophic Diatom Index,TDI) ประสิทธิ์ (2541) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และเบนทิคอัลจีในลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมีนาคม 2540 – กุมภาพันธ์ 2541 จาก 6 จุดเก็บตัวอย่าง ตามระดับความสูงจากน้ำทะเล 650 – 1,075 เมตร

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม ในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นชายแดนติดต่อกันระหว่างประเทศไทยและประเทศลาว นอกจากนี้บริเวณบ้านด่าน อำเภอโขงเจียมยังเป็นจุดที่แม่น้ำมูลซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาของแม่น้ำโขงไหลมาบรรจบกับแม่น้ำโขงและบริเวณนี้มีเอกลักษณ์ที่เด่นชัดคือ แม่น้ำที่มองเห็นเป็น 2 สี คือโขงสีปูนแดง มูลสีคราม นอกจากนั้นบริเวณนี้ยังเป็นสถานที่ท่องเที่ยวจุดสำคัญอีกจุดหนึ่งของจังหวัดอุบลราชธานี ชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมฝั่งของแม่น้ำโขงได้รับประโยชน์มากมายจากแม่น้ำโขง อาทิเช่น ด้านการประมง การกสิกรรม เกษตรกรรม การท่องเที่ยวและการคมนาคม เป็นต้น

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้นำข้อมูลความหลากลายและจำนวนของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เพื่อนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดและติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขง (Mekong Trophic Diatom Index, MKTDI and Mekong Trophic Macroalgae Index, MKTMI) เพื่อชี้วัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงต่อไปได้และอาจใช้ชี้วัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายอื่นที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกันได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

1.2.2 ศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

1.2.3 เพื่อสร้างดัชนีชี้วัดสารอาหารจากไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อใช้ประเมินคุณภาพน้ำ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ข้อมูลความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

1.3.2 ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

1.3.2 ได้ดัชนีชี้วัดสารอาหารจากไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

เป็นการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ ควบคู่กับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ทำการเก็บตัวอย่าง 10 จุด แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือนๆละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 12 เดือน โดยมีจุดเก็บตัวอย่างดังนี้

1.4.1 แม่น้ำโขงบริเวณแก่งช้างหมอบ บ้านห้วยยาง ตำบลห้วยยาง อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.2 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านนาสนาม ตำบลเขมราฐ อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.3 แม่น้ำโขงบริเวณท่าเรือหลังตลาดในตัวเมือง อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.4 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านนาเมือง ตำบลนาแวง อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.5 แม่น้ำโขงบริเวณวัดปากแซง ตำบลพระลาน กิ่งอำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.6 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านตามุย ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.7 แม่น้ำโขงบริเวณหาดวิจิตรา บ้านตามุย ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.8 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านกุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.9 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านห้วยไผ่ ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

1.4.10 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านด่าน ตำบลโขงเจียม อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 สาหร่าย

สาหร่าย (algae) หมายถึง สิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ ตรงกับภาษากรีก คือ phykos เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก จนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (microscopic algae หรือ microalgae) ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ จนถึงขนาดใหญ่ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (macroscopic algae หรือ macroalgae) ซึ่งมีลักษณะคล้ายราก ลำต้น และใบ ซึ่งรวมเรียกว่า ทัลลัส (thallus) สาหร่ายทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์ช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสง (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

สาหร่ายมีขนาดที่มีความหลากหลายโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่กี่ไมครอนกระทั่งถึงขนาดใหญ่ สาหร่ายที่มีขนาดเล็กที่สุด คือ *Micromonas pusilla* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง ส่วนสาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น เคล์ป (kelp) ซึ่งเป็นสาหร่ายสีน้ำตาลที่มีขนาดใหญ่ มีความยาวประมาณ 75 เมตร (Pinkayan, 1978) กลุ่มของสาหร่ายที่ลอยอยู่ในแหล่งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม จัดเป็นแหล่งอาหารเริ่มต้นในระบบนิเวศแหล่งน้ำ ขณะเดียวกันยังเป็นผู้ผลิตออกซิเจนในบรรยากาศประมาณร้อยละ 30 – 50

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอต (Eukaryotes) มีแหล่งอาศัยอยู่ในที่มีความชื้น ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพที่เหมาะสม เช่น สาหร่ายที่พบอยู่บนดิน คือ สาหร่ายในอันดับคลอโรคอคคาเลส (Chlorococcales) เป็นสาหร่ายกลุ่มที่อยู่บนบกได้ เป็นพวกสาหร่ายน้ำจืดซึ่งอาศัยในดินที่ชื้นแฉะ สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโต เมื่อมีความชื้นน้อยจะอยู่ในสภาพสปอร์ แต่เมื่อมีความชื้นสูงก็จะสามารถเจริญเติบโตได้ดี ส่วนในแหล่งน้ำ เช่น บ่อน้ำ สระน้ำ ทะเลสาบ และแม่น้ำต่างๆ จะมีสาหร่ายหลายชนิดเจริญอยู่ได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความอุดมสมบูรณ์ของอินทรียสารในแหล่งน้ำนั้น สาหร่ายที่เจริญใน น้ำ มีการดำรงชีวิตหลายแบบ เช่น พวกที่เป็นอิสระลอยไปตามกระแสลม กระแสน้ำ และ พวกที่อยู่กับที่เกาะตามโขดหิน ดิน และพืชน้ำต่างๆ (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527)

ไดอะตอม (diatoms) เป็นสาหร่ายที่จัดอยู่ใน Division Bacillariophyta ลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว หรือต่อกันเป็นเส้นสายคล้ายโซ่อย่างหลวมๆ ส่วนลักษณะของเซลล์เดี่ยวประกอบด้วยฝาหรือฟรัสตูล (frustules) 2 ฝา มาครอบเหลื่อมกันคล้ายจานเลี้ยงเชื้อ ฟรัสตูลมีสมมาตรแบบรัศมี หรือ

แบบซีกซ้ายขวาเท่ากัน สีของไดอะตอมเป็นสีของคลอโรพลาสต์ที่มีสีเหลือง ส้มจนถึงสีน้ำตาล ผนังเซลล์เป็นสารเพคตินซึ่งมีซิลิกาเข้าไปแทรกอยู่ บนผนังเซลล์มีลวดลาย ลวดลายนี้สามารถใช้จำแนกชนิดของไดอะตอมได้ ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนพืช หรือบางจีนัสจะเกาะตามวัตถุพื้นท้องน้ำ หรือเกาะตามพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดอื่นๆ มีการกระจายได้ทั้งในน้ำจืด และน้ำเค็ม (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

ไดอะตอมมีความสำคัญในด้านการศึกษาและทดลองทางวิทยาศาสตร์ ในด้านสิ่งแวดล้อมสาหร่ายยังเป็นตัวช่วยลดมลภาวะของแหล่งน้ำช่วยปรับคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นจึงสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย การใช้สาหร่ายเป็นตัวชี้สภาพมลพิษทางน้ำ (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2538; Round, 1973) โดยไดอะตอมพื้นท้องน้ำสามารถนำมาติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ (monitoring) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rott, 1991) โดยเฉพาะไดอะตอมชนิดที่ติดอยู่บนหินที่สามารถใช้ในการตรวจวัด และติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในแม่น้ำ (Round, 1993) พบว่าไดอะตอมเป็นกลุ่มของสาหร่ายที่ถูกนำมาใช้มากในการใช้เป็นดัชนีของการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม เช่น ปรากฏการณ์มีสารอาหารในแหล่งน้ำสูงและมีการเจริญอย่างรวดเร็วของสาหร่ายเพิ่มขึ้นมาก (eutrophication) ปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างไปในทางที่เป็นกรดมากขึ้น (acidiphication) การปนเปื้อนของโลหะ (metal contamination) ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็ม (saliniphication) การเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำอุ่นในแหล่งน้ำ (thermal effluents) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของที่ดิน (Dixit, 1992)

สิ่งมีชีวิตที่มีศักยภาพในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำไหล ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่เกาะติดกับพื้นท้องน้ำ (Whitton et al, 1991) สาหร่ายยึดเกาะ (epiphytic algae) จัดเป็นสิ่งมีชีวิตอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะสาหร่ายกลุ่มที่อาศัยอยู่กับวัตถุยึดเกาะ พื้นท้องน้ำหรือ benthic algae (Wetzel, 2001) ซึ่งสาหร่ายยึดเกาะที่พบได้ในระบบนิเวศน้ำไหลส่วนใหญ่จะเป็นสาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีทอง สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดอะตอม (Hynes, 1970)

สาหร่ายขนาดใหญ่ หมายถึง สาหร่ายกลุ่มที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งมีลักษณะการรวมตัวกันเป็นโคโลนีหรือทัลลัสที่แตกต่างกันไป (Sheath and Cole, 1992) ซึ่งสาหร่ายขนาดใหญ่ส่วนมากจะเป็นสาหร่ายประเภทยึดเกาะกับพื้นท้องน้ำ ลักษณะของพื้นท้องน้ำมีความสำคัญ โดยจะมีผลต่อการกระจายของสาหร่ายขนาดใหญ่ และเนื่องจากสาหร่ายขนาดใหญ่มีการเจริญได้ดีบนกรวดและก้อนหิน ดังนั้นพื้นท้องน้ำที่มีลักษณะเป็นกรวดและก้อนหินจะพบความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ค่อนข้างสูง (สมสุข มัจฉาชีพ, 2538) นอกจากนี้ Niiyama (1989) ได้รายงานว่า ในระบบนิเวศน้ำไหล พบว่า สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora* spp. จะเจริญเกาะติดบน

วัตถุให้ยึดเกาะที่เป็นทรายหยาบ และบนวัตถุให้ยึดเกาะที่ค่อนข้างแข็ง ส่วนในระบบนิเวศน้ำนิ่งนั้น สาหร่ายชนิดนี้จะจับกลุ่มกันคล้ายลูกบอล เรียก lake ball

ระบบนิเวศแบบน้ำไหลและความรู้เกี่ยวกับไดอะตอมพื้นท้องน้ำ

ระบบนิเวศน้ำไหล (running or lotic ecosystem) ได้แก่ แม่น้ำ (river) หรือลำธาร (stream) จะมีลักษณะทางนิเวศวิทยาที่แตกต่างไปจากทะเลสาบ (lake) หรือ อ่างเก็บน้ำ (reservoir) ที่เป็นระบบนิเวศแบบน้ำนิ่ง (standing or lentic ecosystem) สาเหตุหลักเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของกระแสน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้เกิด microhabitat ที่แตกต่างกันไป ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต คือ ปริมาณการไหลของน้ำ (discharge) กระแสน้ำ (current) และ วัตถุพื้นท้องน้ำ (substrate) ที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการยึดเกาะ (Goldman and Horne, 1983)

สาหร่ายในระบบนิเวศน้ำแบบไหลได้รับความสนใจน้อยกว่าสาหร่ายในแหล่งอื่น ๆ เพราะการศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็วกระแสน้ำ (velocity) อุณหภูมิ สถานะของสารอาหาร (nutrients status) ค่อนข้างซับซ้อน ศึกษาได้ยากกว่าเพราะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งตามเวลาและระยะทางที่น้ำไหล รวมทั้งมีปัจจัยทางด้านการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (seasonal change) (Round, 1973) แต่การศึกษาไดอะตอมพื้นท้องน้ำมีการศึกษาค่อนข้างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นดัชนีในระบบนิเวศน้ำไหล ซึ่งพบว่าไดอะตอมพื้นท้องน้ำเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญและเหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำไหล เพราะมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายและมีการพัฒนาการนำไปใช้ให้ได้อย่างครอบคลุม (Whitton et al., 1991, Stevenson, 1996)

สาหร่ายพื้นท้องน้ำ (phytobenthos) กลุ่มใหญ่ในแหล่งน้ำที่เป็นน้ำจืดมักจะเป็น pennate diatom สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Round, 1973 : Philip, 1986; Stevenson, 1996) สาหร่ายเหล่านี้มีรูปร่างหลายแบบทั้งพวกที่เป็นเซลล์เดียวและโคโลนีเล็กๆ เส้นสายและพวกที่ไม่เป็นเส้นสาย บางครั้งอาจหลุดลอยออกจากวัตถุยึดเกาะ (substrate) หรือบางครั้งอาจติดแน่นอยู่กับวัตถุที่ยึดเกาะโดยใช้เมือก (mucilage) เพื่อช่วยยึดเกาะ (Philip, 1986) สามารถพบไดอะตอมพื้นท้องน้ำได้ทั้งที่ยึดเกาะอยู่บนวัตถุที่ยึดเกาะที่เป็นของแข็ง เช่น ก้อนหิน ผิวของพืชขนาดใหญ่ซึ่งมักจะมีไดอะตอมพื้นท้องน้ำปกคลุมอยู่ และอีกกลุ่มหนึ่งคือวัตถุให้ยึดเกาะ ที่ไม่ใช่ของแข็ง เช่น ผิวโคลน หรือ ทราย ทำให้ไดอะตอมพื้นท้องน้ำมีชื่อเรียกไปตามชนิดของวัตถุที่ยึดเกาะ (Round, 1973 : Barber and Haworth, 1681 : Philip, 1986; Stevenson, 1996) ตัวอย่าง ไดอะตอมพื้นท้องน้ำได้แก่ *Pinnularia* sp., *Tabellaria* sp., *Eunotia* sp., *Frustulia* sp., *Synedra* sp., *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Diatoma* sp. และ *Surirella* sp. สำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญการกระจายตามฤดูกาล และความอุดมสมบูรณ์ ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ คือ ปริมาณแสง อุณหภูมิ

ปริมาณสารอาหาร ความเร็วของกระแสน้ำ ชนิดของวัตถุให้ยึดเกาะ และชนิดรวมทั้งจำนวนของผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหารต่างๆ (Round; 1973 : Philip, 1986)

ไดอะตอมพื้นท้องน้ำมีความสำคัญในฐานะที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นทั้งในลำธารและทะเลสาบรวมทั้งพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) ต่าง ๆ (Stevenson, 1996) เป็นแหล่งพลังงานในแม่น้ำลำธารที่มีการย่อยสลายจากซากสิ่งมีชีวิต เรียกว่า allochthonous material (Goldman and Horne, 1983 : Stevenson, 1996 อ้างอิงจาก Minshall, 1978)

2.2 ลักษณะทั่วไปและการจัดจำแนกสาหร่าย

การดำรงชีวิตของสาหร่าย

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตพวกแรกของยูคาริโอต ที่มีแหล่งอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งจะมีคุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น สาหร่ายที่ชอบอยู่บนบก พบอยู่บนดิน คือ สาหร่ายใน Order Chlorococcales เป็นสาหร่ายกลุ่มที่อยู่บนบกได้ เป็นพวกสาหร่ายน้ำจืดซึ่งอาศัยในดินที่ชื้นแฉะ สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโต เมื่อมีความชื้นน้อยจะอยู่ในสภาพสปอร์ แต่เมื่อมีความชื้นสูงก็สามารถเจริญได้ดี ส่วนในแหล่งน้ำ เช่น บ่อน้ำ และสระน้ำจะมีสาหร่ายหลายชนิดเจริญอยู่ได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกับความอุดมสมบูรณ์ของอินทรียสารในแหล่งน้ำนั้น สาหร่ายที่เจริญในบ่อน้ำ สระน้ำและทะเลสาบมีหลายชนิด เช่น พวกที่ลอยอยู่อย่างเป็นอิสระบนผิวน้ำเรียกว่า แพลงก์ตอนพืช ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวใน Family Desmidiaceae เช่น *Cosmarium* sp. และ *Closterium* sp. เป็นต้น และพวกที่เป็นโคโลนีหรือมีเซลล์เดี่ยวๆ เช่น *Pediastrum* sp., *Scenedesmus* sp. และ *Chlorella* sp. หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Microcystis* sp. และ *Anabaena* sp. เป็นต้น พวกที่ขึ้นบนต้นไม้ เช่น ผักตบชวา จอก แหน เรียกสาหร่ายพวกนี้ว่า สาหร่ายอิพิไฟต์ (epiphytic algae) พวกที่เจริญบริเวณพื้นท้องน้ำเรียกว่า สาหร่ายอิพิเพลลิค (epipelic algae) ซึ่งเป็นพวกที่เจริญตามพื้นดินหรือทรายพื้นท้องน้ำ เช่น สาหร่ายพวก *Chara* sp., *Nitella* sp. และ *Tolypella* sp. พวกที่เคลื่อนที่ไม่ได้ ลักษณะเป็นเมือกอยู่ตามตะกอนพื้นท้องน้ำ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำจืด บางครั้งจะสังเกตเห็นสาหร่ายรวมตัวกับโปรโตซัวหรือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก เกิดเป็นฟองสีน้ำตาลอยู่บนผิวน้ำ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า วอเตอร์บลูม (water bloom) (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2548)

การจัดจำแนกสาหร่าย

ในการจัดหมวดหมู่สาหร่าย โดย ยุวดี พีรพรพิศาล (2548) ได้ยึดตามหลักของ Bold และ Wynne (1978) ซึ่งจำแนกสาหร่ายออกเป็น 9 ดิวิชั่น ดังนี้

ดิวิชั่น Cyanophyta ได้แก่ พวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae) หรือ Cyanobacteria สาหร่ายกลุ่มนี้มีกำเนิดมาก่อนสาหร่ายกลุ่มอื่นๆ และมีความคล้ายคลึงกับแบคทีเรีย โดยเป็นพวกที่นิวเคลียสไม่มีเยื่อหุ้ม หรือพวกโปรคาริโอตพบได้ทั่วไปในที่ที่มีความชื้น ในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ทั้งในน้ำที่มีคุณภาพดีและไม่ดี พบอยู่ทั้งในดินและผิวดิน แม้แต่ในหิมะและน้ำพุร้อน เรามักเรียกสาหร่ายประเภทนี้ว่า ตะไคร่น้ำ แพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำจืดทั่วไปอาจจะเจริญและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในน้ำที่มีสารอาหารสูง หรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้วสร้างสารพิษออกมา ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำบริเวณนั้นด้วย

ดิวิชั่น Chlorophyta ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว เป็นสาหร่ายที่พบเห็นในแหล่งน้ำทั่วไป ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม มีรูปร่างหลากหลายตั้งแต่เซลล์เดี่ยว เกาะกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่าโคโลนี เป็นเส้นสาย เป็นทัลลัส ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืช แต่มีบางชนิดถูกจัดเป็นสาหร่ายขนาดใหญ่ซึ่งยึดเกาะกับดิน หินใต้น้ำหรือพืชน้ำ

ดิวิชั่น Charophyta ได้แก่ สาหร่ายไฟ มีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง ทัลลัสขนาดใหญ่ คล้ายสาหร่ายหางกระรอก เจริญโดยยึดเกาะกับพื้นดินใต้ท้องน้ำ บางชนิดมีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบในทัลลัส ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเป็นสาหร่ายน้ำจืด

ดิวิชั่น Euglenophyta ได้แก่ สาหร่ายกลุ่ม Euglenoids ดำรงชีวิตแบบ แพลงก์ตอนพืช ทั้งหมดสามารถเจริญได้ในน้ำที่มีสารอินทรีย์สูง หรือน้ำคุณภาพไม่ดีได้มากกว่าสาหร่ายประเภทอื่นๆ จึงเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ค่อนข้างสกปรกได้ชัดเจน ทุกชนิดมีแฟลกเจลลัมช่วยในการเคลื่อนที่บางครั้งจึงจัดอยู่ในพวกโปรโตซัวชนิดหนึ่ง

ดิวิชั่น Phaeophyta ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาล เป็นสาหร่ายที่มีทัลลัสขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายทะเล บางชนิดจึงมองคล้ายพืชน้ำที่เจริญอยู่ในทะเล โดยยึดเกาะอยู่กับพื้นทรายใต้ท้องทะเล หรือหลุดลอยมากับกระแสน้ำในเขตอบอุ่น เป็นสาหร่ายเศรษฐกิจที่สามารถนำมาสกัดเอาสารอัลจินหรืออัลจิเนต ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมที่สำคัญหลายประเภท

ดิวิชั่น Chrysophyta ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาลแกมทอง สาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง และไดอะตอม ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม สาหร่ายในกลุ่มนี้มีอยู่ประเภทหนึ่ง ซึ่งมีสมาชิกมากที่สุด คือ ไดอะตอม นักสาหร่ายวิทยาปัจจุบันได้แยกไดอะตอมออกเป็นดิวิชั่นใหม่ คือ ดิวิชั่น Bacillariophyta มีลักษณะสำคัญ คือ เซลล์ประกอบด้วยฝาหรือฟรัสทูล 2 ฝา ประกบกัน ส่วนใหญ่เป็นซิลิกา มีลวดลายสวยงามซึ่งใช้ในการวินิจฉัยชนิดของ

ไดอะตอม มีรงควัตถุสีน้ำตาลมากกว่าคลอโรฟิลล์ จึงมองเห็นเซลล์เป็นสีน้ำตาล รูปร่างของสาหร่ายประเภทนี้มีรูปทรงแบบเรขาคณิตชัดเจน พบทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม และดำรงชีวิตทั้งแบบเป็นแพลงก์ตอนและแบบเกาะอยู่กับสิ่งยึดเกาะบริเวณพื้นท้องน้ำ

ดิวิชั่น Pyrrophyta ได้แก่ สาหร่ายกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต มีแฟลกเจลลัม 2 เส้น ช่วยในการเคลื่อนที่ เซลล์มักมีเยื่อหุ้มเซลล์เป็นแผ่นธีกาคลุมอยู่มองคล้ายกระเบื้องโมเสก ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม

ดิวิชั่น Cryptophyta ได้แก่ สาหร่าย Cryptomonads เป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีสมาชิกน้อยที่สุด มีแฟลกเจลลัม 2 เส้นที่มีขนาดไม่เท่ากัน ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนพืชในน้ำจืดและน้ำเค็ม

ดิวิชั่น Rhodophyta ได้แก่ สาหร่ายสีแดง มีทัลลัสที่คล้ายพุ่มไม้ที่ แตกแขนงเป็นฝอย เจริญอยู่บนผิวดิน ทรายหรือหิน พบในน้ำเค็มและน้ำจืด แต่ส่วนใหญ่จะพบในน้ำเค็ม เป็นสาหร่ายเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยนำมาสกัดวุ้น ซึ่งนำมาใช้เป็นอาหารและใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท

ลักษณะของสาหร่ายที่ใช้ในการจัดจำแนกหมวดหมู่

การจัดจำแนกสาหร่ายออกเป็นหมวดหมู่ ยุวดี พีรพรพิศาล (2542) กล่าวว่าจะต้องพิจารณาลักษณะที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

รงควัตถุ ในสาหร่ายมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรตินอยด์ (carotenoid) ซึ่งประกอบด้วยแคโรทีน (carotene) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ไฟโคบิลิน (phycobilin) ซึ่งประกอบด้วย ไฟโคเออริธริน (phycoerythrin) และไฟโคไซยานิน (phycocyanin) รงควัตถุทั้งหลายนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างอาหารของสาหร่าย บางชนิดมีผลทำให้สีของสาหร่ายคล้อยตามสีของรงควัตถุที่มีอยู่แต่ก็ไม่เสมอไป สาหร่ายแต่ละชนิดมีรงควัตถุแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ

องค์ประกอบของผนังเซลล์ จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ อิเลกตรอน และกระบวนการทางชีวเคมี ทำให้สามารถทราบถึงลักษณะและองค์ประกอบของผนังเซลล์สาหร่าย สาหร่ายหลายชนิดไม่มีผนังเซลล์ บางชนิดผนังเซลล์ก็เปลี่ยนแปลงไปโดยมีสารอื่นมาห่อหุ้ม แต่ส่วนใหญ่แล้วพบว่าผนังเซลล์ของสาหร่ายประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) ไซแลน (xylan) แมนแนน (mannan) กรดอัลจีนิค (alginic acid) เพคติน (pectin) ไคติน (chitin) ซิลิกา (silica) และหินปูน เป็นต้น ผนังเซลล์ของสาหร่ายแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปซึ่งใช้ลักษณะดังกล่าวนี้แยกหมวดหมู่ของสาหร่ายได้

อาหารที่สะสมไว้ภายในเซลล์ จากการสร้างอาหารของสาหร่ายจะได้สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งสะสมในรูปแป้ง (strach) ลิวโคซิน (leucosin) ลามินาริน (laminarin) แมนนิทอล (manitol) ไขมัน (fat) น้ำมัน (oil) คอเรสเทอรอล (choresterol) เออโกสเทอรอล (ergosterol) ฟิวโคสเทอรอล (fucosterol) พารามายรอน (paramyron) เป็นต้น

จำนวนและตำแหน่งของแฟลกเจลลัม (Flagellum) สาหร่ายหลายชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ บางชนิดในระยะสืบพันธุ์จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่เคลื่อนที่ได้ การที่สาหร่ายสามารถเคลื่อนที่ได้ก็โดยอาศัยแฟลกเจลลัม สาหร่ายแต่ละชนิดจะมีจำนวนลักษณะและตำแหน่งที่แฟลกเจลลัมฝังตัวอยู่นั้นแตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้ความแตกต่างดังกล่าวนี้แยกหมวดหมู่ของสาหร่ายได้

2.3 ไดอะตอม

เดิมในอดีตได้มีการจัดไดอะตอมอยู่ในดิวิชั่น Chrysophyta (Bold and Wynne, 1985) แต่ปัจจุบันนักสาหร่ายวิทยาหลายท่านได้จัดแยกไดอะตอมเป็นดิวิชันเดี่ยวๆ คือ Division Bacillariophyta

ลักษณะทั่วไปของไดอะตอม

ไดอะตอมมีรงควัตถุ คลอโรฟิลล์ เอ และซี แคโรทีนอยด์ ที่ประกอบด้วย เบตาแคโรทีน เอพซีลอนแคโรทีน และอาจพบแอลฟาแคโรทีน แซนโธฟิลล์ ที่ประกอบด้วย ฟิวโคแซนธิน นีโอฟิวโคแซนธิน ไดอะโตแซนธิน ไดอะไดโนแซนธิน เนื่องจากปริมาณของแซนโธฟิลล์ และแคโรทีนอยด์มีมากกว่าคลอโรฟิลล์จึงทำให้มองเห็นสีของไดอะตอมเป็นสีเหลือง สีส้มและสีน้ำตาลแกมทอง คลอโรพลาสต์มีรูปร่างกลมแบน เป็นแฉกรูปดาว เป็นพู (lobe) หรือเป็นรูปตัว "H" ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันหลายรูปแบบ ขึ้นกับสปีชีส์ของไดอะตอม ไดอะตอมบางชนิดมีไพรีนอยด์อยู่ในคลอโรพลาสต์

เซลล์ของไดอะตอมประกอบด้วย ผนังเซลล์ มีผนังเซลล์หนา แข็งและทนทาน โดยเป็นสารพวกเพคตินมีสารซิลิกาแทรกปะปนอยู่ อาหารสะสม ส่วนใหญ่เป็นน้ำมัน และแป้งที่เรียกว่าคริสโสลามินาริน (chrysolaminarin) ในสปีชีส์ที่มีไพรีนอยด์อาจมีการสะสมแป้งไว้ในไพรีนอยด์ ไดอะตอมมีรูปร่างหลายแบบ ได้แก่ เซลล์เดี่ยว เซลล์ต่อกันเป็นเส้นสาย หรือสายโซ่ โดยมีการต่อกันอย่างหลวม ๆ หรือบางชนิดอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเป็นก้อน ในพวกที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ทั้งกลุ่มจะฝังอยู่ในสารที่มีลักษณะหยุ่นๆ คล้ายเจลลาตินซึ่งเป็นกรดเพคติน เซลล์ปกติของไดอะตอมไม่มีแฟลเจลลัม แต่ในเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในบางออร์เดอร์มีแฟลเจลลัม 1 เส้น แบบแพนนโตนีมาติค ซึ่งมีขนสั้น 2 แถวบนแฟลเจลลัม เซลล์ปกติมีแวคิวโอลตรงกลาง มีโครโมพลาสต์ 1 อัน หรือหลายอัน พวกที่ไม่มีโครโมพลาสต์จะดำรงชีวิตแบบแซโพรไฟต์ ดูดกินซากสารอินทรีย์ (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

ลักษณะพิเศษของไดอะตอม (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2548)

ลักษณะของเซลล์ ประกอบด้วย 2 ฟรัสตูล ที่มีผนังเซลล์ซับซ้อนโดยมีผนังชั้นนอกที่ครอบอีกชั้นหนึ่งเรียก "อีพิธีกา" (epitheca) ส่วนผนังที่ถูกครอบเรียก "ไฮโพธีกา" (hypotheca) ฟรัสตูลแต่ละอันประกอบด้วยแผ่นที่มีลักษณะรูปแบนกว้างหรือโค้ง เรียก "วาล์ว" (valve) โดยด้านอีพิธีกา เรียก อีพิวาล์ล (epivale) ด้านไฮโพธีกา เรียกว่า "ไฮโปวาล์ว" (hypovale) มีแถบด้านขวางอยู่เป็นมุมฉากกับฟรัสตูล เรียกว่า คอนเนคติงแบน (connecting band) หรือ ซิงกูลัม (cingulum) หรือ เกอเดิลแบน (girdle band) โดยอีพิธีกาเรียกว่า อีพิซิงกูลัม (epicingulum) หรือ อีพิเกอเดิล (epigirdle) ด้านไฮโปธีกา เรียก ไฮโปซิงกูลัม (hypocingulum) หรือ ไฮโปเกอเดิล (hypogirdle)

เนื่องจากผนังเซลล์มีสารซิลิกาเข้าไปแทรกและพอกหนาจนเป็นแผ่นต่อเนื่องกันมักจะเกิดเป็นติ่งยื่นออกมาคล้ายหนามหรือรยางค์ และทำให้บางบริเวณเป็นจุดบางและหนาไม่เท่ากัน ทำให้รูปร่างไม่เท่ากัน แต่การเกิดเช่นนี้เป็นแบบแผนที่แน่นอน ซึ่งนำมาใช้ในการแบ่งไดอะตอมออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 แบบได้แก่ แบบเซนทริคไดอะตอม (centric diatom) มีรูปร่างสมมาตรแบบรัศมี (radial symmetry) โดยมีการพอกซิลิกามีทิศทางออกไปจากจุดศูนย์กลางของฟรัสตูล และแบบเพนเนทไดอะตอม (pinnate diatom) มีรูปร่างสมมาตรแบบซีกซ้ายขวาเท่ากัน (bilateral symmetry) มีบางสปีชีส์ไม่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่อาจเหมือนกัน แบบแผนการพอกของซิลิกาจะเริ่มจาก 2 ข้างบริเวณแกนกลาง (axial strip หรือ axial fild หรือ longitudinal strip) ซึ่งบริเวณนี้มีร่องตามยาวเรียกว่า "ราฟี (raphe)" เป็นทางผ่านทะลุของผนังเซลล์ ถ้าตัดตามขวางจะเป็นเป็นรูปตัววี "V" ราฟี บริเวณกึ่งกลางเซลล์จะเป็นผนังหนาเรียก "เซนทรัลโนดูล" (central nodule) ผนังหนาแต่ละขั้ว เรียก "โพลาร์โนดูล" (polar nodule) บริเวณแกนกลางที่ไม่มีราฟี เรียก "ซูโดราฟี" (pseudoraphe) หรือราฟีเทียม พบว่าเพนเนตไดอะตอมที่มีราฟีเท่านั้นที่จะเคลื่อนที่ได้

ไดอะตอมบางกลุ่มสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยที่ไดอะตอมที่มีราฟีที่แท้จริงเท่านั้นที่เคลื่อนที่ได้ โดยจะมีการเคลื่อนที่ไปอย่างเรียบๆ หรือกระตุกๆ อัตราเร็วของการเคลื่อนที่จะแปรผันตามปริมาณของแสง ทิศทางของการเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของราฟี โดยมีทิศทางตรงไปด้านหน้า หรือมีการเคลื่อนที่แบบตัว S (sigmoid) กลไกของการเคลื่อนที่เข้าใจว่าเกิดจากการไหลของ ไซโตพลาสซึมที่มีตำแหน่งทางด้านโพลาร์โนดูลข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง จึงทำให้เกิดแรงเสียดทานกับน้ำ ดันให้เคลื่อนที่ตรงข้ามกับทิศทางการไหลของไซโตพลาสซึม

ไดอะตอมบางจีนัสสามารถสร้างซิสต์หรือสปอร์ระยะพัก โดยพบเฉพาะในกลุ่มเซนทริคไดอะตอม ซึ่งซิสต์มีคุณสมบัติทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี การสร้างซิสต์เริ่มจากโปรโตพลาสซึมภายในเซลล์หดตัวรวมกันเป็นก้อนเล็กลง และทำให้เห็นสีเข้มขึ้น จากนั้นจะมีการสร้างผนังที่เป็นสารซิลิกาให้หนามากขึ้น ใน 1 เซลล์อาจสร้างสปอร์นี้ได้ 1,2 หรือ 4 สปอร์

ลักษณะของสปอร์ประกอบด้วย 2 ฟรัสตูล รูปร่างกลมหรือรีและมีลวดลายบนฟรัสตูล ซึ่งไม่เหมือนลวดลายบนเซลล์ปกติเดิม เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมความชื้นและอาหารเพียงพอ ซิสต์จะงอกโดยยืดยาวออกและเจริญเป็นเซลล์ปกติต่อไป สามารถใช้ลักษณะซีสต์มาใช้ในการจัดจำแนก ไดอะตอมได้

แหล่งที่อยู่ของไดอะตอม ไดอะตอมที่มีชีวิตอยู่ในปัจจุบันมีประมาณ 250 จีนัส และ 100,000 สปีชีส์ ไดอะตอมส่วนใหญ่พบในน้ำทะเล น้ำจืด ตามก้อนหินในเขื่อนและตามหน้าดิน บางชนิดดำรงชีวิตล่องลอยตามกระแสน้ำในรูปแพลงก์ตอนพืช หรือเกาะตามวัตถุไม่มีชีวิตใต้น้ำ เช่น ก้อนหิน เรียกว่า เบนทิคไดอะตอม (benthic diatom) หรือเกาะกับพืชน้ำหรือสาหร่ายขนาดใหญ่ เรียกว่า เพอริไฟติคไดอะตอม (periphytic diatom) ไดอะตอมมีความสำคัญมากในแหล่งน้ำเพราะถือว่าเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ

การดำรงชีวิต ในกลุ่มที่มีรงควัตถุใช้ในการสังเคราะห์แสงสร้างอาหารเองได้เป็นอาหารให้กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ส่วนกลุ่มที่มีรงควัตถุช่วยในการสังเคราะห์แสงจะดำรงชีวิตแบบแซโพรไฟติค ต้องกินซากหรืออนุภาคของสารอนินทรีย์

การสืบพันธุ์ มีทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยแบบไม่อาศัยเพศจะมีการแบ่งเซลล์ตามขวางออกเป็นสองส่วนเท่ากันแบบ binary transverse fission ไซโตพลาสซึมมีการแบ่งแบบไมโตซิส ได้ 2 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีผนังเซลล์อันเดิมครึ่งหนึ่ง และอันใหม่อีกครึ่งหนึ่ง ผนังเซลล์เก่ากลายเป็นอีพิกาส่วนผนังเซลล์ใหม่เป็นไฮโปธีกา เสมอ ถ้ามีการแบ่งเซลล์หลายๆ ครั้ง จะทำให้ขนาดของรุ่นลูกหลานลดลงและเล็กลงมาก

สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเป็นกระบวนการที่ทำให้เซลล์ของไดอะตอมจากที่มีขนาดเล็กที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ กลับไปสู่ขนาดใหญ่ปกติของสปีชีส์นั้นๆ โดยการสร้างสปอร์ที่เรียกว่า “ออกโซสปอร์” (auxospore) โดยเริ่มจากเซลล์ปกติที่มีจำนวนชุดโครโมโซม 2n จะแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส ได้แกมีทหรือเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย เมื่อแกมีทผสมกันแล้วได้เป็นไซโกต ซึ่งแบบแผนการรวมกันของแกมีทจะแตกต่างกันไปตามสปีชีส์ของไดอะตอม แล้วสร้างผนังเซลล์ล้อมรอบกลายเป็นออกโซสปอร์ ซึ่งประกอบด้วยฟรัสตูล 2 ฟรัสตูล ที่มีผิวเรียบหรือลวดลายไม่เหมือนเซลล์ปกติ เมื่อถึงระยะพร้อมที่จะงอก จะเกิดการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส ได้ 2 เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะสร้างผนังใหม่ขึ้นมาเอง มีการสร้างสปอร์อีกแบบหนึ่ง คือ สปอร์ระยะพัก (resting spore) ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโตซิส และพัฒนารูปร่างเหมือนเซลล์แม่ พบว่าปัจจัยที่ทำให้ออกโซสปอร์และสปอร์ระยะพัก นั้นแตกต่างกัน คือการสร้างออกโซสปอร์จะเกิดขึ้นเมื่อขนาดของเซลล์เล็กลงมากเกินไป จึงต้องมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ส่วนการสร้างสปอร์ระยะพัก

เกิดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขนาดของไดอะตอมมากเกินไปและเป็นแบบไม่อาศัยเพศ (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

การจำแนกหมวดหมู่ของไดอะตอม

เนื่องจากผนังเซลล์ของไดอะตอมมีสารซิลิกาเป็นองค์ประกอบสำคัญ ผนังเซลล์ซับซ้อนและลวดลายบนผนังเซลล์มีหลายแบบซึ่งแตกต่างกันไปตามสปีชีส์ของไดอะตอม สามารถนำลักษณะเหล่านี้มาใช้จัดจำแนกไดอะตอมออกเป็นหมวดหมู่ต่างๆ ได้ แต่การศึกษาลักษณะและลวดลายของผนังเซลล์ไดอะตอมนั้น ต้องใช้การศึกษาพิเศษพร้อมการถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ดังนั้นถ้าเป็นไดอะตอมในแหล่งน้ำจืดที่มีสารอินทรีย์ภายในเซลล์มากต้องทำความสะอาดเซลล์ก่อน เพื่อให้มองเห็นลวดลายของผนังเซลล์ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญในการวินิจฉัยไดอะตอม (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

2.4 การประยุกต์ใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ

Wetzel (1975) ได้ประยุกต์ใช้สาหร่ายชนิดเด่นที่พบในแหล่งน้ำเพื่อบ่งชี้ปริมาณสารอาหาร (trophic status) ในแหล่งน้ำคือ ในแหล่งน้ำที่เป็นกรดเล็กน้อย และมีความเค็มน้อยมากและมีสารอาหารน้อย (oligotrophic) จะพบสาหร่ายชนิดเด่นกลุ่มเดสมิดส์ (Desmids) เช่น *Staurodesmus* sp. และ *Staurastum* sp. ในทะเลสาบที่มีสารอาหารน้อย มี pH เป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย จะพบสาหร่ายชนิดเด่น คือ ไดอะตอม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Cyclotella* sp. และ*Tabellaria* sp. พบสาหร่ายกลุ่ม Chlorococcal เช่น *Oocystis* sp. หรือกลุ่ม Chrysophycean เช่น *Botryococcus* sp.ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย มี pH เป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย จะพบสาหร่ายชนิดเด่นคือกลุ่ม Chrysophycean โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Dinobryon* sp. และ *Mallomonas* sp. บางสปีชีส์ แหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย มี pH เป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย แถบชายฝั่งลาดชันของทะเลสาบอาร์กติก จะพบสาหร่ายชนิดเด่นในกลุ่ม Dinoflagellates โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Peridinium* sp.บางสปีชีส์ และ *Ceratium* sp. แหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูงในฤดูกาลปกติและมีสารอาหารปานกลางในบางฤดูกาล มี pH เป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย จะพบสาหร่ายกลุ่ม Dinoflagellates, เช่น *Peridinium* sp. และ*Ceratium* sp. แหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก และมี pH ค่อนข้างสูง จะพบสาหร่ายชนิดเด่นกลุ่มไดอะตอมเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Asterionella* spp., *Crotonensis* sp., *Synedra* sp., *Stephanodiscus* sp. และ *Aulacoseira granulata*

2.5 สาหร่ายขนาดใหญ่

เทาน้ำ (*Spirogyra* spp.)

สาหร่ายเทาน้ำ หรือเตา (*Spirogyra* spp.) จัดเป็นสาหร่ายสีเขียวอยู่ใน Division Chlorophyta, Order Zygnematales, Family Zygnemataceae (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำไหลที่สะอาด มีสารอาหารปานกลาง เจริญเติบโตได้ดีในฤดูร้อนและหนาว (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2548)

ลักษณะของเทาน้ำ

เทาน้ำมีลักษณะเป็นเส้นสายที่ไม่แตกแขนง มีลักษณะเหมือนเส้นผมแต่มีสีเขียว เมื่อสัมผัสจะรู้สึกลื่นมือ เนื่องจากมีสารเมือกห่อหุ้มไว้ มีรูปทรงเป็นทรงกระบอก คลอโรพลาสต์เป็นเส้น ขดจากปลายเซลล์ด้านหนึ่งไปยังเซลล์อีกด้านหนึ่ง ผนังเซลล์มี 3 ชั้น โดยที่ผนังเซลล์ชั้นในและชั้นกลางเป็นสารประกอบพวกเซลลูโลส และชั้นนอกสุดเป็นสารพวกเพคโตส คลอโรพลาสต์มีไพรีนอยด์เรียงเป็นแถวตลอดสาย ซึ่งจำนวนสายของคลอโรพลาสต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของเซลล์ ตรงกลางเซลล์จะมีแวคิวโอลขนาดใหญ่และมีนิวเคลียสแขวนลอยอยู่ โดยมีสายไซโทพลาสซึมเชื่อมโยงยึดไว้กับผนังเซลล์ เทาน้ำเป็นสาหร่ายที่ไม่เคยสร้างสปอร์ที่เคลื่อนที่ได้แบบสัตว์เลยในชีวิต และแกมมีตก็ไม่มีแฟลกเจลลา การเจริญของเทาน้ำนั้นมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสง อุณหภูมิ แร่ธาตุต่างๆ และปริมาณออกซิเจน ถ้ามีในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้เทาน้ำเจริญได้ดีและเป็นส่วนสำคัญของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ

ชนิดของเทาน้ำ

ลัดดา วงศ์รัตน์ (2542) ได้กล่าวถึงความหลากหลายของเทาน้ำที่สำรวจพบ และมีการจัดจำแนกดังนี้

(1) *Spirogyra crassa* Kützing

สายเซลล์ค่อนข้างหยาบ เป็นเมือกเมื่อจับดูจะรู้สึกลื่นมือ เซลล์ปกติ เส้นผ่านศูนย์กลาง 140-160 ไมครอน ความยาวเซลล์เป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือผนังกั้นเรียบ คลอโรพลาสต์เป็นเส้นบาง 6-12 เส้น คลอโรพลาสต์ขดเป็นเกลียว คอนจูเกชันโดยการสร้างท่อเป็นสายเซลล์ที่มีการผสมพันธุ์จะมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไซโกสปอร์ (zygospore) รูปไข่ หรือแบนข้าง ปลายสุดของปลายไซโกสปอร์กลมมน สปอร์มีสีน้ำตาล และผนังของสปอร์มีรูเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป เส้นผ่านศูนย์กลางของสปอร์ 12-140 ไมครอน ยาว 166-175 ไมครอน

(2) *Spirogyra daedaleoides* Czurda

สายเซลล์ค่อนข้างหยาบ ประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 30-35 ไมครอน ยาว 70-148 ไมครอน ผนังกั้นเรียบ คลอโรพลาสต์ เป็นเส้นหนึ่งเส้นขดเป็นเกลียว 3-4 รอบ การคอนจูเกชั่นแบบแตะกันที่ด้านข้าง โดยสร้างท่อจากทั้งสองแกมมีต เซลล์ที่มีการผสมพันธุ์จะพองออก ไซโกสปอร์รูปไข่ มีสีน้ำตาล และบนผนังโดยสปอร์มีลวดลายแบบร่างแห เส้นผ่านศูนย์กลางของสปอร์ 35-44 ไมครอน ยาว 59-77ไมครอน

(3) *Spirogyra gratina* Transean

สายเซลล์เล็ก ประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 28-33 ไมครอน ยาว 144-400 ไมครอน ผนังกั้นเซลล์มีรอยพับจำนวนคลอโรพลาสต์ 2-4 เส้น คอนจูเกชั่นแบบด้านข้างโดยมีแกมมีตทั้งสองเพศ สร้างท่อเซลล์สืบพันธุ์รูปทรงกระบอกขนาดเล็กหรือขยายใหญ่ขึ้นกว่าเดิมไซโกสปอร์รูปไข่หรือรูปไข่กึ่งทรง กระบอก ผนังของสปอร์เรียบและมีสีเหลือง เส้นผ่านศูนย์กลางของสปอร์ 35-47 ไมครอน ยาว 108-123 ไมครอน

(4) *Spirogyra weberi* Kützing

สายเซลล์ประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 19-30 ไมครอน ยาว 80-480 ไมครอน ผนังกั้นเซลล์มีรอยพับ และมีคลอโรพลาสต์ เป็นแถบกว้าง 1 เส้นขดเป็นเกลียว 3-6 รอบครึ่ง คอนจูเกชั่นโดยท่อที่สร้างจากแกมมีตทั้งสองเพศ เซลล์ที่มีการผสมพันธุ์รูปทรงกระบอก ไซโกสปอร์รูปไข่กึ่งทรงกระบอก ผนังสปอร์เรียบมีสีน้ำตาล เส้นผ่านศูนย์กลางของสปอร์ 21-25 ไมครอน ยาว 30-39 ไมครอน

(5) *Spirogyra turfosa* F.Gay

เซลล์มีความกว้าง 68-78 ไมครอน ยาว 68-350 ไมครอน ผนังกั้นเซลล์เรียบ มีคลอโรพลาสต์ 3-4 เส้น พันเป็นเกลียว 1.5-4 รอบ คอนจูเกชั่นแบบด้านข้างโดยมีแกมมีตทั้งสองเพศสร้างท่อ สปอร์รูปรีหรือกลม ผนังสปอร์เรียบและมีสีเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ สปอร์ 65-78 ไมครอน ยาว 120-140 ไมครอน

(6) *Spirogyra dubia* Kützing

เซลล์มีความกว้าง 40-50 ไมครอน ยาว 60-250 ไมครอน ผนังกั้นเซลล์เรียบ มีคลอโรพลาสต์ 2 หรือ 3 เส้นพันเป็นเกลียว 2-8.5 รอบ คอนจูเกชันแบบด้านข้างโดยมีแกมมีตทั้งสองเพศสร้างท่อ ไซโกสปอร์รูปไข่ ผนังสปอร์เรียบและมีสีน้ำตาลเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสปอร์ 42-50 ไมครอน ยาว 54-67 ไมครอน

(7) *Spirogyra hassallii* (Jenner) P.L.Crouan & H.M.Crouan

เซลล์มีความกว้าง 26-33 ไมครอน ยาว 100-250 ไมครอน ผนังกั้นเซลล์มีลักษณะเป็นวงแหวน มีคลอโรพลาสต์ 2 เส้น พันเป็นเกลียว 1.5-5 รอบ คอนจูเกชั่นแบบแตะกันที่ด้านข้างโดยสร้างท่อจากทั้งสองแกมมีต เซลล์ที่มีการผสมพันธุ์จะพองออก ไซโกสปอร์รูปไข่ ผนังสปอร์เรียบและมีสีเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสปอร์ 39-48 ไมครอน ยาว 58-139 ไมครอน

การสืบพันธุ์ของเทาน้ำ

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการขาดออกเป็นท่อนๆ ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการรวมกันของแกมีท ซึ่งจะเคลื่อนที่ผ่านท่อคอนจูเกชัน ซึ่งมี 2 แบบ คือ สคาลาริฟอร์มคอนจูเกชัน (scalariform conjugation) และแลเทอรัลคอนจูเกชัน (lateral conjugation) หรือเทอมินัลคอนจูเกชัน (terminal conjugation) โดยสคาลาริฟอร์มคอนจูเกชัน เป็นการผสมต่างสายหรือต่างทัลลัส โดยที่เซลล์ทุกเซลล์ในสายจะสร้างแกมีทเพศเดียวตลอดสาย หรือสร้างแกมีททั้ง 2 เพศในสายเดียวกัน แกมีทแต่ละแกมีทเกิดจากโปรโตพลาสต์ในแต่ละเซลล์นั้นเอง เมื่อถึงระยะเวลาผสมพันธุ์ *Spirogyra* sp. 2 สายจะอยู่ใกล้กันแบบคู่ขนาน แล้วปล่อยเมือกออกมาหุ้มสายทั้งสองไว้ต่อมาผนังเซลล์ด้านที่อยู่ใกล้กันจะโป่งออกมา แล้วยื่นมาแตะกัน ในที่สุดก็เชื่อมกันเป็นหลอดหรือเป็นท่อเรียกท่อดังกล่าวว่า ท่อคอนจูเกชัน ขณะเดียวกันนั้นโปรโตพลาสต์ซึ่งเปลี่ยนเป็นแกมีทของเซลล์จะหดรวมกันเป็นก้อน โปรโตพลาสต์ซึ่งเป็นแกมีทเพศผู้จะเคลื่อนที่ผ่านท่อคอนจูเกชั่น ไปรวมกันกับโปรโตพลาสต์ของแกมีทเพศเมียกลายเป็นไซโกตต่อไป (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

แลเทอรัลคอนจูเกชัน หรือเทอมินัลคอนจูเกชัน เป็นการคอนจูเกชั่นที่เกิดในสายหรือทัลลัสเดียวกันเมื่อถึงระยะเวลาผสมพันธุ์ ผนังเซลล์ที่กั้นระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่เป็นแกมีทจะขาดออกเป็นรูเล็ก ๆ ส่วนผนังเซลล์ที่เชื่อมต่อระหว่างเซลล์ทั้งสองจะโป่งออกเป็นโปรโตพลาสต์ที่ทำหน้าที่เป็นแกมีทเพศผู้จะเคลื่อนที่ผ่านช่องทางนี้มารวมกับโปรโตพลาสต์ที่ทำหน้าที่เป็นแกมีทเพศเมียกลายเป็นไซโกตต่อไป ไซโกตซึ่งเกิดขึ้นจากทั้ง 2 วิธีการนี้จะมีการพัฒนาต่อไป เป็นไซโกตสปอร์โดยผนังเซลล์หนาขึ้นและจะพักตัวระยะเวลาหนึ่งต่อมาแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซีส 4 นิวเคลียส จะสลายไป 3 นิวเคลียส เหลือเพียง 1 นิวเคลียส ซึ่งจะงอกเป็นทัลลัสใหม่ต่อไป (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

วงจรชีวิตของเทาน้ำ (Life cycle of *Spirogyra* spp.)

เทาน้ำมีวงจรชีวิตแบบ Zygotic meiosis (บัญญัติ มณเฑียรอาสน์ , 2532) ทัลลัสที่เป็นแฮพพลอยด์ (haploid) ในระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ จะสร้างส่วนที่ทำหน้าที่สืบพันธุ์เรียกว่า Fragmentation ซึ่งสามารถเจริญเป็นทัลลัสใหม่ได้ ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้น สาหร่ายจะมีอวัยวะเพศสำหรับสร้างแกมมีตขึ้นมา เมื่อแกมมีตผสมจะได้ไซโกต ซึ่งจะมีผนังหนาเรียกว่าไซโกสปอร์ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมก็เจริญเป็นทัลลัสใหม่ โดยมีการแบ่งนิวคลียสแบบไมโอซีสทำให้ทัลลัสใหม่แบบแฮพพลอยด์ตามเดิม

สาหร่ายไก (*Cladophora* spp. and *Microspora* spp.)

ภาคเหนือและภาคอีสานของไทยนิยมบริโภคสาหร่ายสีเขียวที่ชื่อ เตา หรือ เทาน้ำ หรือ *Spirogyra* spp. มานาน โดยนำมายำใส่เครื่องปรุงต่างๆ จัดเป็นอาหารพื้นบ้านที่ได้รับความนิยมมาก นอกจากนี้ยังมีไกหรือ *Cladophora* spp. และ *Microspora* spp. ซึ่งเป็นสาหร่ายจากลุ่มน้ำโขง และลุ่มน้ำน่าน ที่นำมาทำอาหารพื้นบ้านได้เช่นกัน

***Cladophora* spp.**

Cladophora spp. เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสายที่แตกแขนง แต่การแตกแขนงจะไม่เป็นพุ่มอาจแตกทีละ1แขนงหรือแบบ Dichotomous branching เซลล์ต่างๆมีไรซอยด์ติดกับพื้น เซลล์มีความยาวมากกว่าความกว้างมาก คลอโรพลาสต์จะเป็นร่างแห มีไพรีนอยด์หลายอัน มีนิวเคลียสมากกว่า 1 อันใน 1 เซลล์ ผนังเซลล์ค่อนข้างหนา วงจรชีวิตเป็นแบบอโซมอร์ฟิคดิพโพลแฮพพลอนติก โดยมีการสร้างซูโอสปอร์ที่มีแฟลกเจลลา 4 เส้น และแกมมีทที่มีแฟลกเจลลา 2 เส้น ซึ่งมีการผสมกันแบบไอโซแกมมีและอาจจะมีพาร์ทีโนเจซีสเกิดขึ้นบ้าง (อ้างอิง) สาหร่ายในจีนัสนี้พบทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเล มีขนาดและรูปร่างต่างกันมาก กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ (2527)ได้กล่าวว่า สาหร่ายจีนัสนี้บางชนิดที่ขึ้นในน้ำจืด ในเขตอบอุ่นมีลักษณะเป็นก้อนกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-10 เซนติเมตร และแต่ละก้อนประกอบด้วยเส้นสายที่แตกแขนงจำนวนมาก ตรงกลางเป็นส่วนที่ไม่ได้รับแสง จึงเกิดการตายและเน่าเปื่อยเกิดแก๊สขึ้นภายในดันให้ก้อนนี้ลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าน้ำ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า เลคบอลล์ (lake ball) หรือคลาโดฟอราบอลล์ (Cladophora ball)

***Microspora* spp.**

Microspora spp. เป็นสาหร่ายที่มีลักษณะเส้นสายไม่แตกแขนง เซลล์แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ผนังเซลล์แต่ละเซลล์มักจะหนามีลักษณะเป็นตัว H ซ้อนกัน คลอโรพลาสต์อาจมีลักษณะเป็นร่างแห หรืออาจอยู่ริมๆเซลล์ หรืออาจเป็นแผ่นเต็มเซลล์ ไม่มีไพรีนอยด์ สืบพันธุ์โดยที่เส้นสายขาดออกเป็นท่อน หรือสร้างสปอร์ที่มีแฟลเจลลัม 2 หรือ 4 เส้น

และอาจพบสปอร์แบบอะพลาโนสปอร์ ถ้าสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมอาจสร้างอะคินีท ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างแกมีท ซึ่งจะผสมกับแบบไอโซแกมี (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

เมื่อยังอ่อนอยู่อาจมีโฮลด์ฟาสต์ยึดติดกับพื้นแต่เมื่ออายุมากขึ้นจะขาดลอยเป็นแพลงก์ตอนพืช มักพบในน้ำที่มีลักษณะเป็นกรดอ่อนๆ สาหร่ายจีนัสนี้ พบว่ามีการเจริญอย่างรวดเร็ว เป็นปริมาณมากในแม่น้ำน่าน และแม่น้ำโขงบริเวณอำเภอเชียงของ ในช่วงฤดูแล้ง (ตุลาคม – พฤษภาคม) ร่วมกับ *Cladophora* spp. ชุมชนบริเวณ 2 ฝั่งลำน้ำนำมาใช้เป็นอาหารพื้นบ้าน ตั้งแต่ครั้งอดีตจนถึงปัจจุบัน มีคุณค่าทางโภชนาการสูงพอสมควร (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546)

2.6 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของสาหร่าย

2.6.1 สภาพแวดล้อมทางกายภาพ

2.6.1.1 แสง (Light) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย พลังงานและสสารที่เคลื่อนย้ายหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศจะเป็นผลที่ได้มาจากพลังงานที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและพืชสีเขียว (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531) แสงที่พอเหมาะที่สิ่งมีชีวิตต้องการ คือร้อยละ 10 ของแสงที่ส่องผ่านมายังพื้นโลกซึ่งเป็นปริมาณของแสงที่ส่องลึกลงไปในน้ำประมาณ 6 ฟุต โดยแสงที่ส่องลงไปในน้ำมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำและออกซิเจนในน้ำด้วย นอกจากนี้ปริมาณของแสงยังมีผลต่อประชากรของสาหร่าย ในฤดูหนาวสาหร่ายจะมีน้อยเนื่องจากกลางวันสั้นปริมาณของแสงน้อย อัตราการสังเคราะห์แสงมากที่สุดในบริเวณผิวน้ำ และลดลงไปตามลำดับเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น แสงที่ส่องมายังผิวน้ำบางส่วนจะมีการสะท้อนกลับ ซึ่งจะแปรผันกับมุมของแสงที่ตกกระทบผิวน้ำและการสะท้อนกลับจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีคลื่นที่ผิวน้ำ แสงที่ส่องลึกไปในแหล่งน้ำจะถูกดูดซึม โดยสารที่ละลายน้ำและแขวนลอยในน้ำ (นันทนา คชเสนี, 2536) นอกจากนี้แสงยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญของสาหร่าย โดย Hynes (1970) กล่าวว่า มักจะพบสาหร่ายสีแดงน้ำจืด *Batrachospermum* spp. ในบริเวณที่ร่ม ซึ่งต่างจากสาหร่ายสีเขียว *Stigeoclonium tennue* Kützing และ *Ulothrix* spp. ซึ่งมักพบได้บริเวณที่โล่งแจ้ง แดดค่อนข้างแรง สาหร่ายยึดเกาะในน้ำจืดจะอยู่ในเขตที่มีแสงส่องถึง (photic zone) ไม่ว่าจะเป็นระบบนิเวศแบบลำธาร แม่น้ำ หรือทะเลสาบ และ Goldman and Horne (1983); Stevenson (1996) พบว่าในช่วงฤดูร้อนที่มีปริมาณของแสงมากจะพบไดอะตอมบางชนิดที่เจริญได้ดี คือ *Nitzschia linearis*, *Meridion circulare*, *Fragilaria capucina*, *Achnanthes minutissima* และ *Ach. lanceolata* (Moore, 1977)

2.6.1.2 การส่องผ่านของแสงสู่แหล่งน้ำ (transparency) เป็นการวัดค่าความลึกของแหล่งน้ำในระดับที่สามารถจะมองเห็นด้วย ตาเปล่า ซึ่งเป็นการแสดงถึงการส่องผ่านของแสงโดยประมาณ ค่าความลึกนี้จะเป็นค่าที่บอกถึงระยะความลึกของเขตที่แสงส่องถึง ณ จุดนี้พบว่าอัตราสังเคราะห์แสงจะเท่ากับอัตราการหายใจ การวัดค่าการส่องผ่านของแสงสู่ผิวน้ำใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Secchi disc ซึ่งอาจเป็นโลหะหรือพลาสติก ที่มีน้ำหนักถ่วงรูปวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร แล้วแบ่งพื้นที่เป็นสี่ส่วนเท่าๆ กัน แต่ละส่วนทาด้วยสีดำและสีขาวสลับกัน การใช้เครื่องมือนี้สามารถใช้วัดได้ในแนวดิ่ง จนถึงระดับที่มองไม่เห็นความแตกต่างระหว่างสีดำ และสีขาว จึงวัดระดับความลึกนั้น หรืออาจเรียกว่าความลึกของการส่องผ่านของแสงสู่แหล่งน้ำก็ได้ (นันทนา คชเสนี, 2536)

2.6.1.3 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิมีความสำคัญต่อการเพิ่ม หรือการลดการเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ของสาหร่าย นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อการกระจายตัวของสาหร่าย ตามลักษณะภูมิศาสตร์ถึงแม้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล อุณหภูมิของน้ำจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ โดยเป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโต และการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิต และการผสมกลมกลืนกันของน้ำในแหล่งน้ำ อุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของแสง ถ้าปริมาณความเข้มของแสงมากจะมีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดจากการที่แสงผ่านไปในแหล่งน้ำ ต่อมาก็เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อนทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันตามระดับความลึก (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539) คุณสมบัติของน้ำที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ คือความร้อนจำเพาะ ความร้อนในการหลอมตัวและความร้อนที่ใช้ในการระเหยที่มีค่าสูงสุด คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิในแหล่งน้ำจืด มีสภาพคงที่กว่าในอากาศ (เสน่ห์ โรจนดิษฐ์, 2531) สำหรับในแหล่งน้ำจืดอุณหภูมิของน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศและบริเวณหนึ่งๆ มีความผันแปรในรอบปีสูง กล่าวคือ อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างกลางวัน และกลางคืนแล้วแต่ปริมาณของแสงที่ได้รับ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผิวน้ำมีความ สัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศมากกว่าน้ำที่อยู่ลึกลงไป (กุศยา, 2529) สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดก็จะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน อุณหภูมิมีผลกระทบต่อกระบวนการต่างๆ ในแหล่งน้ำทั้งในเชิงกายภาพ ชีวภาพและเคมี ซึ่งอุณหภูมินี้ยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ความหนาแน่นของน้ำ และการละลายของธาตุ (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531) อุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาทางชีวเคมี (biochemical reaction) ของสิ่งมีชีวิต และ ชุมชนสาหร่ายพื้นท้องน้ำ (benthic algae communities) ทั้งในระบบนิเวศที่เป็นแบบน้ำนิ่งและน้ำไหล โดยมีผลตั้งแต่ระดับสรีรวิทยาของเซลล์ ระดับประชากร ระดับชุมชน และมีผลถึงระดับของทั้งระบบนิเวศ (Stevenson, 1996)

สาหร่ายสีแดงน้ำจืดบางชนิดจะมีความต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยจะพบ *Audouinella* spp. ในฤดูหนาวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส เมื่อหมดฤดูหนาว อุณหภูมิสูงขึ้น จะพบการเจริญแทนที่ของ *Batrachospermum macrosporum* Montagne ซึ่งเจริญได้ในอุณหภูมิช่วง 15-25 องศาเซลเซียส และยังพบสาหร่ายสีเขียวบางชนิด เช่น *Oedogonium* spp. และ *Cladophora glomerata* Kützing ซึ่งจะเจริญได้ในช่วงฤดูหนาวเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสเท่านั้น (สุทธวรรณ สุพรรณ, 2547 อ้างอิงจาก Dillard, 1996)

2.6.1.4 ความขุ่นของน้ำ (turbidity) ความขุ่นของน้ำเป็นผลเนื่องมาจากอนุภาคแขวนลอยของสารอินทรีย์และของแข็งที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียว ดินโคลน แพลงก์ตอนพืชและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กๆ ในน้ำดูดซึมแสงบางส่วนเอาไว้ ทำให้แสงที่ส่องไปในระดับความลึกมากขึ้น มีปริมาณลดลง (นันทนา คชเสนี, 2536) พวกวัสดุต่างๆ ที่ทำให้เกิดความขุ่นคือ ตัวที่ทำให้เกิดสีนั่นเองและความเข้มข้นของสารต่างๆ ก็เป็นตัวกำหนดความโปร่งแสงของน้ำ (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531)

ความขุ่นของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนของไดอะตอม กล่าวคือ จำนวนไดอะตอมจะลดจำนวนลง เมื่อความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น ถึงแม้ในแม่น้ำจะมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ แต่ถ้าน้ำมีความขุ่นมากจำนวนไดอะตอมจะลดจำนวนลง (กุศยา, 2539)

2.6.1.5 ความดัน (pressure) ความดันเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการละลายได้ของก๊าซ ซึ่งการละลายได้ของก๊าซจะเพิ่มขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้นแต่ปริมาตรของก๊าซที่ละลายได้จะไม่เพิ่มขึ้นด้วยจะเพิ่มเฉพาะน้ำหนักเท่านั้น เพราะปริมาตรของก๊าซเป็นปฏิภาคกลับกับความดัน โดยปกติความดันเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับสาหร่าย

2.6.1.6 ความเร็วของกระแสน้ำ (velocity) การไหลเวียนของน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งมีผลต่อการเจริญ เติบโต รูปร่าง และการแพร่กระจายของสาหร่าย สาหร่ายที่อยู่ในน้ำที่ไหลแรงและเร็วจะมีลักษณะที่สำคัญคือโครงสร้างภายนอกและทัลลัสจะแข็งแรง เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนเมื่อเวลาแพลงก์ตอนพืชไหลไปกระทบน้ำ ความเร็วของน้ำทำให้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดมีการเจริญผิดรูปร่างไป (ชาญณรงค์ แก้วเล็ก, 2532) การไหลเวียนของน้ำเกิดขึ้นได้จากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต รูปร่าง และการแพรกระจายของไดอะตอม ในน้ำไหลแรงจะพบไดอะตอมประเภท *Navicula* sp., *Gomphonema* sp. และ *Cocconeis* sp. (Smith, 1951) ไดอะตอมพื้นท้องน้ำบางชนิดมีโครงสร้างพิเศษที่เฉพาะ เรียกว่า โฮลด์ฟาสต์ (holdfast) และสร้างเมือกเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับสิ่งต่าง ๆ ในน้ำ เช่น *Gomphonema* sp. (Chapman and Chapman, 1973 น้ำที่ไหลแรงจะพบไดอะตอมในสกุล *Navicula* sp. และ *Gomphonema* sp. (Smith, 1950) ในน้ำที่ไหลช้ามากจะพบสาหร่ายพวก *Hydrodictyon* sp.,

Spirogyra sp., *Oedgonium* sp. และ *Rhizoclonium* sp. (Smith, 1950) สาหร่ายบางชนิดมีการสร้างเซลล์พิเศษที่เรียกว่า Holdfast และ การสร้างเมือกเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับสิ่งต่าง ๆ ในน้ำ เช่น *Cladophora* sp., *Rhizoclonium* sp. *Gomphonema* sp. และ *Achnanthes* sp. (ชาญณรงค์ แก้วเล็ก, 2532) นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าแหล่งน้ำมีกระแสน้ำไหลแรงจะส่งผลให้ค่าการละลายของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น (Goldman and Horne, 1983; Wetzel, 2001)

2.6.1.7 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านซึ่งคุณสมบัตินี้ขึ้น อยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำอุณหภูมิ และสารประกอบอินินทรีย์ เช่น การมีเบสและเกลือเป็นตัวนำไฟฟ้า ตรงกันข้ามกับสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล ซูโครส เบนซิน สารเหล่านี้ไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่นำไฟฟ้า อย่างไรก็ตามถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นก็แสดงว่าสารในน้ำเพิ่มขึ้น ถ้าลดลงก็แสดงว่าสารในน้ำลดลง (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2525) ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีจะมีการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150 – 300 ไมโครโมลต่อเซนติเมตร ถ้ามีค่าสูงกว่า 300 ไมโครโมลต่อเซนติเมตร แสดงว่าน้ำมีมลพิษซึ่งจะมีผลต่อการอยู่รอดของพืชน้ำ (ชาญณรงค์ แก้วเล็ก, 2532)

2.6.1.8 ลักษณะที่ให้ยึดเกาะ (substrate) ได้แก่ หิน กรวด ทรายหยาบ ทรายละเอียด และโคลน ซึ่งประกอบกันเป็นพื้นท้องน้ำของแหล่งน้ำ โดยปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความลึก ความกว้างของแหล่งน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ จะมีผลต่อลักษณะที่ให้ยึดเกาะเหล่านี้และย่อมมีผลต่อการกระจายของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยึดเกาะในแม่น้ำ (Chapman and Chapman, 1973; Watchawong, 1996)

2.6.2 สภาพแวดล้อมทางเคมี

2.6.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) pH ย่อมาจาก Potential hydrogen ion เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน pH หมายถึง ความเข้มข้นของกรดซึ่งขึ้นอยู่กับการแตกตัวของกรดนั้น โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 6-9 ในแถบที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตมากจะมีปริมาณมากกว่า 9 ในแหล่งน้ำที่ไม่มีทางน้ำออก น้ำจะระเหยทำให้ค่า pH สูงมาก pH อาจจะมากกว่า 12 (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531) สภาพแหล่งน้ำโดยดูจากค่า pH จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แหล่งน้ำอ่อน (solf water) เป็นแหล่งน้ำที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 และแหล่งน้ำกระด้าง (hard water) เป็นแหล่งน้ำที่มีค่า 7.1 – 9.8 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีส่วนควบคุมกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต (Prescott, 1951)

Kwandrans (1993) อ้างโดย ณัฏฐิกา (2544) ได้ทำการศึกษาไดอะตอมในลำธารบนภูเขาที่เป็นกรดในประเทศโปแลนด์ พบว่า *Eunotia exigua*, *Brachysira vitrea*, *Bachysira serians*, *Frustulia megaliesmonta*, *Navicula* aff. *cari* และ *Navicula* aff. *festiva* สามารถเป็นดัชนีบ่งชี้ pH ต่ำ สวนน้ำที่มีค่า pH สูง คือมากกว่า 8 จะพบ *Mastogloia elliptica*, *Mastigloia smithii*,

Cymbella pusilla, Rhopalodia novae-zelandiae และ *Rhopalodia gibba* โดยสอดคล้องกับงานของ นพรัตน์ (2546) ที่ศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมในพรุจูดและพรุเจ๊ะสัน จังหวัดภูเก็ต พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมี pH 4.8-6.1 ซึ่งไดอะตอมชนิดเด่นในทุกจุดเก็บตัวอย่าง คือ *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni

2.6.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO) ออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ โดยพืชหรือสัตว์จะใช้ในการหายใจ ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำยังเป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำด้วย (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การสังเคราะห์แสง อุณหภูมิ การหายใจ ความเค็ม การหมุนเวียนของน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิเป็นต้น เหตุสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำ ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง ความกดอากาศที่เพิ่มขึ้นก็จะให้ความสามารถในการละลายออกซิเจนมากขึ้น (เสน่ห์ โรจนดิษฐ์, 2530)

การวัดค่า DO เป็นการวัดที่สำคัญในการศึกษาสภาพแวดล้อมของน้ำ DO ในน้ำมีผลจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและทางชีวเคมีที่เกิดขึ้น ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบว่าแหล่งน้ำนั้นสามารถรองรับสารอินทรีย์ได้มากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ DO ยังถูกใช้ในกระบวนการหายใจและปฏิกิริยาเคมีของอนินทรียสาร โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของ DO ในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตในน้ำ ควรสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้าค่า DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (นันทนา คชเสนี, 2536)

ไดอะตอมบางชนิด เช่น *Achnanthes minutissima* ต้องการออกซิเจนสูงในการดำรงชีวิต แต่บางชนิดสามารถเจริญได้ในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ เช่น *Navicula seminulum* และ *Nitzschia amphibian* ส่วนในน้ำที่มีมลพิษสูง มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำมากจนไม่อาจวัดค่าได้หรือมีค่า 0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่พบแพลงก์ตอนพืชเลย ยกเว้นไดอะตอม เช่น *Nitzschia* และ *Pleurosigma* ซึ่งจะสร้างเมือกหุ้มตัวไว้ (ประเสริฐ, 2541 อ้างอิง ชาญณรงค์ แก้วเล็ก , 2532)

2.6.2.3 ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand : BOD) BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน จากกระบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงาน เพื่อการเจริญเติบโต ผลสุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นน้ำ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับสารอาหาร (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2525) BOD แสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของการปนเปื้อน หรือการเน่าเสียของน้ำโดยสารอินทรีย์ ถ้าน้ำมีค่า BOD สูงหมายถึงน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ปนอยู่ในปริมาณที่มาก ค่า BOD จะบอกให้ทราบ ถึงปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำที่จะต้องถูกใช้ในการย่อยสลาย

สารอินทรีย์เมื่อในแหล่งน้ำถูกปนเปื้อนสามารถบอกให้ทราบถึงภาวะการณ์เน่าเสียในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

2.6.2.4 ความเป็นด่างของน้ำ (water alkalinity) เป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอนหรือไฮโดรเจนไอออน (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539) ค่านี้จะเกี่ยวข้องกับปริมาณ และชนิดของสารประกอบที่ละลายน้ำซึ่งทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นจากกลางสู่เบส คุณสมบัติของความเป็นเบสในน้ำเป็นผลของไบคาร์บอเนต คาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเป็นไอออนที่พบมากในน้ำและเป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ในน้ำ (นันทนา คชเสนี, 2536) นอกจากนี้ความเป็นด่างยังมีผลต่อการละลายของธาตุบางตัว เช่น เหล็ก โดยทั่วไปความเป็นด่างของน้ำจะมีความสัมพันธ์กับ pH ของน้ำในช่วงที่มีการสังเคราะห์แสงสูง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะละลายน้ำจะลดลงแต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้นทำให้ pH ของน้ำเพิ่มขึ้นตรงกันข้ามถ้าอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ จะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมากและค่าพีเอชลดต่ำลงเมื่อพืชสังเคราะห์แสง ไบคาร์บอเนตในน้ำถูกนำไปใช้ ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำเพิ่มได้กรดคาร์บอนิก และสลายต่อไปได้ ไบคาร์บอเนตเป็นการปรับปริมาณของไบคาร์บอเนตให้สมดุลอยู่ตลอดเวลา เพราะฉะนั้นในแหล่งน้ำจึงไม่มีปัญหาเรื่องปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในรูป ไบคาร์บอเนตที่พืชใช้สังเคราะห์แสง pH จะเป็นตัวช่วยควบคุมระบบคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต

Hynes (1970; อ้างอิงจาก Blum , 1960) กล่าวว่า มักพบ *Achnanthes* spp. และ *Cocconeis* spp. และสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิด *Phormidium* spp. และ *Cladophora glomerata* Kützing ในน้ำที่มีค่าความเป็นด่างค่อนข้างสูง นอกจากนี้ สุทธวรรณ สุพรรณ (2547; อ้างอิงจาก Huttnunen and Turkia, 1990) ซึ่งได้ทำการศึกษาไดอะตอมที่ทนต่อค่าความเป็นด่างและ สารอินทรียคาร์บอนทั้งหมด (total organic carbon, TOC) จากแหล่งน้ำ 89 แหล่ง ในประเทศฟินแลนด์ พบ *Navicula cumbriensis* เฉพาะในแหล่งน้ำที่มีความเป็นด่างต่ำเท่านั้น

2.6.2.5 สภาวะสารอาหารในแหล่งน้ำ สารอาหารในที่นี้ หมายถึง สารอาหารของพืช (plant nutrient) ทั้งหมดที่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ทันที (avaliable form) และอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ทันที (non avaliable) อาจแบ่งสารอาหารออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ ตามปริมาณที่พืชต้องการนำไปใช้และจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ คือ สารอาหารที่ต้องการในปริมาณมาก (macronutrient) ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โปแตสเซียม ซัลเฟอร์ และสารอาหารที่ต้องการในปริมาณน้อย (micronutrient) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสีและคลอไรด์

1) ฟอสฟอรัส (phosphorus) ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญของพืชน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวน การสังเคราะห์แสง โดยที่สาหร่ายสีเขียวหรือแพลงก์ตอนพืชสามารถดูดซึมเอาสารอินทรียฟอสเฟตไว้ได้อย่างรวดเร็วและเปลี่ยนไปเป็นไอออนฟอสเฟต ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีฟอสเฟตที่สามารถละลายน้ำได้ในความเข้มข้นที่สูงจะก่อให้เกิดมลพิษขึ้นได้โดยจะเกิดสภาพ Eutrophication ขึ้นในแหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้นได้ ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นในระบบถ่ายทอดพลังงาน ซึ่งโดยปกติตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีฟอสฟอรัสปริมาณเล็กน้อยจึงเกิดความขาดแคลนได้ง่าย อย่างไรก็ตามถ้าเกิดการขาดแคลนฟอสฟอรัส จะทำให้จำกัดการเจริญของสาหร่ายซึ่งมีผลสะท้อนไปถึงกำลังการผลิตของแหล่งน้ำ (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531)โดยทั่วไปมักจะนิยมวัดความเข้มข้นของฟอสเฟตทั้งหมด (total phosphate) หรือทำการวัดออร์โธฟอสเฟต ซึ่งจะมีมาตรฐานในการบอกถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสเฟตสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัม จะเป็นแหล่งน้ำที่มีมลภาวะ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539)

2) ไนโตรเจน (nitrogen) โดยทั่วไปแหล่งน้ำในธรรมชาติจะมีไนโตรเจนต่ำคือ ประมาณ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแบ่งเป็นไนเตรทประมาณ 0.04-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียจะมีสภาพเป็นก๊าซในน้ำที่เป็นด่างเท่านั้น สำหรับในน้ำที่มีความเป็นกรดจะมีสภาพเป็นแอมโมเนียไอออน ส่วนไนไตรท์เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้น ในระหว่างขั้นตอนของปฏิกิริยาการสลายตัวของไนเตรท โดยกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรีย (นันทนา คชเสนี, 2528) ในแหล่งน้ำจะมีไนไตรท์อยู่ประมาณ 0.5-5.0 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อไนไตรท์ในแหล่งน้ำมีความเข้มข้นสูงจะเป็นอันตรายต่อปลาในแหล่งน้ำ ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอินทรีย์สารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ สารประกอบไนโตรเจนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบอนินทรียไนโตรเจน สารพวกนี้อยู่ในรูปปุ๋ยหรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกชนิดคือ สารประกอบอินทรียไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก จะเห็นว่าพืชสีเขียวสามารถนำ NO_3^- และ NH_3^+ มาใช้ในการสร้างโปรตีน นอกจากนี้แบคทีเรียและสาหร่ายบางชนิดยังนำไนโตรเจนในบรรยากาศมาสร้างโปรตีนได้ (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2525)

สุทธวรรณ สุพรรณ (2547, อ้างอิงจาก Patrick, 1977) รายงานว่า ไดอะตอมบางชนิด เช่น *Melosira varians* Agardh, *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg และ *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนสูง ประมาณ 2.00-3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) คลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงขั้นต้นสามารถดูดกลืนพลังงานแสงด้วยตนเอง คลอโรฟิลล์ เอ ไม่ละลายน้ำแต่ละลาย

ในตัวทำละลายที่เป็นอินทรีย์ เช่น อะซีโตน หรือส่วนผสมที่เป็นเมทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ คลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียว สาหร่ายทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุหลัก ส่วนคลอโรฟิลล์อื่นๆ จะรวมอยู่กับโปรตีนและไขมัน ชนิดและปริมาณของคลอโรฟิลล์ มีประโยชน์ในการวัดค่ามวลชีวภาพ (biomass) ของแหล่งน้ำและจัดอันดับอนุกรมวิธานของสาหร่าย ดังนั้นจึงนิยมใช้คลอโรฟิลล์ เอ เป็นตัวมาตรฐานที่ชี้ให้เห็นกำลังการผลิตของแหล่งน้ำ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

2.6.3 คุณภาพด้านชีวภาพ

2.6.3.1 โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (coliform bacteria) เป็นแบคทีเรียรูปร่างท่อนสั้น ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เป็นแอโรปแบคทีเรีย สามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลแลกโตสให้เป็นกรดและแก๊สใน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ได้แก่ *Escherichia coli* ซึ่งมีแหล่งอาศัยปกติในทางเดินอาหารของคนและสัตว์เลือดอุ่น จึงพบมากในอุจจาระและแบคทีเรียจีนัส *Enterobacter* ยังพบได้ในดินและการปนเปื้อนของอุจจาระซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรค มาตรฐานของน้ำดื่มควรมีกำหนดค่า MPN ของโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีน้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร จึงจะปลอดภัยต่อผู้บริโภค

แบคทีเรียที่ปนเปื้อนจากอุจจาระโดยตรง เรียกว่า Faecal coliform ส่วนแบคทีเรีย โคลิฟอร์มอื่นๆ เช่น *Enterobacter areogenes* ซึ่งไม่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนจากอุจจาระโดยตรง เรียกกลุ่มนี้ว่า Non-faecal coliform (วีระชัย โชควิญญู; 2530)

2.7 การใช้ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในการประเมินและติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม

สาหร่ายหลายชนิดสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ (indicator) คุณภาพน้ำได้ และเป็นดัชนีที่ดีในการบ่งชี้ว่าน้ำสะอาดหรือมีมลพิษจากอินทรียสาร (ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร, 2537 อ้างอิงจาก Plamer, 1969; ยุวดี พีรพรพิศาล, 2538) เพราะมีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม (Stevenson, 1996) การศึกษาองค์ประกอบชนิดของสาหร่าย (species composition) ดูได้จากการแพร่กระจายและความถี่ที่พบสาหร่ายเพื่อเป็นเครื่องมือในการบอกคุณภาพน้ำ สิ่งที่จะมีผลในการควบคุมองค์ประกอบของชนิด และการแพร่กระจาย (distribution) ของสาหร่ายคือปริมาณของสารอาหารซึ่งในธรรมชาติ ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และซิลิกาสำหรับไดอะตอม มักจะมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญของไดอะตอมโดยทั่วไป (ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร; 2537 อ้างอิงจาก Reynolds, 1686)

ในระบบนิเวศที่เป็นแบบน้ำไหลจะพบกลุ่มสิ่งมีชีวิตพวกไดอะตอมพื้นท้องน้ำเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญและเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เหมาะในการนำมาใช้ในการติดตามตรวจสอบ

คุณภาพของแหล่งน้ำไหล เพราะมีประสิทธิภาพที่น่าเชื่อถือ มีผู้ศึกษากันอย่างแพร่หลายและมีการพัฒนานำไปใช้ได้อย่างครอบคลุม (Whitton et al., 1991)

2.8 การใช้ไดอะตอมเพื่อสร้างอินเดกซ์บ่งชี้คุณภาพน้ำ

ปัจจุบันได้มีการใช้ไดอะตอมมาบ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำในงานสำรวจคุณภาพน้ำที่ปฏิบัติเป็นประจำในห้องปฏิบัติการกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยอินเดกซ์นี้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ติดตามตรวจสอบปรากฏการณ์ eutrophication หรือการมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนหรือการที่แหล่งน้ำถูกมนุษย์รบกวน (Jüttner et al. 2003) รายละเอียดของไดอะตอมที่ใช้เป็นอินเดกซ์คุณภาน้ำมีดังนี้

2.8.1 The Diatom Assemblage Index of Pollution (DAIpo) (Watanabe et al., 1988)

อินเดกซ์นี้ได้ถูกสร้างขึ้นมาโดย Watanabe et al. ได้ตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัยเกี่ยวกับ the Diatom Assemblage Index of Pollution (DAIpo) ในปี ค.ศ.1988 อินเดกซ์นี้ประกอบด้วยฐานข้อมูลไดอะตอมทั้งหมด 548 taxa จากตัวอย่างในแม่น้ำของประเทศญี่ปุ่น 1,343 ตัวอย่าง DAIpo ประกอบ แต่ละ taxon และแต่ละจุดเก็บตัวอย่างที่เป็นอินเดกซ์ซึ่งยึดหลักเกณฑ์ความสัมพันธ์ของ relative abundance ของ taxa ที่ประกอบด้วย 3 taxa ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (saprobity) คะแนนของอินเดกซ์ได้บ่งชี้ถึงชนิดของไดอะตอมที่มีช่วงของความทนสัมพันธ์กับค่า BOD ซึ่งเป็นค่าที่ถือว่าเป็นตัวแทนที่บ่งบอกการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำ โดยมีช่วงค่าคะแนนตั้งแต่ 0 - 100 โดยที่ taxa ที่มีคะแนน น้อยกว่า 30 จัดเป็นไดอะตอมชนิดที่ไม่ทนต่อสภาวะที่มีสารอาหารสูง (saprophilous) ตรงข้ามกับไดอะตอมที่มีค่าคะแนนมากกว่า 70 คะแนนจัดเป็นชนิดที่ทนต่อสภาวะที่มีสารอาหารสูงได้ (saprophobic หรือ antagonistic to pollution) ซึ่งพบว่าค่าคะแนน weighted averaging approach อย่างง่ายสามารถให้ค่า DAIpo ซึ่งสามารถนำไปใช้ชี้วัดคุณภาพของน้ำในแต่ละตัวอย่างและแต่ละจุดเก็บตัวอย่างได้ (Reid et al., 1995)

2.8.2 The Trophic Index of Schiefele and Kohmann (Schiefele and Kohmann, 1993)

อินเดกซ์นี้ถูกสร้างมาจากการศึกษาการแพร่กระจายของไดอะตอมในลำธารและแม่น้ำในประเทศเยอรมัน ซึ่งอินเดกซ์นี้ได้จัดกลุ่มสถานะของสารอาหารในแหล่งน้ำโดยวิธีใช้การคำนวณค่าน้ำหนัก โดยจัดเป็นอินเดกซ์ที่ใช้ได้ดีเนื่องจากสามารถยืดหยุ่นได้ตามอินเดกซ์ของตัวอย่าง โดยมีการคำนวณหาค่าอินเดกซ์โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Sample index} = \frac{\sum \text{Relative Abundant X Index X Indicator weight}}{\sum \text{Relative Abundant X Indicator weight}}$$

ผลจากการคำนวณทำให้ได้อินเดกซ์บ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำที่ประกอบด้วยค่าคะแนนที่แตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 1 Trophic state lists of Schiefele and Kohmann Trophic Index (Schiefele and Kohmann, 1993)

Sample index	Trophic state	Level of inpact
1.0 – 1.4	Oligotrophic	no impact
1.5 – 1.8	oligo- to mesotrophic	little impact
1.9 – 2.2	mesotrophic	district impact
2.3 – 2.7	meso-eutrotrophic	critical impact
2.8 – 3.1	eurotrophic	significant impact
3.2 – 3.5	eu- to hypereutrophic	strong impact
3.6 – 4.0	hypereutrophic	very strong impact

2.8.3 The Trophic Index of van Dam (van Dam et al., 1994)

อินเดกซ์นี้สร้างจากการศึกษาการแพร่กระจายของไดอะตอมในแม่น้ำและลำธารในประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งพบว่ามีการแพร่กระจายของไดอะตอมกับอินเดกซ์ใน 7 กลุ่ม ตั้งแต่ไดอะตอมที่พบในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย จนถึงไดอะตอมที่พบได้ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสหูง (Oligotraphentic to hypereutraphentic) โดยการคำนวณหาค่าอินเดกซ์จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Sample index} = \frac{\sum \text{Rel. Abund. X Index}}{\sum \text{Rel. Abund.}}$$

รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าคะแนนอินเดกซ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 Trophic index (van Dam et al., 1994)

Categories	Species	Sample index	Trophic state
1	oligotraphentic	1.0 – 1.5	oligotrophic
2	oligo-mesotraphentic	1.5 – 2.5	oligo-mesotrophic
3	mesotraphentic	2.5 – 3.5	mesotrophic
4	meso-eutraphentic	3.5 – 4.5	meso-eutrophic
5	eutraphentic	4.5 – 5.5	eutrophic
6	hypereutraphentic	5.5 – 6.0	hypereutrophic
7	indifferent		

2.8.4 The Saprobic Index of Rott et al. (Rott et al., 1997)

อินเดกซ์นี้ถูกสร้างจากการศึกษาไดอะตอมในลำธารและแม่น้ำในประเทศออสเตรีย ซึ่งอินเดกซ์นี้ถูกนำมาใช้บ่งชี้สถานะสารอาหารในแหล่งน้ำ โดยค่าอินเดกซ์ของแต่ละตัวอย่างถูกคำนวณโดยการใช้สูตรของ van Dam (1994), ดังแสดงตารางที่ 4

ตารางที่ 3 Trophic state list of Rott et al. Saprobic Index (Rott et al., 1997)

score	Categories	Water quality class	Saprobic level
<1.3	I or better	- no or very little impact	oligosaprobic
1.4-1.7	I-II	- little impact	oligo to betamesosaprobic
1.8-2.1	I	- moderate impact	betamesosaprobic
2.2-2.5	II-III	- moderate to strong impact	beta to alphamesosaprobic
2.6-3.0	III	- strong impact	alphamesosaprobic
3.1-3.4	III-IV	- strong to very strong impact	alphameso to polysaprobic
>3.5	IV	- very strong impact	polysaprobic

2.8.5 The Mae Sa Index (Pekthong, 2002), and The Ping and Nan Index (Kunpradid, 2005)

อินเดกซ์นี้ประยุกต์มาจากอินเดกซ์ของ Kelly (2000), Mae Sa Index และ Ping and Nan Index โดยอินเดกซ์นี้ได้ใช้เพื่อชี้วัดผลกระทบของสารอาหาร (โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณ

ของฟอสฟอรัส) ซึ่งสารอาหารดังกล่าวได้มาจากชุมชนที่อาศัยโดยรอบลำธาร นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดคุณภาพน้ำอื่นๆควบคู่ด้วย (ตารางที่ 5-6) เช่น ค่า BOD ปริมาณแอมโมเนีย ค่าความเค็ม และปริมาณสารอาหาร อินเดกซ์นี้ถูกคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (weight average) มาแทนค่าในสูตร (Zelinka and Marvan, 1991 อ้างโดย Kelly, 2000) ดังสูตรต่อไปนี้

$$WMS = \frac{\sum avs}{\sum av}$$

โดยที่ a = relative abundance (proportion) of species in the sample

v = the indicator value (1-3)

s = pollution sensitivity (1-5) of the species

2.8.6 The Mekong River and its tributaries Diatom Index (Suphan, 2010)

อินเดกซ์นี้ถูกสร้างขึ้นโดยยึดกลักเกณฑ์และใช้สูตรดังที่ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 5 และ 6 โดยพิจารณาจากค่าความเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณไนเตรท และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งหมด และได้แบ่งแหล่งน้ำออกเป็น 6 ปะเภท ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีหรือมีสารอาหารน้อย (oligotrophic status), แหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีถึงปานกลางหรือมีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง(oligo-mesotrophic status), แหล่งน้ำที่มีคุณภาพปานกลางหรือมีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status), แหล่งน้ำที่มีคุณภาพปานกลางถึงไม่ดีหรือมีสารอาหารปานกลางถึงสูง (meso-eutrophic status), แหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีหรือมีสารอาหารสูง (eutrophic status) และ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีอย่างรุนแรงหรือมีสารอาหารมากเป็นพิเศษ (hypereutrophic status)

ตารางที่ 4 The six classes of alkalinity, conductivity, nitrate nitrogen and SRP and the scores for calculation the Mae Sa Index (modified from Kelly, 2000).

Scores	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Alkalinity (mg.l-1)	<50	50-100	100-150	150-200	200-500	>500
Conductivity (µs.cm-1)	<50	50-100	100-250	250-500	500-1000	>1000
Nitrate) nitrogen (µg.l-1)	<10	10-100	100-1000	1000-5000	5000-10000	>10000
SRP (µg.l-1)	<10	10-35	35-100	100-350	350-1000	>1000
Trophic Status	Oligotrophic	Oligo - mesotrophic	Mesotrophic	Meso-eutrophic	Eutrophic	Hypereutrophic

ตารางที่ 5 The seven classes include ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and SRP and the scores for calculating the Ping and Nan Index (modified from Kelly (2000), Lorraine and Vollenweider (1983), Wetzel (1983) and AARL water quality standard

Scores	1	2	3	4	5	6	7
BOD (mg.l-1)	<0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-5.0	5.0-10.0	10.0-20.0	>20
Nitrate –N (mg.l-1)	<0.01	0.01-0.1	0.1-1.0	1.0-5.0	5.0-10.0	10.0-20.0	>20.0
Ammonium-N v (mg.l-1)	<0.01	0.01-0.05	0.05-0.2	0.2-0.5	0.5-1.0	1.0-5.0	>5.0
SRP (mg.l-1)	<0.01	0.01-0.03	0.03-0.1	0.1-0.35	0.35-1.0	1.0-3.0	>3.0
Trophic Status	oligo saprobic	oligo betameso	beta-meso saprobic	beta-alfa mesosaprobic saprobic	alfa-meso saprobic	alfa-poly saprobic	poly sapro

2.8.7 อินเดกซ์ของแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี (Me Kong River in Ubon Ratchanthani Index)

อินเดกซ์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ยึดหลักตาม The Saprobic Index ของ Rott et al. (Rott et al., 1997) โดยใช้สูตรของ van Dam (1994) และ The Mekong River and its tributaries Diatom Index (Suphan, 2010) (modified from Kelly (2000), Lorraine and Vollenweider (1983), Wetzel (1983) และ ค่าคะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำของ AARL ดังแสดงตารางที่ 4., 5. และ 6.

นอกจากนี้ได้มีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกัน (Percent similarity coefficient) ของตัวอย่างโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Percent similarity coefficient} = 2 \times \frac{\sum \min}{\sum \text{sample } 1 + \sum \text{sample } 2}$$

งานวิจัยนี้ยึดหลักเกณฑ์ของไนเตรทตามมาตรฐานคุณภาพน้ำดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 6 การแบ่งชั้นของแหล่งน้ำโดยยึดหลักเกณฑ์ของปริมาณไนเตรท (Rott et al., 1997)

trophic status	nitrate
oligotrophic	< 0.6 mg/l
mesotrophic	0.6-1.2 mg/l
eutrophic	1.2-4.0 mg/l
polytrophic	4.0-7.0 mg/l
polytrophic+	>7.0 mg/l

ตารางที่ 7 การแบ่งชั้นของแหล่งน้ำโดยยึดหลักเกณฑ์ของปริมาณ BOD และO_2 saturation และแอมโมเนีย (Rott et al., 1997)

Class	O_2 saturation	BOD_5	NH_4
Class I unpolluted	95%-105%	≤1 mg/l	< 100µg/l
Class I-II slightly polluted	85%-95%	1-2 mg/l	< 100µg/l
Class II moderately polluted	O_2 > 6 mg/l	2-6 mg/l	< 300µg/l
Class II-III significantly polluted	< 50%	5-10 mg/l	< 1mg/l
Class III severely polluted	O_2 < 2 mg/l	7-13 mg/l	0.5mg/l-several mg/l
Class III-IV highly polluted	O_2 ~ 0 mg/l	10-20 mg/l	» 1 mg/l

2.9 งานวิจัยเกี่ยวกับไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่

Shannon and Weaver (1949) ได้สร้างดัชนีความหลากลายของชนิด (species diversity index) ซึ่งได้รับความนิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวาง มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อดัชนีความหลากหลายของชนิด แต่ปัจจัยหลักมี 2 อย่างคือ species richness ซึ่งเป็นอัตราส่วนของชนิดใดๆ ต่อจำนวนชนิดทั้งหมดและ equitability ซึ่งเป็นความสม่ำเสมอหรือความมากน้อยของสิ่งมีชีวิตในแต่ละชนิดที่มีอยู่ในตัวอย่าง

Entwisle (1989) ศึกษาสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำ Yarra Basin ในประเทศออสเตรเลีย พบสาหร่ายขนาดใหญ่ 43 สปีซีส์ โดยพบสาหร่ายใน Division Chlorophyta 55%, Rhodophyta 18%, Cyanophyta 14% และChrysophyta 13% พบว่า *Phormidium retzii* (C. Agardh) Gomont เป็นชนิดที่มีการแพร่กระจายมากที่สุด และมักพบสาหร่ายสีแดง *Bratachospermum* spp. ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่คุณภาพค่อนข้างดี

Pfister (1992) ทำการศึกษา phytobenthos communities จากลำธารตามธรรมชาติที่ไหลเร็วบนภูเขาสองสายคือ ลำธาร Isar ใน Northern Calcareous Alps และลำธาร Gschnitzbach ใน Central Alps ในแคว้น Tyrol ประเทศออสเตรีย พบไดอะตอม 163 taxa ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ใน Family Naviculaceae และ Bacillariaceae ส่วนจีนัสที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ Cymbella (23 taxa), Navicula (20 taxa), Nitzschia (17 taxa) และ Achnanthes (13 taxa) ส่วนใหญ่ไดอะตอมที่พบเป็นกลุ่มที่อยู่ในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารต่ำและเป็นลำธารที่ไหลเร็ว จากตัวอย่างของไดอะตอมที่เก็บมาไดอะตอมเพียง 7 ใน 160 taxa เท่านั้นที่มี relative abundance มากกว่า 20% ไดอะตอมชนิดเด่นได้แก่ *Achnanthes bialolettiana* Grunow, *Achnanthes minutissima* Kützing, *Ceratoneis arcus* Kützing, *Cymbella delicatula* Kützing, *Diatoma ehrenbergii* Kützing, *Gomphonema angustum* Agardh. และ *G. olivaceum* var. *minutissimum* Hustedt

Margarita (1994; อ้างอิงจาก โดย ตรัย เป็กทอง (2541) ศึกษาสาหร่ายพวก periphyton ในแม่น้ำ 2 สาย คือ Rio Gran de Tarcoles basin ซึ่งเป็นแม่น้ำที่มีมลพิษปนเปื้อนอยู่ และ Savegre basin ที่เป็นแม่น้ำที่ไม่ได้รับการปนเปื้อนจากมลพิษ ในประเทศ Costa Rica อเมริกากลาง โดยศึกษาไดอะตอมเป็นหลัก ซึ่งไดอะตอมจะได้รับผลกระทบจากการที่มีมลภาวะจากสารอินทรีย์มาปนเปื้อน และผลจากความแตกต่างทางด้านความสูง (altitudinal differentiation) พบว่าใน Rio Grand de Tarcoles basin พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 95 taxa ส่วนใหญ่เป็น *Navicula* 25 ชนิด, *Nitzschia* 17 ชนิด, *Gomphonema* 10 ชนิด และ *Achnanthes* 9 ชนิด ไดอะตอมส่วนใหญ่เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปและมีในเขตร้อน สำหรับผลการศึกษาสิ่งมีชีวิตกลุ่ม epilithic diatom ในแม่น้ำทั้ง 2 สาย พบไดอะตอมทั้งหมด 125 taxa โดย taxa หลัก ได้แก่ *Navicula* spp., *Nitzschia* spp., *Achnanthes* spp. และ

Gomphonema spp. ชนิดที่พบมากในแม่น้ำ Rio Grand de Tarcole basin คือ *Navicula goeppertiana, Gomphonema parvulum, Gomphonema* sp. aff. *pumilum, Nitzschia palea, Nitz. amphibia, Nitz. inconspiciua, Nitz. clausii, Nitz. frustulum, Nitz. seminulum* และ *Nitz. schroeteri* var. *escambia* ซึ่งเป็นชนิดที่มีความทนทานสูง (high tolerant) ต่อสภาพมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์ หรือสภาพ eutrophication และสภาพที่มีความขุ่นสูง ชนิดที่พบมากในแม่น้ำ Sevegre basin คือ *Achnanthes minutissima, Cymbella sinuata, Rhoicosphenia abbreviata, Cocconeis placentula, Gomphonema rhombicum, Nitzschia fonticola, Fragilaria pinnata* และ *Achnanthes subhudsonis* ซึ่งเป็นชนิดที่พบในน้ำที่สะอาด มีปริมาณของไนโตรเจนต่ำและไม่มีสภาพมลพิษ พบไดอะตอมชนิด *Navicula cyptotenella, Navi. capitatoradiata, Fragilaria ulna* และ *Achnanthes* sp. aff. *ricula* กระจายอยู่มากในแม่น้ำทั้งสอง

Rott (1995) ทำการศึกษาไดอะตอมที่เป็น phytobenthos ในแม่น้ำ Grand ในแคว้น Ontario ประเทศคานาดา ในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน ปี ค.ศ. 1994 จากต้นน้ำที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 500 เมตร จนถึงใกล้ปากทะเลสาบ Erie ที่ความสูง 380 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบไดอะตอม 138 taxa ซึ่งได้ให้ผลต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่มีจำนวนชนิดเพิ่มมากขึ้นตอนปลายของลำน้ำ จากการศึกษาสามารถแบ่ง benthic diatom ออกเป็น 3 เขตคือ เขตไดอะตอมกลุ่ม oligotrophic flora หรือกลุ่มที่พบในบริเวณที่มีสารอาหารน้อย โดยพบทั่วไปของลำธารบนภูเขา เขตที่มีไดอะตอมกลุ่มที่พบได้ทั่วไปในลำธารที่เป็นแบบที่มีสารอาหารสูงในตอนกลางของลำน้ำ และเขตที่มีไดอะตอมในน้ำที่มีส่วนประกอบโดยทั่วไปเป็นดินเหนียว บริเวณตอนท้ายของลำน้ำใกล้ปากแม่น้ำโดยชนิดที่บ่งบอกถึงการมีสารอาหารมากในแหล่งน้ำ เช่น *Gomphonema parvulum var. parvulum f. saprophilum, Navicula* sp. และ *Nitzschia* sp. และพบว่า *Fragilaria sensu* Lange-Bertalot และ *Gomphonema* sp. มีความผันแปรทางสัณฐานวิทยาสูงมาก

Neecchi et al. (1997) ได้ศึกษาสาหร่ายขนาดใหญ่จาก 50 ลำธาร ในรัฐเซาเปาโล ประเทศบราซิลในปี 1989-1993 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งหมด 42 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดที่เคยมีการรายงานมาก่อนในประเทศ 4 ชนิด คือ *Cladophora glomerata, Pamellopsis gelatinosa, Stigeoclonium helveticum* และ *Vulcheria fontinalis*

Kowe et al. (1998) ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ตรวจวัดพฤติกรรมของของสาหร่ายกลุ่มต่างๆ ในแหล่งน้ำที่ไหลเร็ว แบบจำลองนี้ได้ประยุกต์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับแม่น้ำ Swale ซึ่งเป็นแม่น้ำที่อยู่ในบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอังกฤษ โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 1 ปี (เดือนกันยายน 1993 ถึง เดือนสิงหาคม 1994) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีความแปรผันตรงกับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายกลุ่มเด่น และพบว่ามีการหลุดของ benthic diatoms ออก

จาก substrate ขึ้นมาสู่มวลน้ำตามแนวลึกของแหล่งน้ำได้อีก ในระหว่างช่วงฤดูหนาวปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าน้อยซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนสาหร่ายที่มีจำนวนน้อย และพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงในระหว่างช่วงฤดูร้อน ซึ่งสัมพันธ์กับสาหร่ายและสาหร่ายที่ยึดเกาะวัตถุอื่นๆ ที่มีการมีการเจริญอย่างรวดเร็ว

Kelly (1998) ได้ใช้ไดอะตอมเป็นดัชนีชี้วัดสถานะของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ (trophic diatom index หรือ TDI) โดยทำการตรวจวัดที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณซึ่งอยู่ก่อนและหลังจุดที่มีการปล่อยน้ำเสียแหล่งใหญ่ พบว่าสามารถประยุกต์ใช้ไดอะตอมบางชนิดเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ โดยค่าดัชนี มีค่าตั้งแต่ 1 (สารอาหารต่ำ) ถึง 5 (สารอาหารสูง) โดยได้แยกไดอะตอมที่เป็นชนิดเด่นออกมาจากไดอะตอมที่พบทั่วไป จากนั้นนำมาจัดลำดับค่าความไวต่อน้ำเสียของแต่ละ taxa การใช้ไดอะตอมเป็นดัชนีชี้วัดนี้จะมีความสำคัญมากในจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ในเขตปลายน้ำซึ่งเป็นจุดหลังจากกระแสน้ำไหลผ่านจุดที่มีการปล่อยน้ำเสียซึ่งมีสารอินทรีย์ที่เป็นมลพิษมาก ปัจจุบันได้มีการปรับปรุง TDI และได้นำมาใช้เป็นร่วมกับการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้านอื่นเพื่อประเมินสถานะของสารอาหารในแม่น้ำได้ (อ้างอิง)

Branco et al. (1999) ได้ศึกษาสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในประเทศบราซิล ใน 172 ลำธาร พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้งหมด 34 ชนิด และพบ *Phormidium retzii* (C. Agardh) Gomont เป็นชนิดที่มีการแพร่กระจายมากที่สุด และพบสาหร่ายชนิดอื่น ได้แก่ *Dichotrix baueriana* (Grunow) Bornet และ *Rivularia* cf. *beccariana* (De Wilde) Geitler เป็นครั้งแรกในประเทศบราซิล

2.10 งานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในประเทศไทย

มีการศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมในประเทศไทยมานานตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 การศึกษาส่วนใหญ่ในระยะแรกผู้ศึกษาเป็นนักวิทยาศาสตร์ต่างชาติ ยกตัวอย่างเช่น Ostrup (1902) ได้รายงานว่า พบไดอะตอม 81 ชนิดที่เกาะช้าง โดยที่ชาวเดนมาร์กที่เดินทางมาที่ประเทศไทย ได้ทำการเก็บตัวอย่างไดอะตอม ในปี 1899-1900 (ยุวดี พีรพรพิศาล และคณะ, 2543) ปี 1936 Patrick ได้ศึกษา ไดอะตอมในลำไส้ของลูกอ๊อดในประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย พบไดอะตอม 185 ชนิด (Patrick, 1936) ในระหว่างปี ค.ศ.1961-1962 ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างโดยทีมวิจัยระหว่างญี่ปุ่นและไทยทำการเก็บตัวอย่างในประเทสกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และมีการจำแนกชนิดโดย Hirano(1967) พบไดอะตอม 143 ชนิด ในจำนวนนี้พบในประเทศไทย 114 สปีชีส์ Foged (1971) ได้ศึกษาไดอะตอมจากแม่น้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดเชียงใหม่ ของประเทศไทย ในปี 1966

ศึกษาไดอะตอมจากแม่น้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดเชียงใหม่ ของประเทศไทย ในปี 1966 พบไดอะตอมทั้งหมด 378 taxa พบ สปีชีส์ใหม่ 8 species พบ varieties ใหม่ 5 varieties และพบ forms ใหม่ 2 form Foged (1976) ได้ศึกษาไดอะตอม โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 22 ตัวอย่าง จากแหล่งน้ำจืด 21 แหล่ง ในประเทศศรีลังกา ในปี 1971 และปี 1973 พบไดอะตอม 310 taxa จาก 34 จีนัส และพบไดอะตอมชนิดใหม่คือ *Caloneis gjeddeana* ผลงานเรื่อง The diatom flora of Thailand ได้มีการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวต่างชาติเมื่อประมาณ 100 ปีที่ผ่านมาและได้นำมาตีพิมพ์โดย (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2538) นอกจากนี้ยังมีการรวบรวมข้อมูลสาหร่ายในประเทศไทยซึ่งได้รวบรวมมาจากผลงานตีพิมพ์ 53 เรื่อง พบไดอะตอม 161 จีนัส 1001 ชนิด287 วาไรตี้ และ 63 ฟอร์ม โดยข้อมูลที่รวบรวมครั้งนี้ได้แยกระหว่างสาหร่ายน้ำจืดและสาหร่ายทะเลออกจากกัน สำหรับไดอะตอมถูกจัดอยู่ใน ดิวิชั่น Chrysophyta คลาส Bacillariopyta พบไดอะตอม 46 จีนัส 385 ชนิด144 วาไรตี้ส์ และ 43 ฟอร์มส์ โดยที่จำนวนไดอะตอมที่รวบรวมไว้ใน The diatom Flora นั้นครอบคลุมงานทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นด้วย

ผลงานวิจัยด้านความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำโดยนักวิทยาศาสตร์ไทยมีน้อยมาก โดยมีผลงานดังนี้ ลัดดา วงศ์รัตน์ (2541) ได้ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชทั่วประเทศไทย ซึ่งรวม ไดอะตอมไว้ด้วย อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่เก็บส่วนใหญ่จะเก็บในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ยุวดี พีรพรพิศาล (2539) ได้ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชและไดอะตอมในอ่างเก็บน้ำของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการรายงานผลการศึกษาไดอะตอมจากนักวิทยาศาสตร์ไทยจากมหาวิทยาลัยและสถาบันหลายแห่งแต่ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาไดอะตอมที่เป็นแพลงก์ตอนพืช (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2538)

การศึกษาไดอะตอมพื้นท้องน้ำในประเทศไทยได้เริ่มมีการศึกษาโดย ตรัย เป็กทอง (2541) และประเสริฐ ไวยะกา (2541) ได้ทำการศึกษาไดอะตอมพื้นท้องน้ำในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 172 ชนิดโดยที่ 106 ชนิดเป็นไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 6 จุดเก็บตัวอย่างในบริเวณละติจุดสูง และ 6 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณละติจุดที่ต่ำลง งานวิจัยของยุวดี พีรพรพิศาล (2544) พบไดอะตอมในลำน้ำแม่สา 222 ชนิดและในจำนวนนี้พบว่าเป็นไดอะตอมที่ยังไม่เคยมีรายงานในประเทศไทย 51 ชนิดแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นไดอะตอม เช่น *Melosira varians*, *Cymbella tumida*, *Fragilaria ulna* และ *Nitzschia* spp.

ชาญณรงค์ แก้วเล็ก (2539) ได้ศึกษาสาหร่ายที่เป็นดัชนีคุณภาพน้ำในลุ่มแม่น้ำชี ในจังหวัดขอนแก่น เลย ชัยภูมิ ขอนแก่น อุดรธานี มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร

อุบลราชธานี พบว่าสาหร่ายในลุ่มน้ำชีมี 41 สกุล ประกอบด้วย 4 ดิวิชั่น คือ ดิวิชั่น Chrysophyta, Chlorophyta, Cyanophyta และ Pyrrophyta ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาหร่ายกับคุณภาพน้ำ พบว่ามีปริมาณสาหร่ายในบางดิวิชั่นเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะ ดิวิชั่น Chrysophyta และปริมาณธาตุอาหารที่มีความสัมพันธ์กัน

ประเสริฐ ไวยะกา (2541)ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และเบนทิคอัลจีในลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมีนาคม 2540-กุมภาพันธ์ 2541 จาก 6 จุด เก็บตัวอย่าง ตามระดับความสูงจากน้ำทะเล 650-1,075 เมตร และศึกษาคุณภาพน้ำบางประการ พบเบนทิคอัลจีประเภทไดอะตอมมากที่สุด คือ 106 ชนิด รองลงมาคือแพลงก์ตอนพืช 102 ชนิด และสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย 11 ชนิด รองลงมาคือแพลงก์ตอนพืช 102 ชนิด เบนทิคอัลจีชนิดเด่น ได้แก่ *Cocconeis placentula* Eherenberg, *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg, *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *Melosira varians* Agardh, *Nitzschia linearis* (Agardh) W. Smith และ *Navicula cryptocephala* Kützing แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะเป็นไดอะตอมเช่นกัน ได้แก่ *Melosira varians* Agardh, *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot และ *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg นอกจากนี้ยังพบสาหร่ายขนาดใหญ่ที่เป็นเส้นสายได้แก่ *Spirogyra* spp. *Cladophora* sp., *Ceramium* sp., *Gloeotrichia echinulata* (J.E.Smith) P. Richler, *Hydrodictyon reticulatum* (L.) Lag.) และ *Rhizoclonium* sp.

ทัตพร คุณประดิษฐ์ (2542) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบแพลงก์ตอนพืช 163 ชนิดจัดอยู่ใน 6 ดิวิชั่น คือ Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Pyrrhophyta และ Cryptophyta ซึ่งแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะเป็นไดอะตอมชนิดเด่นคือ *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot, *Navicula viridula* (Kützing) Ehrenberg, *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck และ *Melosira varians* Agardh และพบว่า *Melosira varians* Agardh เป็นสาหร่ายชนิดเด่นในงานวิจัยนี้

พิษณุ วรรณธง (2544) สำรวจชนิดและนิเวศวิทยาของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในลุ่มแม่น้ำภาคเหนือบางแห่ง พบว่าคุณภาพของลุ่มน้ำทั้งสองเมื่อจัดตามระดับความมากน้อยของสารอาหารแล้วอยู่ในระดับปานกลาง (mesotrophic status) ยกเว้นบริเวณต้นน้ำของลุ่มน้ำปิงที่คุณภาพน้ำจัดอยู่ในระดับดี (oligotrophic status) ตรงกันข้ามในจุดเก็บตัวอย่างตอนปลายของลำน้ำปิง ได้แก่ แม่ข่า และหาดนาค คุณภาพน้ำจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงเสีย (meso-eutrophic status) เนื่องด้วยสองจุดนี้ได้รับผลกระทบจากมลพิษจากตัวเมืองเชียงใหม่ เมื่อจัดคุณภาพน้ำตามมาตรฐาน

ระดับ 4 - 5 ส่วนลุ่มน้ำน่านอยู่ในระดับ 2 - 3 เกือบทั้งหมด ยกเว้นในจุดต้นน้ำซึ่งคุณภาพน้ำจัดอยู่ในระดับ 3 อันเป็นผลเนื่องมาจากสารละลายไอออนต่างๆ จากหินปูน โดยพบว่าสาหร่ายบางชนิดมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ ชนิดที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำเด่นชัด ได้แก่ *Phormidium retzii* ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพ มีค่าการนำไฟฟ้าสูง นอกจากนี้ยังพบสาหร่ายบางกลุ่มในช่วงที่คุณภาพน้ำค่อนข้างเสีย เช่น *Oscillatoria limosa, Nostoc microscopicum* และ *Cylindrospermum* spp. ส่วนในจุดที่น้ำมีคุณภาพดี เช่น ต้นน้ำแม่น้ำปิงจะพบสาหร่ายกลุ่ม *Calothrix* spp. และ *Chamaesiphon* spp.

ศรีวรรณ ไชยสุข และคณะ (2546) ได้วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในลำน้ำแม่จัน ดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย โดยทำการเก็บตัวอย่าง 6 จุด ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2545 พบแพลงก์ตอนพืช 78 ชนิด ใน 4 ดิวิชัน เรียงลำดับความมากไปน้อย ดังนี้ Division Chrysophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Cyanophyta แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ *Melosira variens* Agardh และ *Synedra ulna* (Nitzch)Ehrenberg ในเดือนกรกฎาคม จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบ *Euglepha acus* Ehrenberg ซึ่งบ่งชี้คุณภาพน้ำเสีย

ยุวดี พีรพรพิศาล (2548) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา พบสาหร่ายขนาดใหญ่ที่นำมาทำเป็นอาหารได้ 3 ชนิดคือ เทาน้ำซึ่งมีหลายชนิดมักพบอยู่ในแหล่งน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเอื่อยๆ พบมากในฤดูฝน สาหร่ายไกมีอยู่ 6 ชนิดคือ *Cladophora glomerata*, *Cladophora* sp.1, *Microspora floccosa*, *M. pachyderma*, *Microspora* sp.1 และ *Microspora* sp.2 พบกระจายทั่วไปตามพื้นท้องน้ำที่มีลักษณะเป็นก้อนหินและน้ำไหลไม่แรงนัก และสาหร่ายลอน หรือ ไข่หิน ดอกหิน หรือออองลอน เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมี 2 ชนิดคือ *Nostochopsis hansgrig* และ *N. lobatus* พบมากในลำน้ำน่าน ส่วนลำน้ำโขงมีบ้างแต่น้อยมาก ระบบนิเวศของสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีศักยภาพในการนำมาเป็นอาหาร ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำที่มีผลต่อการเจริญ ของสาหร่ายมากที่สุดคือ ความขุ่นใสของน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ และสิ่งยึดเกาะที่พื้นท้องน้ำ โดยสาหร่ายจะเจริญได้ดีในฤดูหนาวและฤดูร้อน ส่วนฤดูฝนแทบจะไม่พบสาหร่ายไกและลอนเลย แต่อาจจะพบเทาน้ำได้บ้าง สาหร่ายไกและลอนจะเริ่มปรากฏให้เห็นในเดือนพฤศจิกายนของทุกปีซึ่งน้ำค่อนข้างใสกระแสน้ำไม่แรงและจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยในเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ จะพบสาหร่ายทั้งสองชนิดมากที่สุด และจะพบเรื่อยไปจนถึงเดือนเมษายน เมื่อฝนเริ่มตกน้ำจะเริ่มขุ่นกระแสน้ำไหลแรงขึ้นสาหร่ายจะค่อยๆทยอยตายไป และสาหร่ายจะเจริญได้ดีในสภาพที่มีสาร อาหารปานกลาง (mesotrophic status) ซึ่งคุณภาพน้ำจะอยู่ในระดับดีจนถึงปานกลาง ในน้ำเสียสาหร่ายไม่สามารถเจริญได้ คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก และเทาน้ำมีความแตกต่างกันคือ สาหร่ายไกจะมีโปรตีน กากใยอาหาร ไขมัน วิตามินและเกลือแร่บางชนิด

ความแตกต่างกันคือ สาหร่ายไกจะมีโปรตีน กากใยอาหาร ไขมัน วิตามินและเกลือแร่บางชนิดมากกว่าเทาน้ำในขณะที่เทาน้ำจะมีคาร์โบไฮเดรต พลังงาน วิตามินบี 2 แมกนีเซียม และแมงกานีสมากกว่าสาหร่ายไก นอกจากนั้นในสาหร่ายไกยังมีซีลีเนียม ซึ่งเป็นเกลือแร่ที่สามารถต่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูงมาก อีกด้วย

ตรัย เป็กทอง (2548) ได้ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและการประยุกต์ใช้เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนเมษายน 2541 ถึงเดือนกันยายน 2542 ผลการศึกษาพบว่ามีไดอะตอม 34 genera 278 species ในจำนวนนี้ 51 สปีชีส์เป็นสปีชีส์ที่พบใหม่ในประเทศไทย ไดอะตอมที่พบเป็นชนิดเด่นคือ *Gomphonema pumilum* var. *rigidum* E. Reichardt et Lange-Bertalot, *Nitzschia palea* Kützing, *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Gyrosigma scalprodes* (Rabenhorst) Cleve, *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing, *Achnanthes oblongella* Oestrup, *Navicula schroeterii* Meister และ *Bacillaria paradoxa* Gmelin พบไดอะตอมที่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำสะอาดได้แก่ *Gomphonema parvulum* var. *rigidum* E. Reichardt et Lange Bertalot, Eunotia minor (Kützing) Grunowและ *Gomphonema clevei* Fricke ซึ่งพบในบริเวณต้นน้ำ พบไดอะตอมที่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำเสีย ได้แก่ *Nitzschia palea* Kützing, *Achnanthes lanceolata* (Brébisson)Grunow, *Gomphonema parvulum* Kützing, *Melosira varians* Agardh, *Gyrosigma scalproides* (Rabenhorst) Cleve และ *Bacillaria paravulum* Gmelin คุณภาพน้ำในลำน้ำแม่สามีความแตกต่างกันทั้งในจุดเก็บตัวอย่างและฤดูกาลโดยอยู่ในระดับ Oligotrophic-Mesotrophic จนกระทั่งถึง Eutrophic นอกจากนี้ยังมีการจัดทำ Diatom Index ของลำน้ำแม่สา โดยใช้โปรแกรมสถิติทางนิเวศวิทยา Multivariate Statistical Package (MVSP) เวอร์ชั่น 3.1 โดยเฉพาะ Principal correspondence Analysis (PCA) และ Canonical Correspondence Analysis (CCA) ได้นำมาใช้ในการหาไดอะตอมชนิดที่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำสำหรับใช้ใน Mae Sa Diatom Index จำนวน 25 species และเมื่อนำมาใช้ประเมินคุณภาพน้ำในลำน้ำแม่สาพบว่าสามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี แต่ยังต้องมีการศึกษาหาชนิดของ ไดอะตอมที่ใช้เป็นดัชนีเพิ่มขึ้นเพื่อให้ Diatom Index นี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ยุวดี พีรพรพิศาล และทัตพร คุณประดิษฐ์ (2548) ได้ศึกษาการใช้สาหร่ายยึดเกาะในการติดตามตรวจสอบคุณภาพของแม่น้ำโขงระหว่างปี 2546-2547 โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 จุด ในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาในประเทศลาว ไทย กัมพูชา และเวียดนาม จากการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างการกระจายของสาหร่ายยึดเกาะและแหล่งน้ำที่มีสภาวะแวดล้อมต่างกัน และสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงได้ สาหร่ายยึดเกาะ

สาหร่ายยึดเกาะที่พบเป็นชนิดเด่นบางชนิด สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ ได้แก่ *Hydrodictyon recticulatum* และ *Microspora floccosa* บ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลางค่อนข้างดี *Audouinella cylindrica*, *Cladophora glomerata*, *Achnanthes inflate* และ *Cymbella turgidula* บ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง *Stigeoclonium flagelliforum*, *Aulacoseira granulata* และ *Cymbella tumida* บ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลางค่อนข้างเสียและ *Caloglossa leprieurii*, *Gomphonema parvulum* และ *Nitzschia clausii* บ่งชี้คุณภาพน้ำเสีย เมื่อประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขง โดยใช้สาหร่ายยึดเกาะ พบว่าแม่น้ำโขงช่วงบน และในลำน้ำสาขามีคุณภาพน้ำปานกลาง ส่วนแม่น้ำโขงในช่วงปลายมีคุณภาพน้ำปานกลางค่อนข้างเสียจนถึงระดับน้ำเสีย

Kunpradid (2005) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ ไดอะตอมพื้นท้องน้ำ และความสัมพันธ์กับสารอาหารในแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2001 ถึงเดือนมกราคม 2004 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างแม่น้ำละ 5 จุด จากต้นน้ำถึงปลายน้ำ เก็บตัวอย่างทุกฤดู พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมด 130 ชนิด ในแม่น้ำปิง 103 ชนิด และแม่น้ำน่าน 102 ชนิด และสาหร่ายขนาดใหญ่ 78 ชนิดในแม่น้ำปิง 47 ชนิด ในแม่น้ำน่าน 57 ชนิด สาหร่ายขนาดใหญ่ที่พบเป็นชนิดเด่นในแม่น้ำปิง ได้แก่ *Cladophora glomerata* Kützing, *Hydrodictyon reticulatum* Kützing, *Mougeotia scalaris* Hassall และ*Nostochopsis lobatus* Dillwyn และแม่น้ำน่าน ได้แก่ *Microspora floccose* (Vaucher) Thuret, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim และ *Cladophora glomerata* Kützing, *Nostochopsis hansgirg* Schmidle และ *Nostochopsis lobatus* Dillwyn ไดอะตอมชนิดเด่นในแม่น้ำปิง ได้แก่ *Gomphonema parvulum* (Kützing) W. Smith, *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow และ *Bacillaria paradoxa* Gmelin. และในแม่น้ำน่านได้แก่ *Cocconeis placentula* Kützing, *Achnanthes crenulata* Lange-Bertalot, *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow และ *Rhopalodia gibba* Lange-Bertalot นอกจากนี้ยังพบว่าในบริเวณที่มีสารอาหารน้อย จะพบ *Batrachospermum* spp., *Nemaliopsis* spp. และ *Chamesiphon* spp. และไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Gomphonema pumilum* var. *rigidum* E.Reichardt et Lange-Bertalot, *Eunotia minor* (Kützing) Grunow และ *Gomphonema clevei* Fricketเป็นชนิดเด่น ส่วนในบริเวณที่มีสารอาหารสูงจะพบสาหร่ายขนาดใหญ่ *Oscillatoria princeps* Agardh และ *Phormidium subfucosum* Gomont และไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Nitzschia palea* Kützing, *Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow, *Gomphonema parvulum* Kützing, *Melosira varians* Agardh และ *Bacilllaria paradoxa* Gmelin เป็นชนิดเด่น คุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงโดยทั่วไปจัดอยู่ในระดับสารอาหารปานกลางถึงสารอาหารมาก ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 บ้านป่าแดดบริเวณคลองแม่ข่า ในฤดูร้อนมีสารอาหารมาก ส่วนคุณภาพน้ำในแม่น้ำน่านจัดอยู่ในระดับสารอาหารน้อยถึงปานกลาง ซึ่งคุณภาพ

น้ำและสารอาหารในแม่น้ำปิงและน่านมีความสัมพันธ์กับการกระจายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและฤดูกาล ได้จัดทำดัชนีไดอะตอมและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำปิงและน่าน โดยใช้โปรแกรมสถิติ Multivariate Statistical Package (MVSP) version 3.1 for windows โดยเฉพาะ Particularly Principal Correspondence Analysis (PCA) และ Canonical Correspondence Analysis (CCA) และใช้ PC Ordination โดยนำมาใช้ในการหาไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำตามลำดับคะแนน โดยเน้นถึงการบ่งชี้ระดับสารอาหาร ไนเตรท ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำ เพื่อใช้ประเมินคุณภาพน้ำ นอกจากนั้นยังนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีอื่นๆ พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน

Leelahakriengkrai (2007a) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำแม่กก และลำน้ำสาขา ในภาคเหนือของประเทศไทย ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกรกฎาคม 2006 พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 78 ชนิด 26 จีนัส ไดอะตอมที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำปานกลางหรือสภาวะที่มีสารอาหารต่ำได้แก่ *Achnanthes pusila*, *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes exigua* var. *constricta*, *Nitzschia dissipata*, *Cymbella turgidula* และ *Diadesmis contenta* และในปี 2008 Leelahakriengkrai ได้รายงานผลการศึกษาความหลายหลายและการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงในช่วง ปี 2004-2005 พบว่า *Achnanthes minutissima* และ *Cymbella tumida* สามารถพบได้ในบริเวณที่มีสาอาหารต่ำ

ยุวดี พีรพรพิศาล และ สุทธวรรณ สุพรรณ (2551) การศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขง ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนเมษายน 2550 โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 14 จุด ตลอดแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขา ในงานวิจัยนี้พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมด 84 ชนิด ใน Division Bacillariophyta โดยสกุลที่มีความหลากหลายมากที่สุดได้แก่ *Navicula*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Cocconei*, *Achnanthes* และ *Synedra* จากการใช้โปรแกรม Statistical Package (MVSP) version 3.1 เพื่อนำมาหาชนิดของไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ พบว่าไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Achnanthes inflata* (Kützing) Grunow และ *Cymbella turgidula* Grunow สามารถบ่งชี้น้ำที่มีคุณภาพปานกลาง *Aulacoseira granulate* Ehrenberg และ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck สามารถบ่งชี้น้ำที่มีคุณภาพปานกลางถึงไม่ดี *Gomphonema lagenula* Kuetzing และ *Nitzschia clausii* Hantzsch สามารถบ่งชี้น้ำที่มีคุณภาพไม่ดีได้

สุภทรธิรา พฤติวรนันทน์ (2551) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงที่ผ่านประเทศไทย 5 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เลย นครพนม อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี และการประยุกต์เพื่อการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยศึกษาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2550 ถึงเดือนเมษายน 2551 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งหมด 3 ดิวิชัน 11 จีนัส

ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2550 ถึงเดือนเมษายน 2551 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งหมด 3 ดิวิชัน 11 จีนัส 14 ชนิด ส่วนใหญ่เป็น Division Chlorophyta 50% รองลงมาคือ Division Cyanophyta 43%, Division Rhodophyta 7% โดยพบสาหร่ายชนิดเด่น ได้แก่ *Cladophora* spp., *Microspora* sp. และ *Stigeoclonium* spp., *Nostoc* sp., *Oscillatoria* spp. และ *Phormidium* spp. และ *Comsopogon* sp. โดยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพบชนิดของสาหร่ายแตกต่างกันออกไป ส่วนไดอะตอมพื้นท้องน้ำพบ 2 ออร์เดอร์ 42 จีนัส 168 ชนิด ส่วนใหญ่จัดอยู่ใน Order Bacillariales (pinnate diatoms) พบ 92% ส่วน Order Biddulphiales (centric diatoms) พบ 8% โดยไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นที่พบได้แก่ *Achnanthes* spp., *Gomphonema* spp., *Navicula* spp., *Nitzschia* spp. และ *Synedra* spp. และพบว่าน้ำในแม่น้ำโขงมีคุณภาพดีถึงปานกลางมีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligo-mesotrophic status) จนถึงคุณภาพน้ำปานกลาง มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)

Leelahakriengkrai et al. (2009) ได้ศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดเชียงรายประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนพฤษภาคม 2250 ถึง เดือนเมษายน 2551 พบสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่จัดอยู่ใน Division Chlorophyta ได้แก่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 11 orders, 17 family, 30 genera, 79 species โดยพบว่าไดอะตอมชนิดเด่นในกลุ่ม Pennate diatom คือ *Nitzschia* spp., *Navicula* spp. และ *Gomphonema* spp. และกลุ่ม Centric diatom คือ *Melosira varians* Agardh, *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen และ *Cyclotella* spp. นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการพบว่าแม่น้ำโขง เขตจังหวัดเชียงรายมีสารอาหารปานกลางและมีคุณภาพน้ำปานกลาง

Suphan (2010) ได้ศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขาในประเทศไทย ระหว่างเดือน กรกฎาคม 2005 ถึง เดือนเมษายน 2007 พบ ไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 253 ชนิด และในจำนวนที่พบทั้งหมดนี้ยังเป็นไดอะตอมที่ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อนในประเทศไทย 53 ชนิด โดยจัดอยู่ใน 3 classes, 11 orders, 22 families และ 32 จีนัส

เอกชัย ญาณะ (2553) ได้ศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำและการประเมินคุณภาพน้ำในลำน้ำสาขาแม่น้ำโขงบางแห่งของไทยและลาวปี 2007-2008 โดยได้เก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย แม่น้ำเหือง อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย แม่น้ำงึม เขตเวียงจันทร์ ประเทศลาว แม่น้ำสงคราม อำเภอตากล้า จังหวัดนครพนม และแม่น้ำมูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี จากการศึกษาพบสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งหมด 3 ดิวิชัน 12 จีนัส 19 ชนิด จัดอยู่ใน Division Chlorophyta 53% รองลงมาคือ Division Cyanophyta 42% และ Division Charophyta 5% ชนิดเด่นที่พบ ได้แก่ *Spirogyra* spp., *Oscillatoria* spp. และ *Phormidium*

retzii Gomont ในส่วนของไดอะตอมพื้นท้องน้ำพบ 141 ชนิด 37 จีนัส ใน Order Bacillariales ซึ่งพบมากถึง 94% และอีก 6% จัดอยู่ใน Order Biddulphiales ชนิดเด่นที่พบ ได้แก่ *Cymbella* spp., *Navicula* spp., *Nitzschia* spp. และ *Sellaphora* spp. เมื่อทำการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ AARL-PC score พบว่าคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตลอดปีอยู่ในระดับปานกลาง มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status) และระดับปานกลางถึงไม่ดี มีสารอาหารปานกลางถึงมาก (meso-eutrophic status) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MVSP เวอร์ชั่น 3.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ และไดอะตอมพื้นท้องน้ำกับคุณภาพน้ำบางประการพบว่า *Phormidium retzii* Gomont และ *Microspora pachyderma* (Will) Lagerhiem มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรท และแอมโมเนีย *Stigeoclonium lubricum* (Dillwyn) Kützing และ *Oscillatoria vizagapatensis* Rao มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าความเค็ม ความเร็วกระแสน้ำ อุณหภูมิอากาศ และค่าการนำไฟฟ้า *Stigeoclonium protensum* (Dillwyn) Kützing มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ DO ค่าความเป็นด่าง ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าฟอสฟอรัสและBOD ส่วนไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Navicula symmetrica* Patrick และ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรท และแอมโมเนีย และNavicula viridula (Wallace) Lange-Bertalot และ *Gomphonema parvulum* (Kützing) Grunow มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ BOD และฟอสฟอรัส จากการวิเคราะห์พบว่า *P. retzii*, *M. pachyderma*, *S. protensum*, *O. vizagapatensis* และ *S. lubricum* มีแนวโน้มนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดีได้ ในส่วนของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ พบว่า *C. tumida*, N. *symmetrica*, *N. palea*, *N. viridula* และ *G. parvulum* มีแนวโน้มในการนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดีได้

บทที่ 3
วิธีวิจัย

3.1 แหล่งน้ำที่ทำการสำรวจตัวอย่างและทำการเก็บตัวอย่าง

สำรวจแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างและกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ทั้งหมด 10 จุดๆ ละ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 1 ปี โดยเก็บทุกเดือนๆ ละ 1 ครั้งตามจุดเก็บตัวอย่างดังนี้ (ดังภาพที่ 1 และ 2)

3.1.1 แม่น้ำโขงบริเวณแก่งช้างหมอบ บ้านห้วยยาง ตำบลห้วยยาง อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.2 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านนาสนาม ตำบลเขมราฐ อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.3 แม่น้ำโขงบริเวณท่าเรือหลังตลาดในตัวเมือง อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.4 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านนาเมือง ตำบลนาแวง อำเภอเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.5 แม่น้ำโขงบริเวณวัดปากแซง ตำบลพระลาน กิ่งอำเภอนาตาล จังหวัดอุบลราชธานี

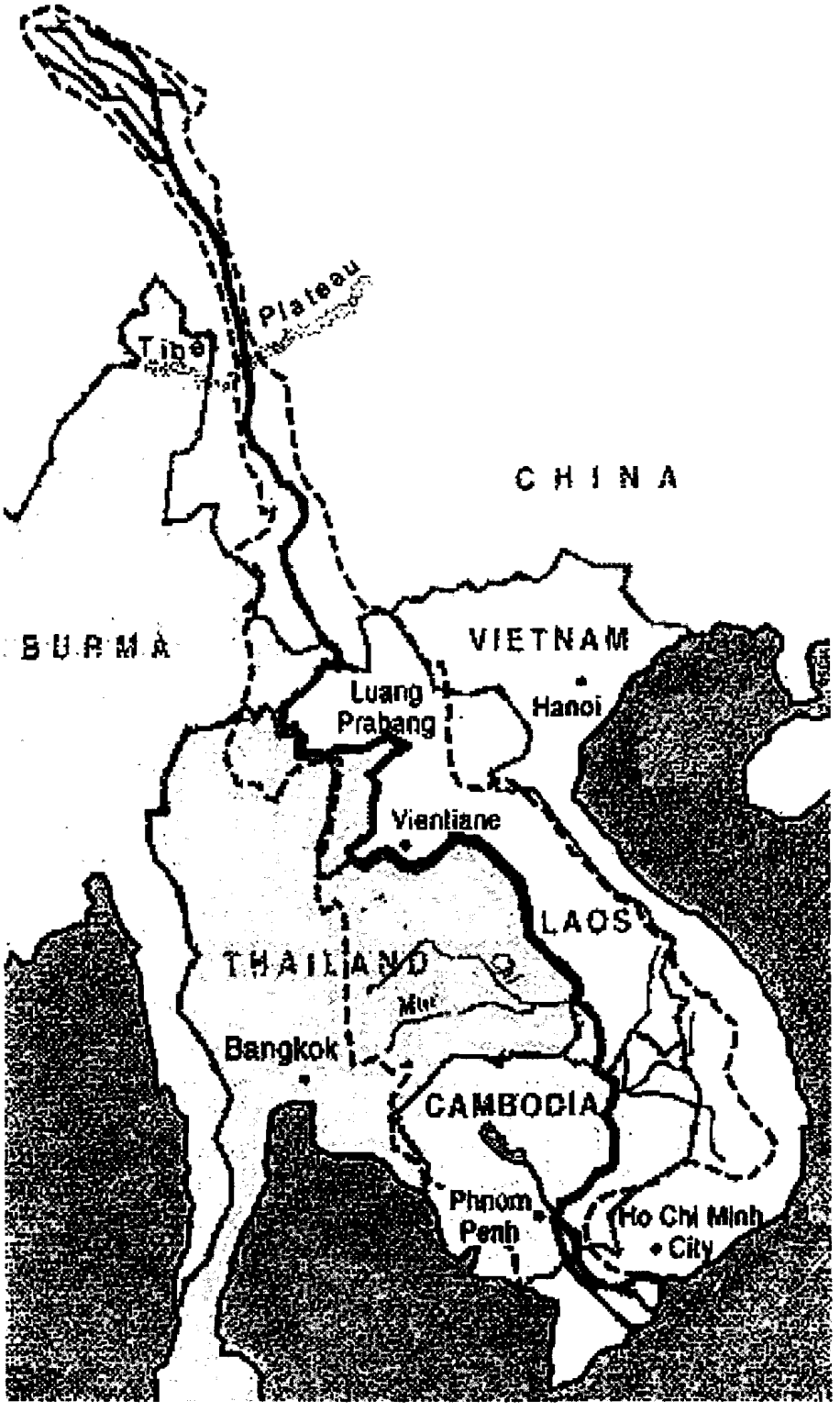
3.1.6 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านตามุย ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.7 แม่น้ำโขงบริเวณหาดวิจิตรา บ้านตามุย ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

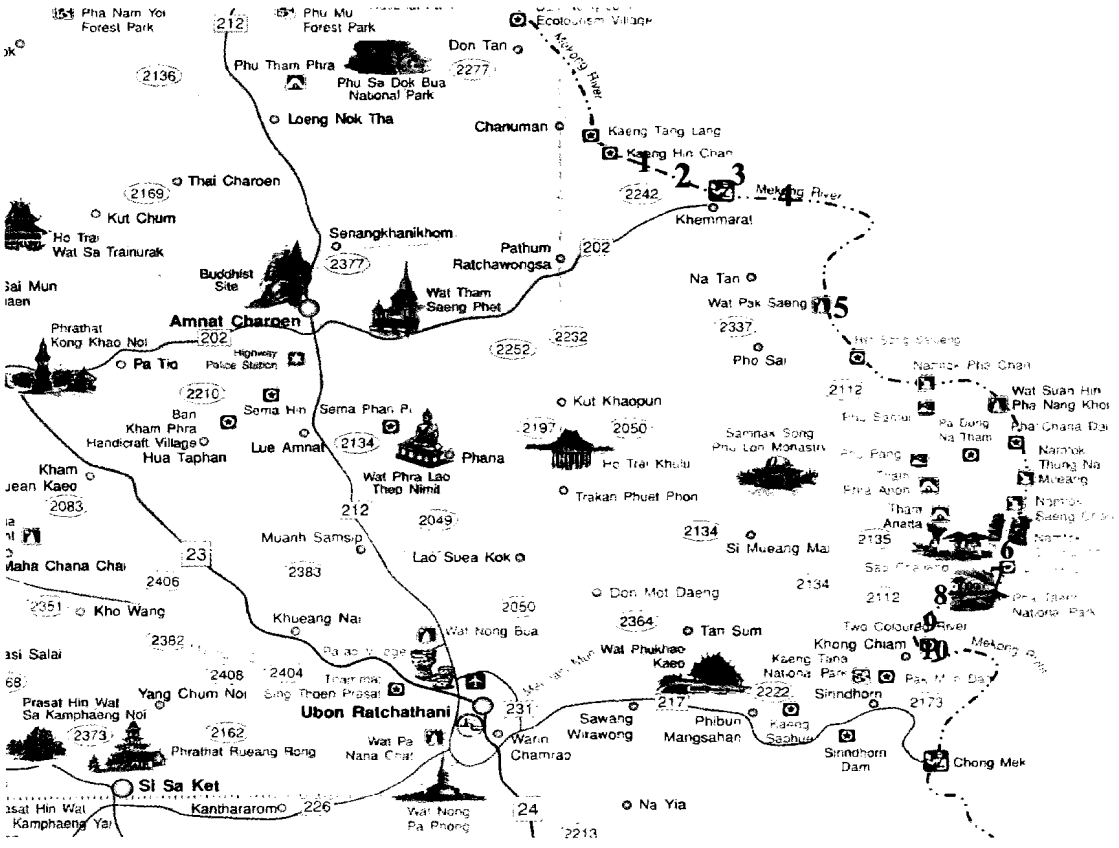
3.1.8 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านกุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.9 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านห้วยไผ่ ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

3.1.10 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านด่าน ตำบลโขงเจียม อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี (ภาคผนวก ง)



ภาพที่ 1 แผนที่แม่น้ำโขงที่ไหลผ่าน 6 ประเทศ ได้แก่ จีน พม่า ไทย ลาว กัมพูชา และเวียดนาม



ภาพที่ 2 จุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย สำนักงานอุบลราชธานี)

จุดที่ 1 แก่งช้างหมอบ ตำบลห้วยยาง อำเภอเขมราฐ

จุดที่ 2 บ้านนาสนาม ตำบลเขมราฐ อำเภอเขมราฐ

จุดที่ 3 หลังตลาดเทศบาล อำเภอเขมราฐ

จุดที่ 4 บ้านนาเมือง ตำบลนาแวง อำเภอเขมราฐ

จุดที่ 5 วัดปากแซง ตำบลพระลาน กิ่งอำเภอนาตาล

จุดที่ 6 บ้านตามุย ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม

จุดที่ 7 หาดวิจิตรา ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม

จุดที่ 8 บ้านกุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม

จุดที่ 9 บ้านห้วยไผ่ ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม

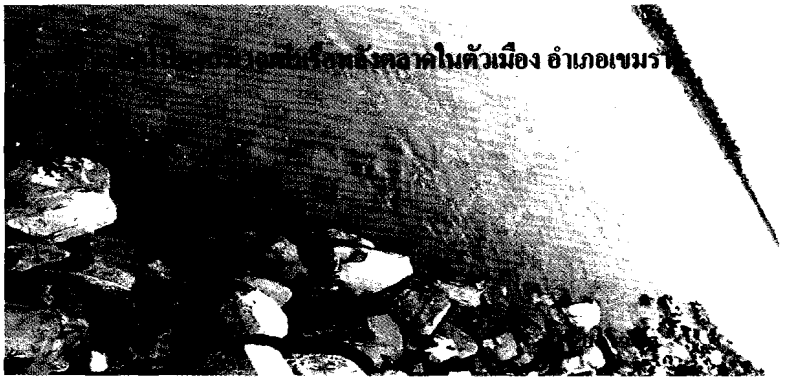
จุดที่ 10 บ้านด่าน ตำบลโขงเจียม อำเภอโขงเจียม

ตารางที่ 8 พิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS) ของจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเก็บตัวอย่าง	พิกัด GPS
1	แก่งช้างหมอบ อำเภอเขมราฐ	N16 03.438 E105 06.499 130 m
2	บ้านนาสนาม อำเภอเขมราฐ	N16 03.630 E105 10.392 114 m
3	หลังตลาดเทศบาลเขมราฐ อำเภอเขมราฐ	N16 02.622 E105 13.447 127 m
4	บ้านนาเมือง อำเภอเขมราฐ	N16 02.436 E105 15.531 118 m
5	วัดปากแซง กิ่งอำเภอนาตาล	N15 55.953 E105 20.700 113 m
6	บ้านตามุย อำเภอโขเจียม	N15 23.778 E105 32.77894 m
7	หาดวิจิตรา อำเภอโขเจียม	N 15 23.709 E105 31.75093 m
8	บ้านกุ่ม อำเภอโขเจียม	N15 23.377 E105 29.75993 m
9	บ้านห้วยไผ่ อำเภอโขเจียม	N15 21.022 E105 27.80791 m
10	บ้านด่าน อำเภอโขเจียม	N15 19.205 E105 29.79299 m

จุดที่ 1 แม่น้ำโขงบริเวณแก่งช้างหมอบ บ้านห้วยยาง ตำบลห้วยยาง อำเภอเขมราฐ

จุดที่ 2 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านนาสนาม ตำบลเขมราฐ อำเภอเขมราฐ



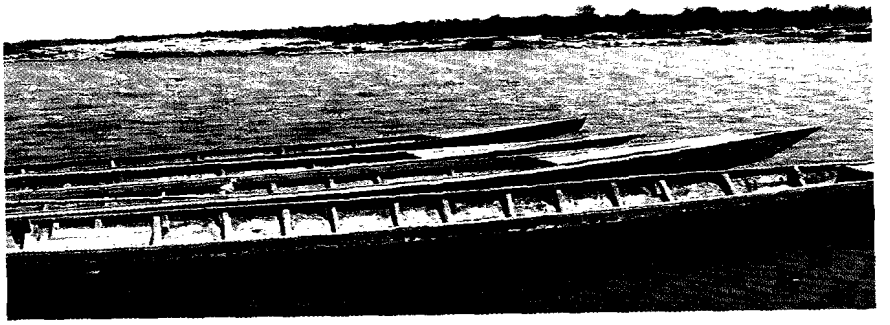
จุดที่ 4 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านนาเมือง ตำบลนาแวง อำเภอเขมราฐ

ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

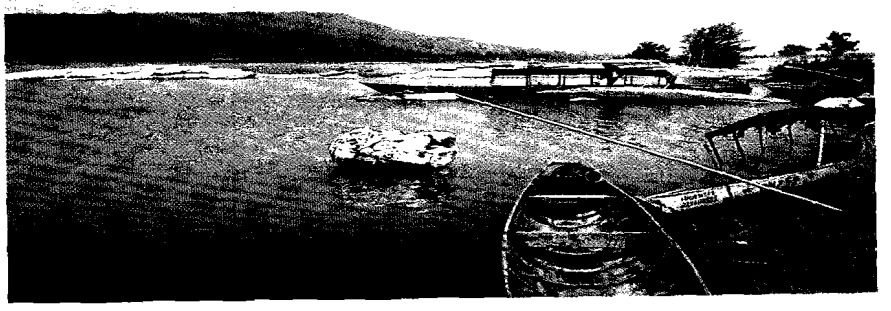
ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

จุดที่ 8 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านกุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม

จุดที่ 9 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านห้วยไผ่ ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม



จุดที่ 10 แม่น้ำโขงบริเวณบ้านค่าน ตำบลโขงเจียม อำเภอโขงเจียม



ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

3.2 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดที่ 1 แก่งช้างหมอบ ตำบลห้วยยาง อำเภอเขมราฐ ในแม่น้ำโขงมีโขดหินและเกาะแก่งมากมายและชัดเจน เนื่องจากโขดหินเมื่อมองจากเรือชาวประมงจะเห็นโขดหินที่มีรูปร่างคล้ายช้างหมอบ จึงเป็นที่มาของชื่อ "แก่งช้างหมอบ" ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดใหญ่จำนวนมาก และมีโคลน ปนทรายจำนวนเล็กน้อย มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งน้อยถึงปานกลางเป็นแหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติ ประชาชนนิยมเล่นน้ำ และรับประทานอาหารในฤดูร้อน มีแพร้านอาหารเฉพาะในฤดูร้อน มีเรือข้ามฝั่งไทยและ ลาว และเรือชาวประมงประมาณ 5-10 ลำ มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งบ้าง แต่ไม่มาก โดยเพาะปลูกช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน

จุดที่ 2 บ้านนาสนาม ตำบลเขมราฐ อำเภอเขมราฐ ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดปานกลางจำนวนปานกลาง และมีโคลนปนทรายปกคลุมจำนวนปานกลาง มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งจำนวนน้อยถึงปานกลาง บริเวณริมฝั่งประกอบด้วยหินที่ถูกนำมาถมเพื่อป้องกันการพังทลายของริมตลิ่ง ไม่มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่ง ไม่มีเรือข้ามฝั่งไทย ลาว และไม่มีเรือชาวประมง

จุดที่ 3 หลังตลาดเทศบาล อำเภอเขมราฐ ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดปานกลางจำนวนมาก และมีโคลนปนทรายปกคลุมเล็กน้อยถึงปานกลาง มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งมากบริเวณริมฝั่ง อยู่อย่างหนาแน่น ใกล้จุดที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนลงสู่แม่น้ำโขง บริเวณริมฝั่งประกอบด้วยหินที่ถูกนำมาถมเพื่อป้องกันการพังทลายของริมตลิ่ง ไม่มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่ง ไม่มีเรือข้ามฝั่งไทย ลาว และไม่มีเรือชาวประมง

จุดที่ 4 บ้านนาเมือง ตำบลนาแวง อำเภอเขมราฐ ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดปานกลางจำนวนมาก และมีโคลนปนทรายปกคลุมจำนวนเล็กน้อยถึงปานกลาง ริมฝั่งมีชุมชนอาศัยอยู่ปานกลาง มีเรือข้ามฝั่ง ไทยลาว และเรือชาวประมงประมาณ 5 ลำ บริเวณริมฝั่งประกอบด้วยหินที่ถูกนำมาถมเพื่อป้องกันการพังทลายของริมตลิ่ง ไม่มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่ง

จุดที่ 5 วัดปากแซง ตำบลพระลาน กิ่งอำเภอนาตาล เป็นลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นโคลนปนทราย ไม่มีโขดหินขนาดใหญ่ แต่มีก้อนหินขนาดเล็กบ้างเล็กน้อย มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งน้อยถึงปานกลาง ประชาชนนิยมเล่นน้ำ และรับประทานอาหารในฤดูร้อน มีแพร้านอาหารเฉพาะในฤดูร้อน มีเรือข้ามฝั่ง ไทยลาว ประมาณ 5 ลำ มีงานเทศกาลงานวัดที่ยิ่งใหญ่ที่ประชาชนนิยมมาเที่ยวและนมัสการพระเจ้าใหญ่องตื้อที่วัดแห่งนี้ในฤดูร้อน มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งปานกลาง โดยเพาะปลูกช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน

จุดที่ 6 บ้านตามุย ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งปานกลางถึงมากลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดใหญ่ และมีโคลน ปนทรายปานกลาง มีเรือข้ามฝั่งไทยและ ลาว

และเรือชาวประมงประมาณ 10-15 ลำ มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งมาก โดยเพาะปลูกช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน

จุดที่ 7 หาดวิจิตรา ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นโคลนปนทราย ไม่มีโขดหินขนาดใหญ่ แต่มีก้อนหินขนาดเล็กบ้างเล็กน้อย มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งน้อยเป็นแหล่งท่องเที่ยว ประชาชนนิยมเล่นน้ำ และรับประทานอาหารเฉพาะในฤดูร้อน มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งปานกลาง โดยเพาะปลูกช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน

จุดที่ 8 บ้านกุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นโคลนปนทราย มีโขดหินขนาดกลางบ้างเล็กน้อย มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งปานกลาง มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งเล็กน้อย โดยเพาะปลูกช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน มีเรือข้ามฝั่งไทยและ ลาว และเรือชาวประมงประมาณ 5 ลำ

จุดที่ 9 บ้านห้วยไผ่ ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นโคลนปนทรายจำนวนปานกลาง มีโขดหินขนาดกลางและขนาดใหญ่จำนวนปานกลาง มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งน้อยถึงปานกลาง มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งมาก โดยเพาะปลูกช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน มีเรือชาวประมงประมาณ 5 ลำ

จุดที่ 10 บ้านด่าน ตำบลโขงเจียม อำเภอเขมราฐ ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นโคลนปนทรายปานกลาง มีโขดหินขนาดกลางและขนาดใหญ่ในปริมาณปานกลางถึงมาก มีชุมชนอาศัยอยู่ใกล้ริมฝั่งอย่างหนาแน่น มีแพร้านอาหารตลอดทั้งปี ไม่มีการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่ง มีเรือข้ามฝั่งไทยและลาว ขนาดใหญ่ประมาณ 10-15 ลำ

3.3 ข้อมูลปริมาณกระแสน้ำและระดับน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบราชธานี (Department of Water Resource, ประเทศไทย)

3.3.1 แม่น้ำโขง บริเวณอำเภอขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานีในปี 2550 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 19.42 เมตร ต่ำสุด 2.59 เมตร (ภาพที่ 4)

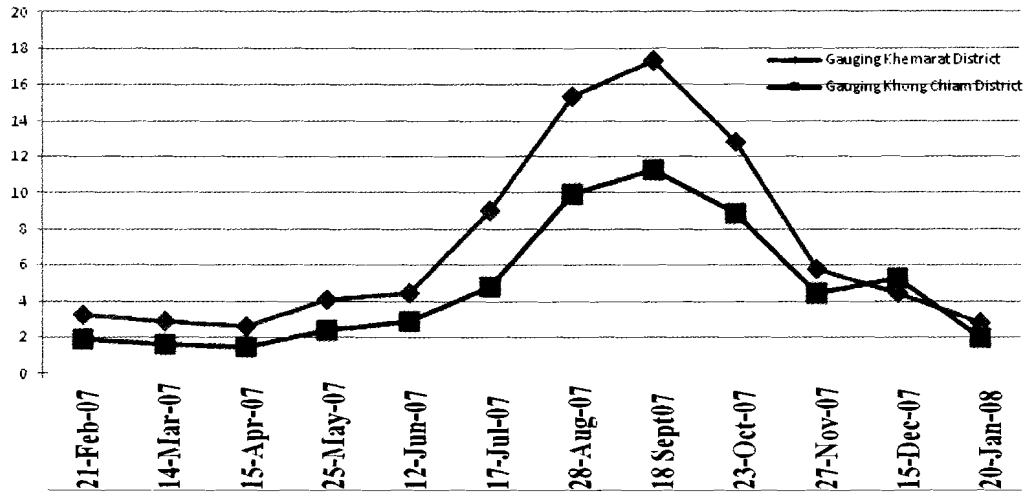
3.3.2 แม่น้ำโขง บริเวณอำเภอขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานีในปี 2551 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 21.46 เมตร ต่ำสุด 1.94 เมตร (ภาพที่ 4)

3.3.3 แม่น้ำโขง สถานีบ้านด่าน อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ในปี 2550 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 13.16 เมตร ต่ำสุด 1.44 เมตร (ภาพที่ 4)

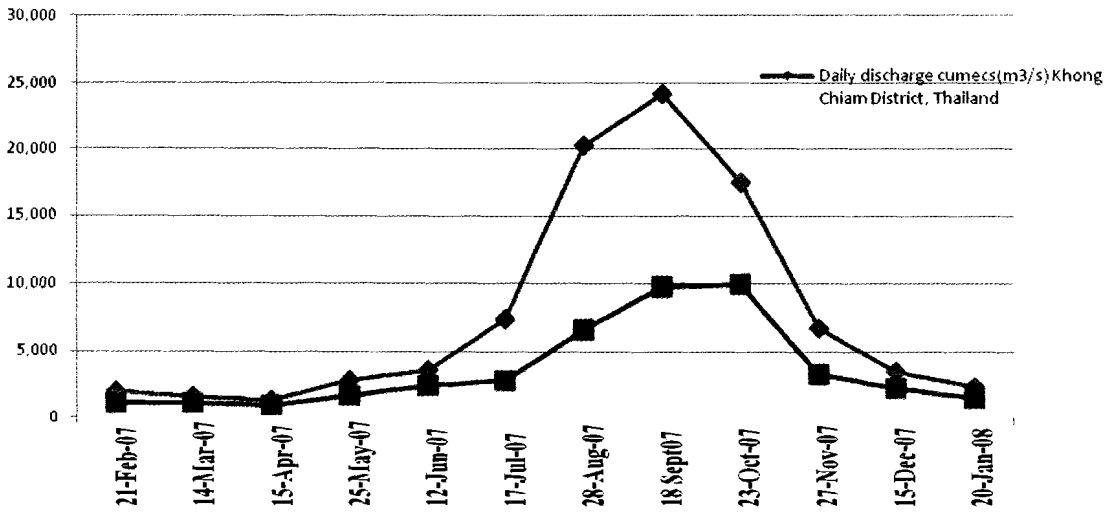
3.3.4 แม่น้ำโขง สถานีบ้านด่าน อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ในปี 2551 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุด 13.68 เมตร ต่ำสุด 1.69 เมตร (ภาพที่ 4)

3.3.5 ปริมาณกระแสน้ำในแม่น้ำโขงบริเวณ บ้านด่าน อ.โขงเจียม ปี 2550 สูงสุด 30,000 m^3/s ต่ำสุด 1,290 m^3/s ค่าเฉลี่ย 8,320 million m^3 ปริมาณน้ำทั้งหมด (total run off) 264,000 million m^3(ภาพที่ 5)

3.3.6 ปริมาณกระแสน้ำในแม่น้ำโขงบริเวณ บ้านด่าน อ.โขงเจียม ปี 2551 สูงสุด 35,200 m^3/s ต่ำสุด 2,070 m^3/s ค่าเฉลี่ย 11,000 million m^3 ปริมาณน้ำทั้งหมด (total run off)348,000 million m^3 (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 ระดับน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดในแม่น้ำโขงบริเวณ อำเภอเขมราฐ และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ปี 2550



ภาพที่ 5 ปริมาณกระแสน้ำบริเวณอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทยและปริมาณกระแสน้ำบริเวณเขตเวียงจันทร์ ประเทศลาว

3.4 อุปกรณ์และสารเคมี

3.4.1 อุปกรณ์สนาม

3.4.1.1 กระป๋องพลาสติกเก็บตัวอย่างขนาด 2 ลิตร

3.4.1.2 ขวดสีชาขนาด 100 ml

3.4.1.3 ขวด BOD ใสและทึบ

3.4.1.4 ตาข่ายแพลงก์ตอน (plankton net) ขนาดความถี่ (mesh size) 10 μm

3.4.1.5 กระป๋องพลาสติกเก็บตัวอย่าง

3.4.1.6 กรวย

3.4.1.7 แปรง

3.4.1.8 แผ่นพลาสติกเจาะรูขนาด 3 cm x 3 cm

3.4.1.9 Secchi disc

3.4.1.10 ขวดสีชาเก็บแพลงก์ตอนพืช

3.4.1.11 มีด และ ช้อน

3.4.1.12 กรรไกร และมีด

3.4.2 อุปกรณ์การวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.4.2.1 Conductivity meter รุ่น YSI 63

3.4.2.2 pH meter รุ่น YSI 63

3.4.2.3 Thermometer

3.4.3 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

3.4.3.1 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ความเป็นด่างในน้ำ

3.4.3.2 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่า DO และ BOD

3.4.3.3 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท และฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายในน้ำ

3.4.3.4 อุปกรณ์และอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

3.4.3.5 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

3.4.3.6 บิวเรตขนาด 50 ml

3.4.3.7 ปิเปตขนาด 5 ml

3.4.3.8 กระบอกตวงขนาด 100 ml

3.4.3.9 บีกเกอร์ขนาด 100 ml

3.4.3.10 Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml

3.4.3.11 ช้อนตักสาร

3.4.3.12 Phenolphthalein indicator

3.4.3.13 Methyl orange indicator

3.4.3.14 Standard H_2SO_4 ความเข้มข้น 0.02 N

3.4.3.15 อุปกรณ์การสำรวจชนิดและปริมาณของสาหร่าย

1) กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ (compound microscope)

2) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) รุ่น JEOL model JSM-5410LV

3) สไลด์และกระจกปิดสไลด์

4) น้ำยาทาเล็บ

5) กล้องถ่ายภาพ

6) เอกสารและหนังสือประกอบการจำแนกชนิดสาหร่าย

3.5 วิธีการวิจัย

3.5.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างตามจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ โดยเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของทั้ง 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง ทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ และเคมีบางประการ ดังนี้

3.5.1.1 ศึกษาระดับความลึกของจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ไม้เมตร

3.5.1.2 ศึกษาความลึกที่แสงส่องถึงโดยใช้ Secchi disc

3.5.1.3 ศึกษาลักษณะของวัตถุพื้นท้องน้ำ (substrate)

3.5.1.4 วัดอุณหภูมิของน้ำและอากาศ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

3.5.1.5 วัดค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้ Conductivity meter รุ่น YSI 63

3.5.1.6 วัด pH ของน้ำโดยใช้ pH meter รุ่น YSI 63

3.5.2 การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมีที่ห้องปฏิบัติการ

3.5.2.1 ความเป็นด่าง (alkalinity)โดยวิธี Phenolpthalein methyl orange indicator (Greenberg et al (2005)

3.5.2.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยวิธี Azide modification method (Greenberg et al (2005)

3.5.2.3 ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ (BOD) โดยวิธี Azide modification method (Greenberg et al (2005)

3.5.2.4 ปริมาณสารอาหารไนเตรท และปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำทั้งหมด ด้วยเครื่อง UV –Vis Spectrophotometer, รุ่น Perkin-Elmer, model Lampda 12

3.5.2.5 ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยวิธี Standard multiple tube fermentation technique (Greenberg et al (2005)

3.5.2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยวิธีของ Nusch (1980) ดัดแปลง โดย ยุวดี พีรพรพิศาล และฉมาภรณ์ , (2538)

3.5.3 เก็บตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำ

3.5.3.1 เก็บตัวอย่างไดอะตอม 3 ตัวอย่าง จากแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดเก็บตัวอย่าง เริ่มจากอำเภอเขมราฐ 4 จุด กิ่งอำเภอนาตาล 1 จุด และอำเภอโขงเจียม 5 จุด กำหนดพื้นที่สำหรับเก็บตัวอย่างบริเวณริมฝั่งในพื้นที่ 100 เมตร x 5 เมตร

3.5.3.2 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ ภายในพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้แปลงสุ่มตัวอย่าง (plot) ขนาด 1 ตารางเมตร ทำการเก็บตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำโดยเลือกก้อนหินที่มีไดอะตอมจำนวนมากโดยสังเกตจากก้อนหินจะถูกเคลือบด้วยเมือกสีน้ำตาลวาวทำการเลือกก้อนหินดังกล่าวมา 1 ก้อนภายในพื้นที่แปลงสุ่มตัวอย่าง สำหรับแปลงสุ่มตัวอย่างใดที่ไม่มีก้อนหินในแปลง จะทำการเก็บตัวอย่างจากแปลงที่อยู่ใกล้ที่สุดกับแปลงสุ่มตัวอย่าง

3.5.3.3 ทำการบันทึกลักษณะของ วัตถุให้ยึดเกาะ และสภาพของพื้นที่

3.5.3.4 วางแผ่นพลาสติกเจาะรูขนาด 9 ตารางเซนติเมตรทับบริเวณที่มีไดอะตอม ใช้แปรงปัดไดอะตอมจนก้อนหินสะอาด เก็บตัวอย่างไดอะตอมใส่กล่องพลาสติก

3.5.3.5 ในจุดเก็บตัวอย่างบางจุดที่ไม่มีก้อนหิน ถ้ามีพืชน้ำและกิ่งไม้ที่มีขนาดเล็กจะทำการเก็บมาทั้งต้น แต่ถ้าเป็นต้นขนาดใหญ่ กิ่งไม้ขนาดใหญ่ หรือเรือเก่าๆ จะเก็บโดยใช้แปรงปัดจากบริเวณที่มีคราบของไดอะตอม เก็บตัวอย่างใส่กล่องพลาสติก

3.5.3.6 ถ้าไม่มีก้อนหิน กิ่งไม้ หรือต้นไม้ หรือเรือเก่า จะเก็บจากพื้นโคลนหรือทราย โดยเลือกจุดที่มีลักษณะผิวโคลนหรือผิวทรายที่สังเกตเห็นเป็นฟิล์มเมือกสีน้ำตาลวาว โดยใช้ช้อนตักผิวหน้าบริเวณดังกล่าว เก็บตัวอย่างใส่ในกล่องพลาสติก

3.5.3.7 บันทึกรายละเอียดของจุดเก็บ วัน เวลา หมายเลขซ้ำของตัวอย่างลงบนกล่องพลาสติก นำไปแช่เย็นและขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ

3.5.4 กระบวนการทำความสะอาดไดอะตอมพื้นท้องน้ำ (Rott et al., 1997)

3.5.4.1 นำตัวอย่างไดอะตอมมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

3.5.4.2 เมื่อสังเกตดูหลอดที่ปั่นเสร็จแล้วจะพบว่าชั้นของไดอะตอมเป็นแผ่นฟิล์มสีน้ำตาล เคลือบบนผิวหน้าของชั้นตะกอน

3.5.4.3 ดูดไดอะตอมจากชั้นดังกล่าวแล้วใส่ลงในหลอดทดลอง เติมกรดไนตริกเข้มข้น ลงในหลอด ต้ม ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-45 นาที

3.5.4.4 ทำการล้างตัวอย่างด้วยน้ำ deionized 4-5 รอบ

3.5.4.5 จะสังเกตเห็นไดอะตอมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมีลักษณะเป็นตะกอนสีเทาตกตะกอนอยู่ที่ด้านล่างของหลอดทดลอง

3.5.5 การเตรียมสไลด์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ (Rotl et.al, 1997)

หยดตัวอย่างไดอะตอมลงบนสไลด์ 3 หยด โดยที่แต่ละหยดมีปริมาตรประมาณ 0.02 มิลลิลิตร

3.5.5.1 ทำให้ตัวอย่างไดอะตอมแห้งด้วยความร้อน

3.5.5.2 ปิดยึดสไลด์กับแผ่นปิดสไลด์เพื่อทำสไลด์ถาวร โดยใช้สารช่วยยึดติดสไลด์ (mounting agent) โดยใช้ Naphrax oe Durax หรือ Diatom mountant

3.5.5.3 นำสไลด์ถาวรที่ได้ไปจำแนกชนิด และนับจำนวนไดอะตอมพื้นท้องน้ำต่อไป

3.5.6 การศึกษาโครงสร้างฟรัสตูลของไดอะตอมพื้นท้องน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(scanning electron microscope) รุ่น JEOL model JSM-5410LV

3.5.6.1 หยดไดอะตอมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วลงบนแผ่นปิดสไลด์

3.5.6.2 ทำให้ตัวอย่างแห้งด้วยความร้อน

3.5.6.3 ดูดความชื้นออกจากตัวอย่าง โดยใส่ไว้ในโถดูดความชื้น (desiccator) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5.6.4 นำมายึดกับ stub และเคลือบตัวอย่างด้วยทอง

3.5.6.5 นำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรุ่น JEOL model JSM-5410 LV

3.5.7 การจำแนกชนิดของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ

3.5.7.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะต่างๆของโครงสร้างฟรัสตูลของไดอะตอม ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวและความกว้างของเซลล์ ลวดลายของ striae ความถี่ของ striae

ต่อ 10 ไมครอนและลักษณะอื่นๆ (raphe, puncta, aereolae, fibulae, nodule, septa, costae, stigma, rib, spine, wing และ canals)

3.5.7.2 การจำแนกชนิดของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ โดยใช้หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) ยุวดี พีรพรพิศาล (2548)
2) Ohno et al. (1971)
3) Reichardt (1984)
4) Krammer and Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b)
5) Lange-Bertalot (1993, 1995)
6) Lee *et al.* (1994a and 1994b)
7) Benavides (1996)
8) Cox (1996)
9) Metzeltin and Lange-Bertalot (1998)
10) Peerapornpisal *et al.* (2000)
11) Rumrich *et al.* (2000)
12) Lange-Bertalot (2001)
13) Tuji and Houki (2001)
14) Pekthong (2002a, b)
15) Kunpradid (2005)
16) Watanabe *et al.*(2005)
17) Peerapornpisal (2005)
18) Lange-Bertalot (2007)
19) Leelahakriengkrai (2007a)
20) Leelahakriengkrai et al.(2009)
21) Suphan (2010)

3.5.8 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae investigation)

3.5.8.1 สุ่มตัวอย่างขนาดแปลงย่อย 3 ซ้ำ ภายในพื้นที่แปลงใหญ่ 1.25 x 1.25 เมตร โดยสุ่มตัวอย่าง 3 ซ้ำ ขนาดพื้นที่ 25x25 เซนติเมตร

3.5.8.2 เก็บสาหร่ายขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ที่มีลักษณะเป็นเมือก เส้นสาย ทัลลัส หรือเกาะตัวเป็นแพ หรือก้อนเมือก โดยใช้คีมคีบและมีดขูดมาจากวัตถุให้ยึดเกาะ

3.5.8.3 เก็บตัวอย่างในกล่องพลาสติกและรักษาสภาพด้วย glutaraldehyde 2% และเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส

3.5.9 การจำแนกสาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae identification)

วินิจฉัยสาหร่ายขนาดใหญ่ โดยใช้หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) Desicachary (1959)
2) Drouet (1968)
3) Withford and Schumancher (1969)
4) Presscott (1970)
5) Drouet (1981)
6) Sheath (1984)
7) Martin and Whitton (1987)
8) Komarek (1989)
9) Entwisle (1989)
10) Necchi (1990)
11) Kumano (1993)
12) Sheath (1994)
13) Lokhorst (1999)

ถ่ายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ compound microscope รุ่น CX30 และวัดขนาดของเซลล์โดยใช้ stage และ ocular micrometer เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยให้ถึงระดับชนิด ต่อไป

3.5.10 การวิเคราะห์ทางสถิติ

3.5.10.1 จัดเตรียมชุดข้อมูล

3.5.10.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และ ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละเดือนโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ One way Analysis Of Variance (ANOVA) และ LSD (Least-significant difference) ที่ความเชื่อมั่น 0.05% จากโปรแกรม SPSS ver. 6.0

3.5.10.3 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำที่มีความสัมพันธ์กับไดอะตอมและสาหร่ายขนาดใหญ่ โดยใช้ Pearson's correlation เพื่อวิเคราะห์หาระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ

3.5.10.4 วิเคราะห์และจัดกลุ่มไดอะตอมพื้นท้องน้ำ สาหร่ายขนาดใหญ่ และคุณภาพน้ำโดยใช้การวิเคราะห์ Cluster analysis โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Multivariate Statistical Package (MVSP) โดยใช้วิธี UPGMA cluster method เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ค่าความเหมือนกันของไดอะตอม พื้นท้องน้ำ สาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำ

3.5.10.5 ทำการทดสอบหาค่าระดับความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทีละปัจจัยด้วย ANOVA analysis

3.5.10.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้งชนิดและปริมาณของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำร่วมกับคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างใช้ Principal Component Analysis (PCA), Canonical Correspondence Analysis (CCA) และ Cluster Analysis จากโปรแกรม Multivariate Statistical Package (MVSP) version 3.1 โดยใช้วิธีของ Kaiser's rule เพื่อสร้างแกนความสัมพันธ์ (axes extracted) เพื่อหาสปีชีส์ที่สามารถนำมาใช้เป็นสิ่งมีชีวิตในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำได้

3.5.11 การประเมินคุณภาพน้ำ

การประเมินคุณภาพน้ำจะใช้การประเมินด้วยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี โดยใช้ Applied Algal Reserch Laboratory- Physical and Chemical Score (AARL-PC Score) (Peerapornpisal et. al., 2004) โดยใช้ค่า DO ค่า BOD ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสารอาหาร 3 ชนิดคือ ไนเตรท-ไมโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorus และประเมินด้วย Applied Algal Reserch Laboratory Phytoplankton Score (AARL-PP Score) (Peerapornpisal et. al., 2004) โดยใช้ชนิดของไดอะตอมชนิดเด่นที่ปรากฏขึ้นในจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด วิธีการประเมินคุณภาพน้ำแสดงในภาคผนวก จ

3.6 สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและรวบรวมข้อมูล

3.6.1 ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3.6.2 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.6.3 Institute of Botany, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria.

3.6.4 สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

3.6.5 แม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี

3.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

12 เดือน โดยเก็บตัวอย่าง เดือนละ 1 ครั้ง ในแต่ละจุด โดยเริ่มจากเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ 2550 ถึงเดือนมกราคม พ. ศ. 2551

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง

คุณภาพน้ำของแม่น้ำโขงใน 10 จุดเก็บตัวอย่างในส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี บริเวณแก่งช้างหมอบ บ้านนาสนาม ท่าเรือหลังตลาดในตัวเมืองอำเภอเขมราฐ บ้านนาเมือง วัดปากแซง บ้านตามุย หาดวิจิตรา บ้านกุ่ม ชุมชนห้วยไผ่ และบ้านด่าน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2551 รวม 12 เดือน โดยเก็บตัวอย่างน้ำทุกเดือน คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ เป็นดังนี้

4.1.1 อุณหภูมิอากาศ พบว่าอุณหภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลคือมีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุดในฤดูหนาว และสูงที่สุดในฤดูร้อน อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 21.7-39 °C มีค่าเฉลี่ย 30.66 °C มี ค่ามัธยฐาน (median)* 31 °C (ภาพที่ 6)

4.1.2 อุณหภูมิน้ำ พบว่าอุณหภูมิน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล นั่นคือมีค่าต่ำสุดในฤดูหนาว และมีค่าสูงมากที่สุดในฤดูร้อน อุณหภูมิน้ำจะอยู่ในช่วง 21-35 °C ค่าเฉลี่ย 27.26 °C มีค่ามัธยฐาน 27.75 °C (ภาพที่ 7)

4.1.3 ค่าความลึกที่แสงส่องถึง (secchi depth) ค่าความลึกที่แสงส่องถึงทั้งหมดมีค่าตั้งแต่ 9 -105 cm มีค่าเฉลี่ย 33.79 cm ค่ามัธยฐาน 28.5 cm พบว่าค่าความลึกที่แสงส่องถึงมีค่าต่ำในฤดูฝน ทั้งนี้เพราะเกิดการชะล้างตะกอนดินลงสู่แหล่งน้ำ ประกอบกับมีกระแสน้ำที่ไหลเร็วมากขึ้น จึงทำให้น้ำมีความขุ่นมากขึ้นส่งผลให้ค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแหล่งน้ำมีค่าต่ำในฤดูฝนซึ่งส่งผลให้ ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่เจริญได้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะมีปริมาณของแสงไม่เพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ตรงกันข้ามกับในฤดูหนาวและฤดูร้อนพบว่าค่าความลึกที่แสงส่องถึงมีค่าสูงขึ้นน้ำใสขึ้นเนื่องจากไม่มีฝนตกและกระแสน้ำไหลช้า จึงทำให้มีการเจริญของไดอะตอมพื้นท้อง

*** ค่ามัธยฐาน (Median : Me)** หมายถึง ค่ากลางของข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ตรงกลางโดยที่ข้อมูลต้องทำการเรียงลำดับตามปริมาณจากมากไปน้อย หรือจากน้อยไปมาก และค่ามัธยฐานยังสามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้เป็นอย่างดี ในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายที่ผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการที่มีข้อมูลบางตัวมีค่ามากหรือน้อยจนผิดปกติ

น้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่มีการเจริญมากขึ้น เนื่องจากปริมาณแสงส่องลงไปในแหล่งน้ำมีความเหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงมากกว่าในฤดูฝน (ภาพที่ 8 และ 9)

4.1.4 ความเร็วของกระแสน้ำ (water current) ค่าความเร็วของกระแสน้ำทั้งหมดมีค่าตั้งแต่ 0.16 - 0.64 m/s มีค่าเฉลี่ย 0.3 m/s ค่ามัธยฐาน 0.295 m/s โดยพบว่าในฤดูฝนกระแสน้ำไหลเร็วที่สุด รองลงมาคือฤดูหนาว และไหลช้าที่สุดในฤดูร้อน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึง (ภาพที่ 8 และ 9) และอัตราการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ (ภาพที่ 28 และ ตารางที่ 14)

4.1.5 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 72-305 µs/cm มีค่าเฉลี่ย 181.225 µs/cm ค่ามัธยฐาน 193.5 µs/cm โดยจะมีค่าต่ำสุดในฤดูฝนทั้งนี้เพราะเกิดการเจือจางจากน้ำฝนที่ตกลงสู่แม่น้ำโขงและระดับน้ำในฤดูฝนมีความสูงมากกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อนมาก เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะมีค่าสูงที่สุด และเริ่มมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อน โดยที่พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต (ภาพที่ 11, 12, 20, 21, 22 และ 23) และการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ (ภาพที่ 28 และ ตารางที่ 14) เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าในฤดูฝนและฤดูแล้งจะพบว่าในฤดูแล้งมีค่าสูง และค่าที่มีความถี่ของการพบมากคือ ช่วง 210-230 µs/cm และ 230-250 µs/cm ซึ่งเกิดขึ้นได้มากว่าช่วงอื่น สามารถบ่งชี้ได้ว่าน้ำมีคุณภาพปานกลางถึงไม่ดี (กรรณิการ์ สิริสิงห์ , 2525) (ภาพที่ 12)

4.1.6 ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 5.8-11.5 มีค่าเฉลี่ย 7.472 ค่ามัธยฐาน 7.385 พบว่าค่า pH มีค่าสูงในฤดูหนาวทั้งนี้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ และค่าความเป็นด่าง (ภาพที่ 13, 14, 28 และ ตารางที่ 14))

4.1.7 ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) พบว่ามีค่าตั้งแต่ 19.44 – 120.66 mg/l ในรูปของ $CaCO_3$ ค่าเฉลี่ย 52.98 mg/l ในรูปของ $CaCO_3$ ค่ามัธยฐาน 50 mg/l ในรูปของ $CaCO_3$ โดยมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่าง และการเจริญของไดอะตอมและสาหร่ายขนาดใหญ่ โดยค่าความเป็นด่างจะมีค่าสูงในฤดูฝนซึ่งมีการเจริญของไดอะตอมและสาหร่ายขนาดใหญ่ในปริมาณมาก (ภาพที่ 15, 16, 28 และ ตารางที่ 14)

4.1.8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) พบว่าค่า DO มีค่าตั้งแต่ 3.4 - 11.60 mg/l มีค่าเฉลี่ย 7.64 mg/l ค่ามัธยฐาน 7.68 mg/lโดยจะมีค่าสูงในฤดูหนาวและฤดูร้อน และมีค่าต่ำในฤดูฝนซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ (ภาพที่ 17, 28 และ ตารางที่ 14)

4.1.9 เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของออกซิเจน (percent oxygen saturation, % O_2 saturation)พบว่ามีค่าตั้งแต่ 41.92-152.54 % มีค่าเฉลี่ย 94.47 % ค่ามัธยฐาน 96.255 % โดยจะมีการเปลี่ยนแปลง
คล้ายคลึงกับค่า DO (ภาพที่ 18 และ 17)

4.1.10 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (biochemical oxygen demand, BOD) พบว่าค่า BOD มีค่าตั้งแต่ 0 – 8.44 mg/l ค่าเฉลี่ย 1.72 mg/l ค่ามัธยฐาน 1.2 mg/l โดยจะมีค่าสูงในช่วงปลายของฤดูหนาวและช่วงปลายของฤดูร้อนซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวจะมีการตายของสาหร่ายขนาดใหญ่ในปริมาณมาก (ภาพที่ 19 และ ตารางที่ 14)

4.1.11 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (soluble reactive phosphorus) พบว่ามีปริมาณตั้งแต่ ND (not detect หรือ มีปริมาณน้อยจนเครื่องไม่สามารถตรวจวัดได้) – 0.5842 mg/l มีค่าเฉลี่ย 0.12 mg/l ค่ามัธยฐาน 0.06 mg/l โดยในช่วงปลายของฤดูฝนจะมีค่าสูงทั้งนี้เพราะมีการชะล้างของฟอสเฟตจากชุมชนลงสู่แม่น้ำ ต่อมาเมื่อเกิดการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่มากขึ้น ปริมาณออร์โธฟอสเฟตจะลดลง และจะมีค่าสูงอีกครั้งเมื่อเริ่มเกิดการตายของสาหร่ายขนาดใหญ่ในช่วงฤดูร้อน (ภาพที่ 20, 21 และ ตารางที่ 14)

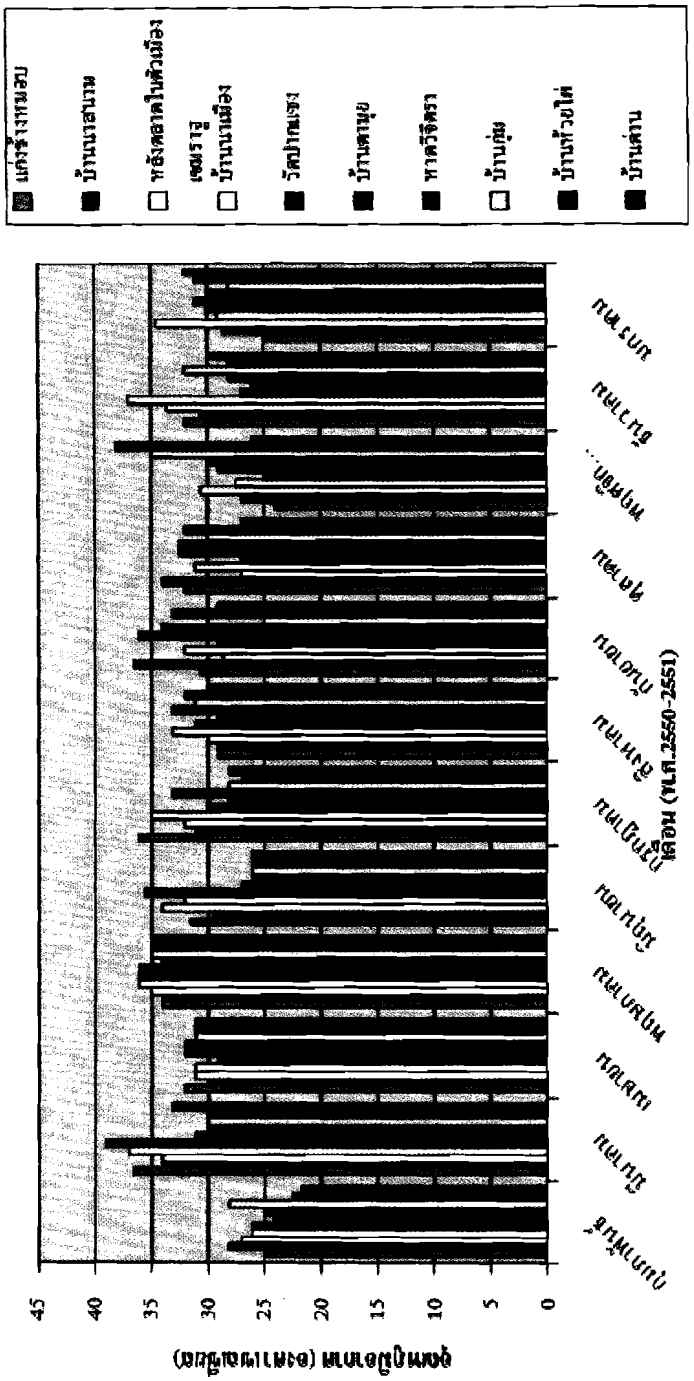
4.1.12 ไนเตรท (nitrate) พบว่ามีค่าตั้งแต่ ND – 19.172 mg/l มี ค่าเฉลี่ย 3.75 mg/l ค่ามัธยฐาน 2.23 mg/l โดยมีค่าสูงในช่วงฤดูฝน และลดลงมากในฤดูหนาวซึ่งพบการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่มากทั้งนี้เพราะไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ได้นำเอาไนเตรทไปใช้ในการเจริญจึงทำให้ไนเตรทในน้ำลดลง ต่อมาในช่วงปลายของฤดูร้อนปริมาณไนเตรทจะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้งเนื่องจากเกิดการตายของสาหร่ายขนาดใหญ่ (ภาพที่ 22, 23 และ ตารางที่ 14)

4.1.13 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.001 - 4.44 µg/l มีค่าเฉลี่ย 0.49 µg/l ค่ามัธยฐาน 0.001 µg/l โดยที่มีค่าสูงในช่วงปลายฤดูหนาวและในช่วงฤดูร้อนซึ่งสัมพันธ์กับการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ (ภาพที่ 24, 25, 28 และ ตารางที่ 14)

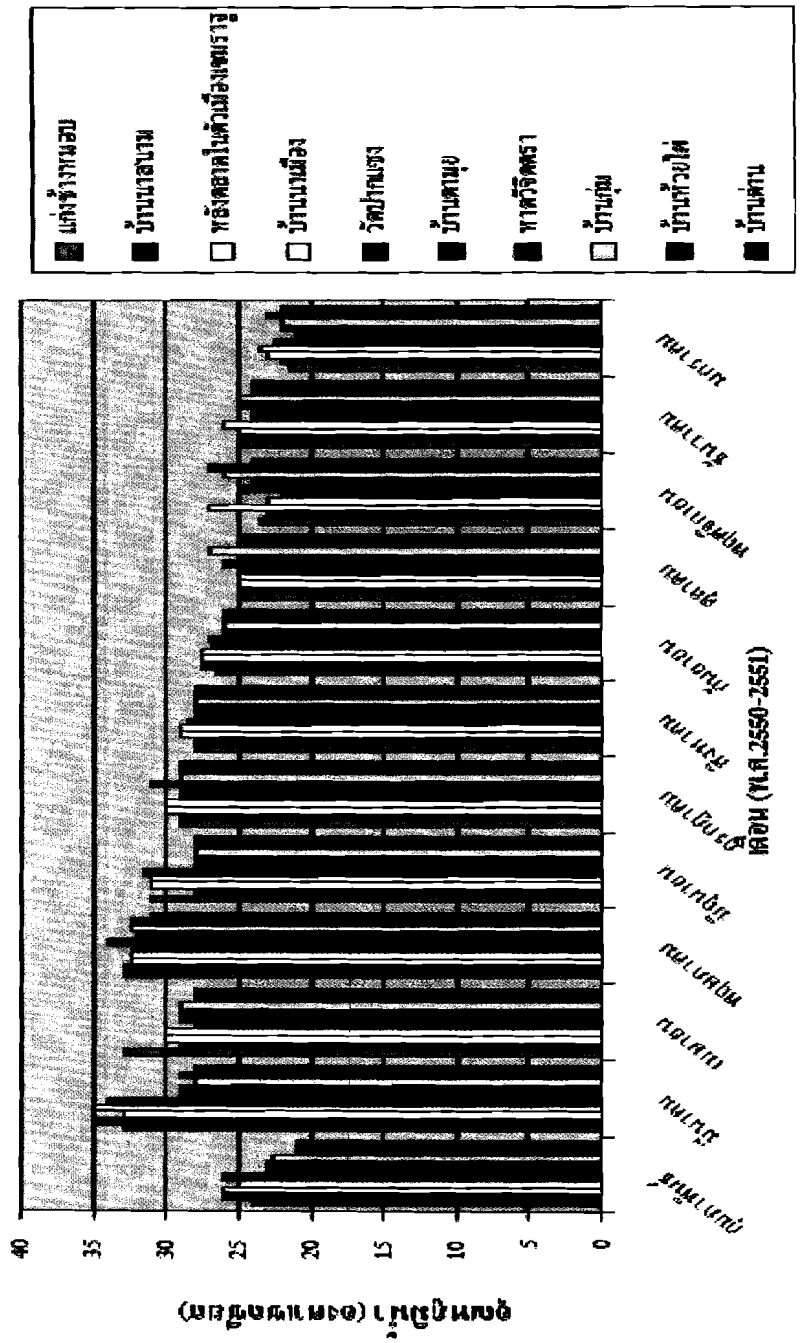
4.1.14 ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (total coliform bacteria) พบว่ามีค่าตั้งแต่ <30 - ≥ 24,000 MPN/100 ml มีค่าเฉลี่ย 2,772 MPN/100 ml ค่ามัธยฐาน 930 MPN/100 ml โดยมีค่าสูงในจุดที่ 10 (บ้านค่าน อำเภอโชงเจียม) ซึ่งมีชุมชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและในจุดที่ 7 (หาดวิจิตรา อำเภอโชงเจียม), จุดที่ 8 (บ้านกุ่ม อำเภอโชงเจียม) และจุดที่ 9 (บ้านห้วยไผ่ อำเภอโชงเจียม)

ในเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาช่วงเวลาดังกล่าวจะมีชุมชนนิยมมาเล่นน้ำบริเวณจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวเป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 26)

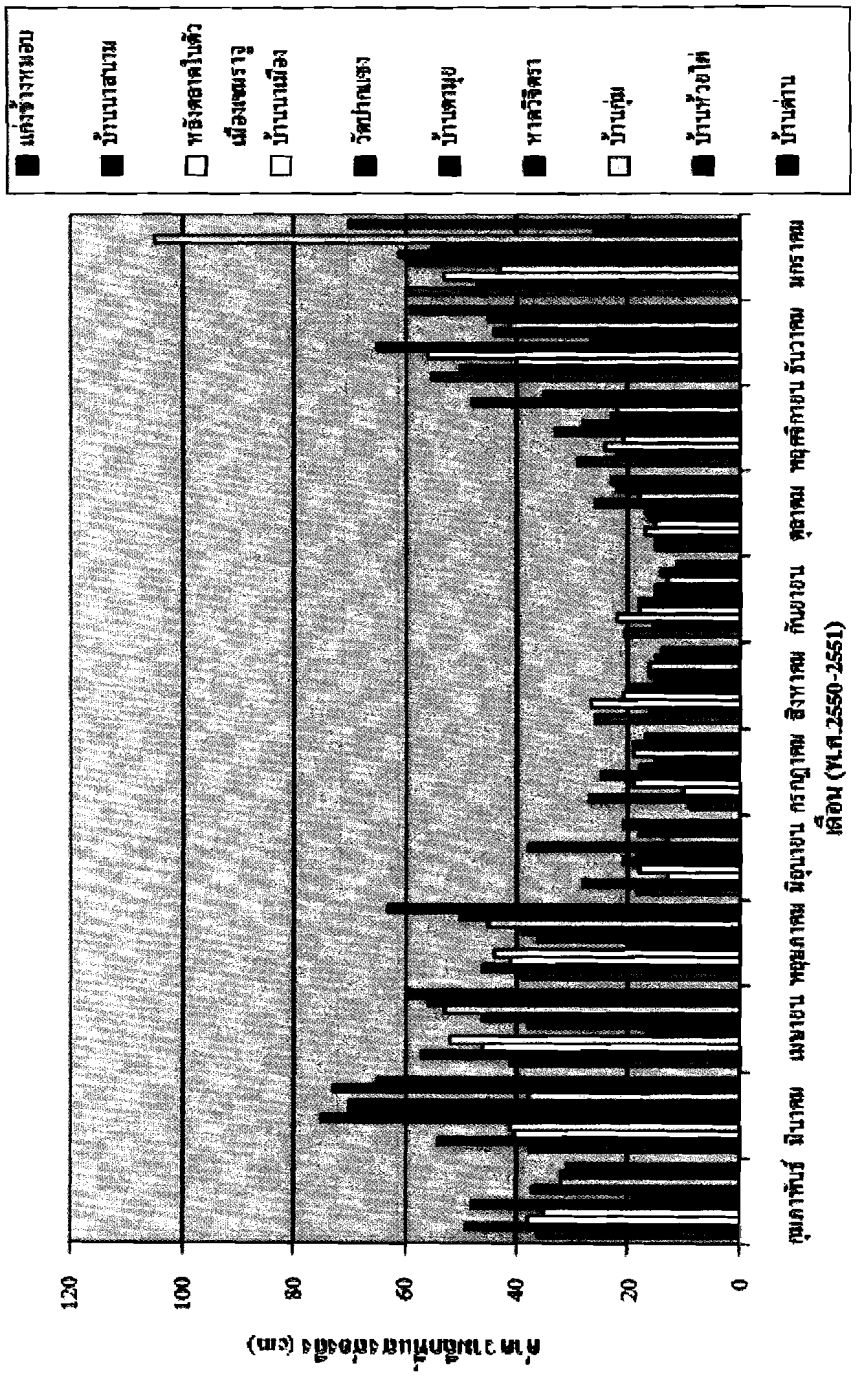
4.1.15 ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (fecal coliform bacteria) พบว่าปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อยู่ในช่วง<30 - ≥ 24,000 MPN/100 mlมีค่าเฉลี่ย 2,712 MPN/100 ml ค่ามัธยฐาน 840 MPN/100 mlโดยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในน้ำ (ภาพที่ 26 และ 27)



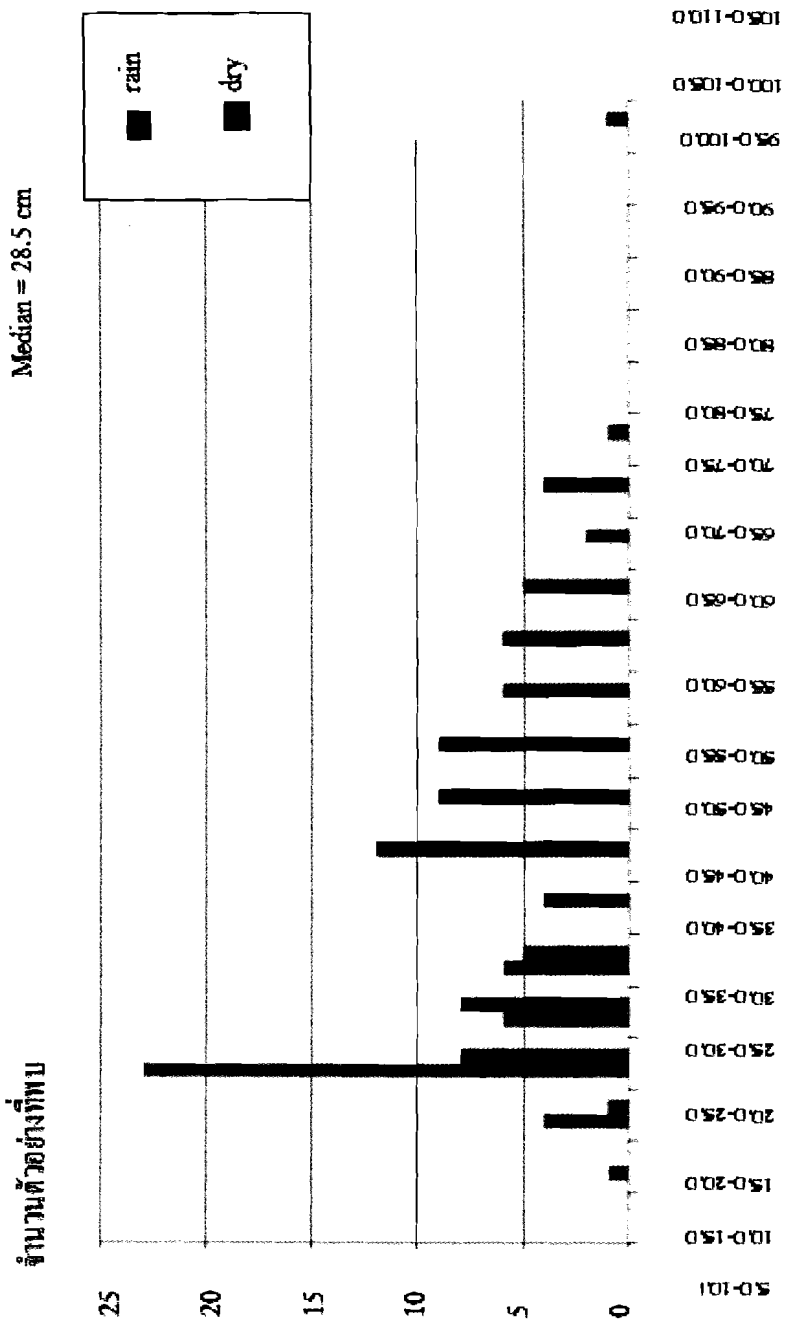
ภาพที่ 6 *อุณหภูมิอากาศในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



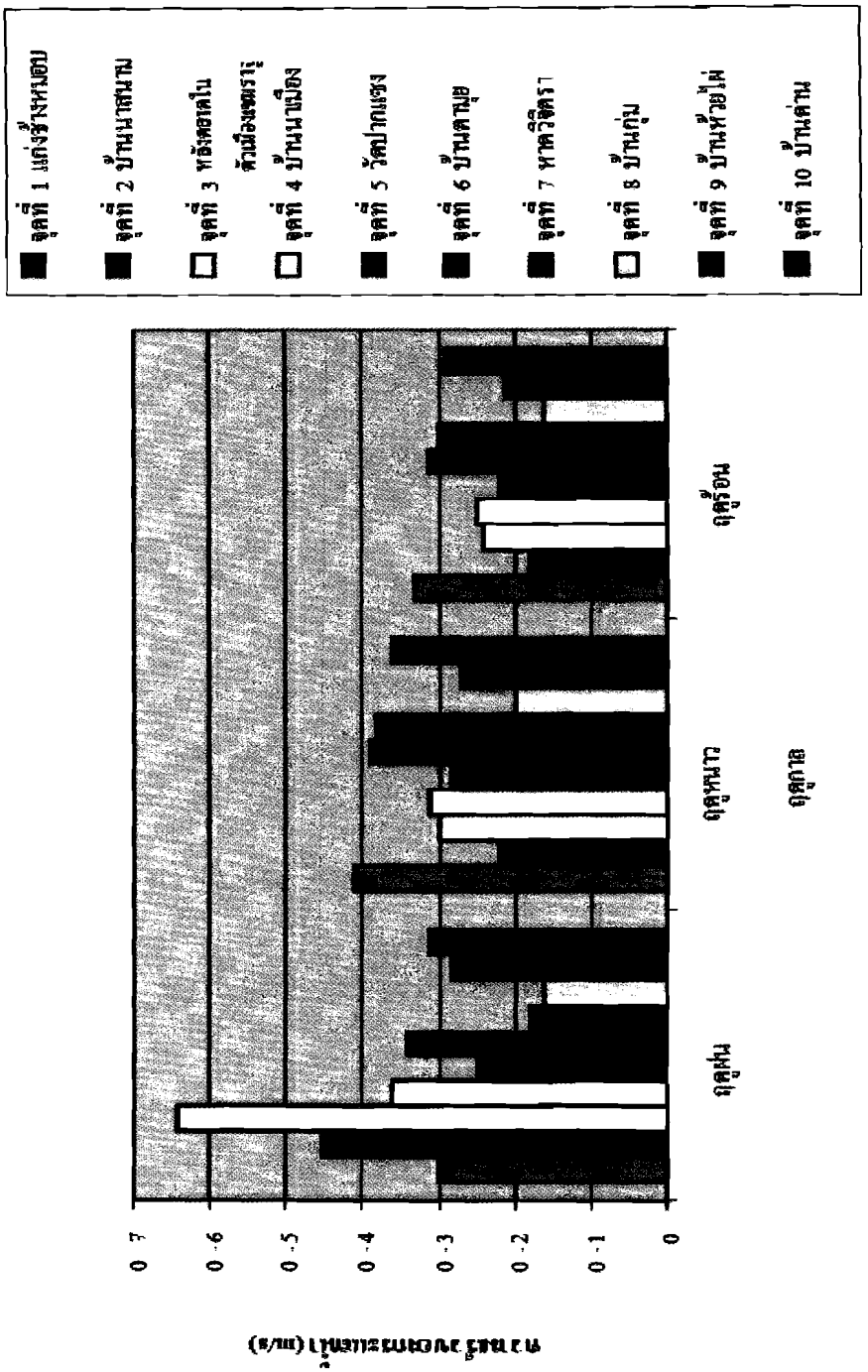
ภาพที่ 7 *อุณหภูมิน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



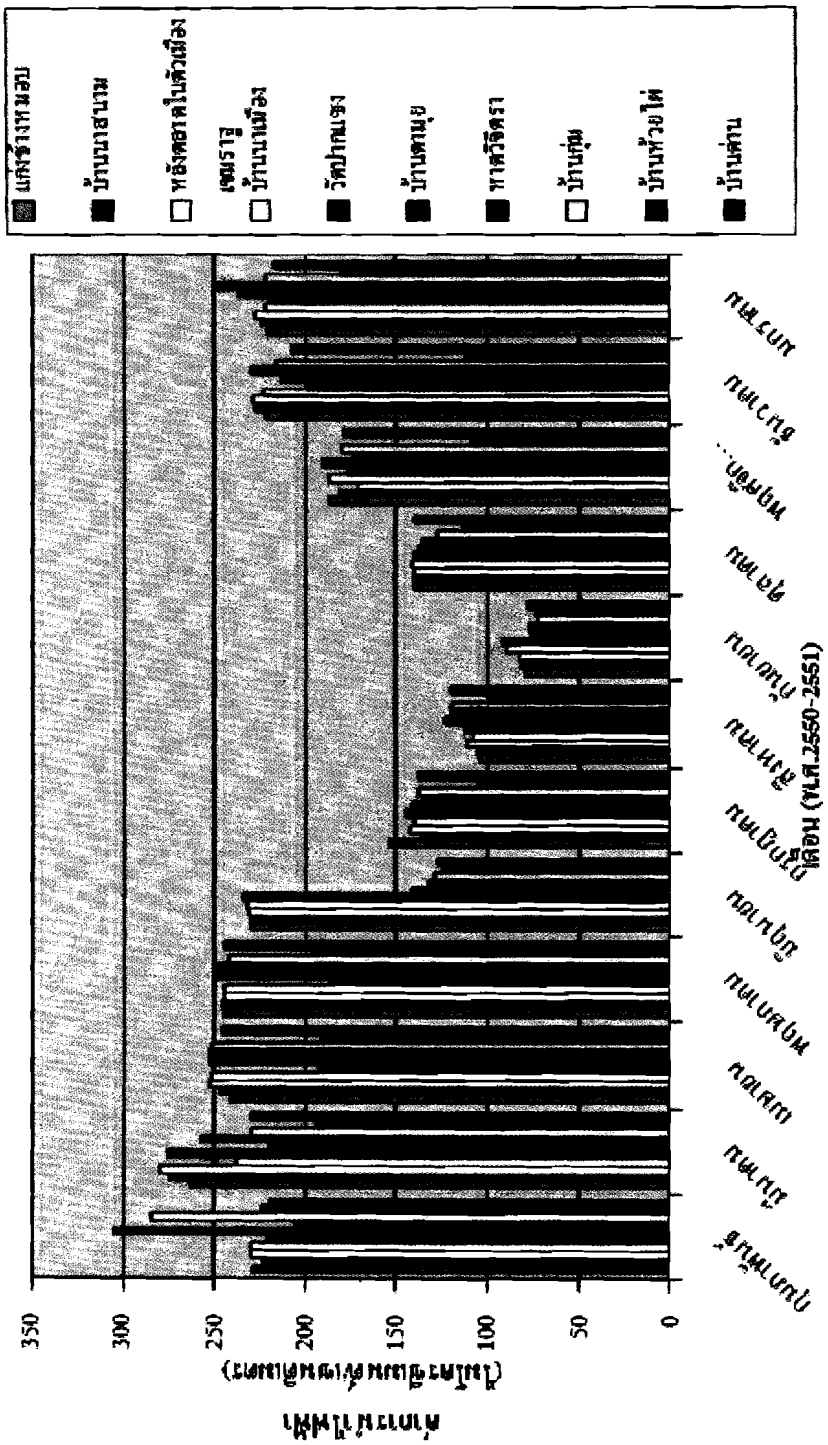
ภาพที่ 8 *ค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



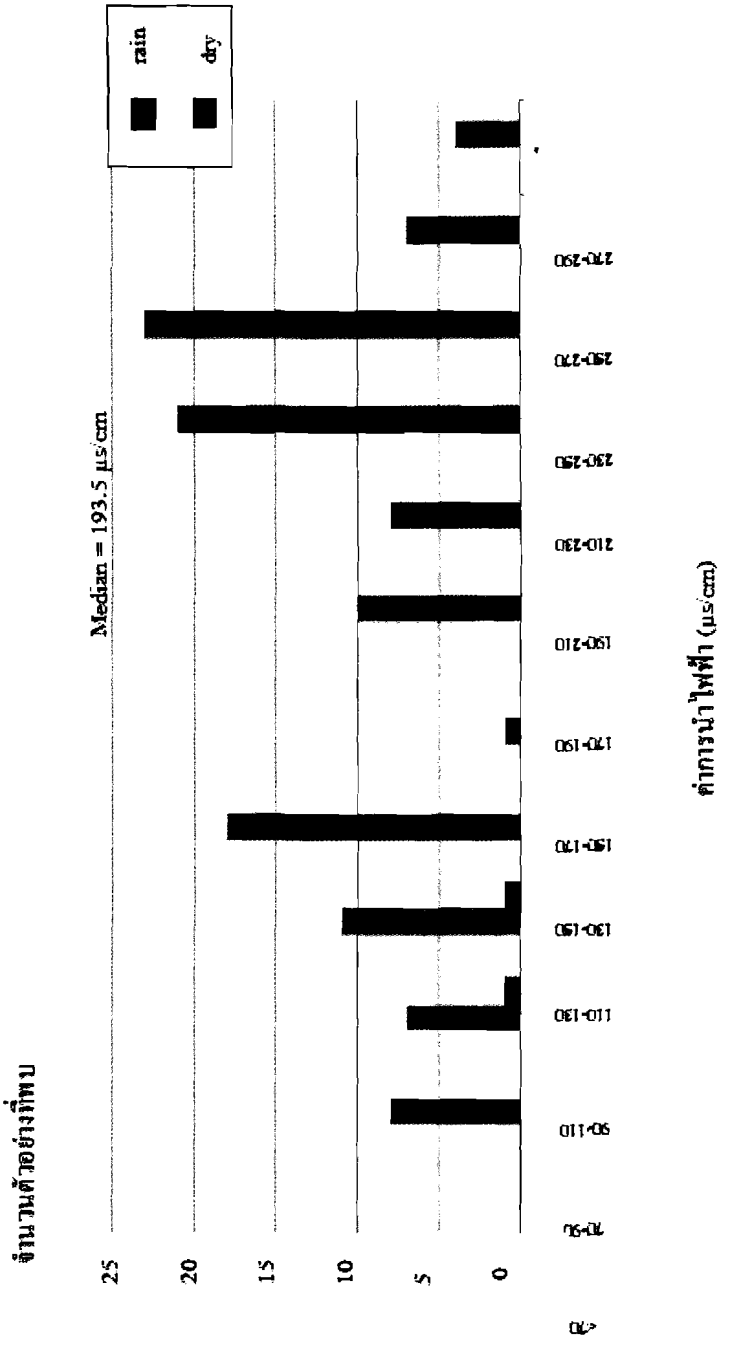
ภาพที่ *9 ค่าความลึกที่แสงส่องถึงของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



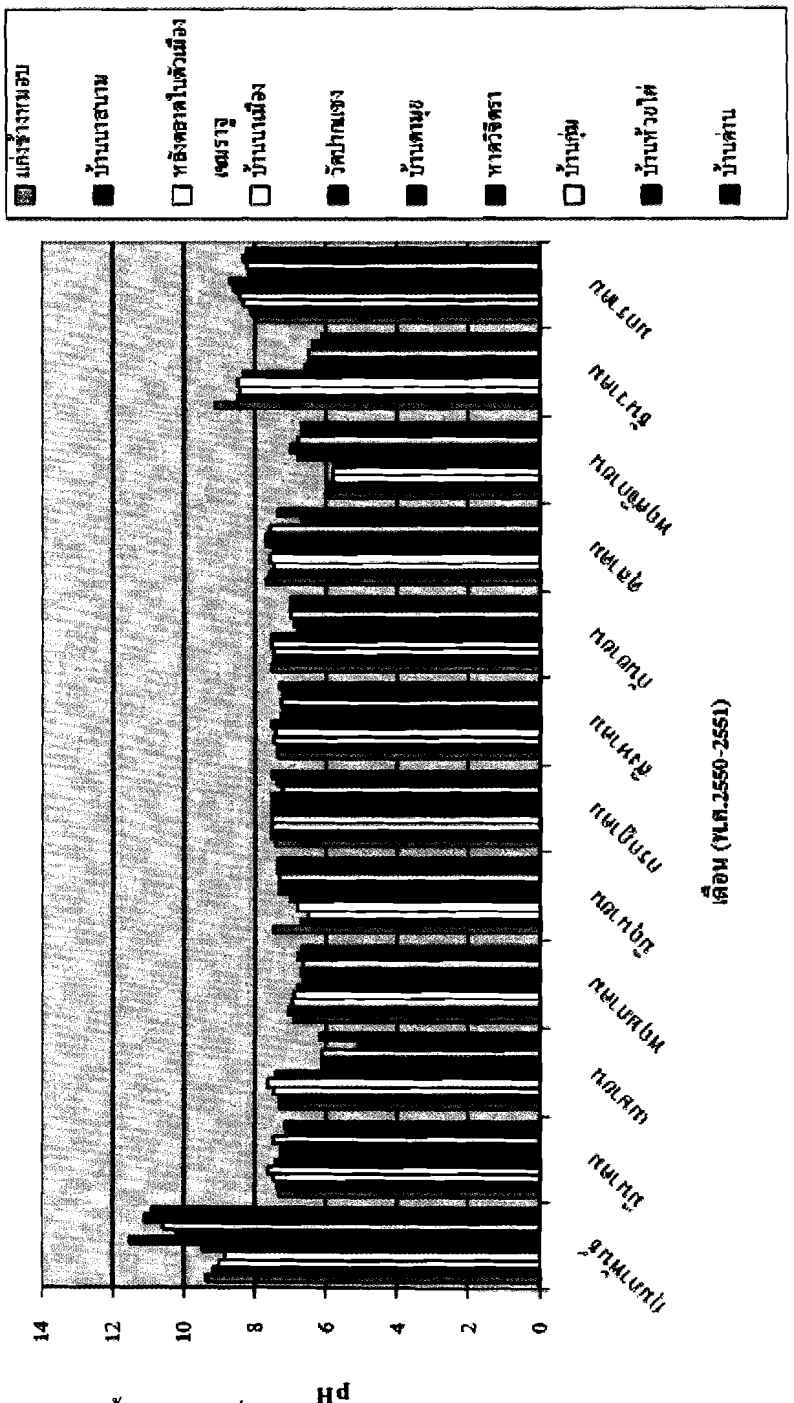
ภาพที่ 10 *ความเร็วของกระแสน้ำในแต่ละฤดูในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



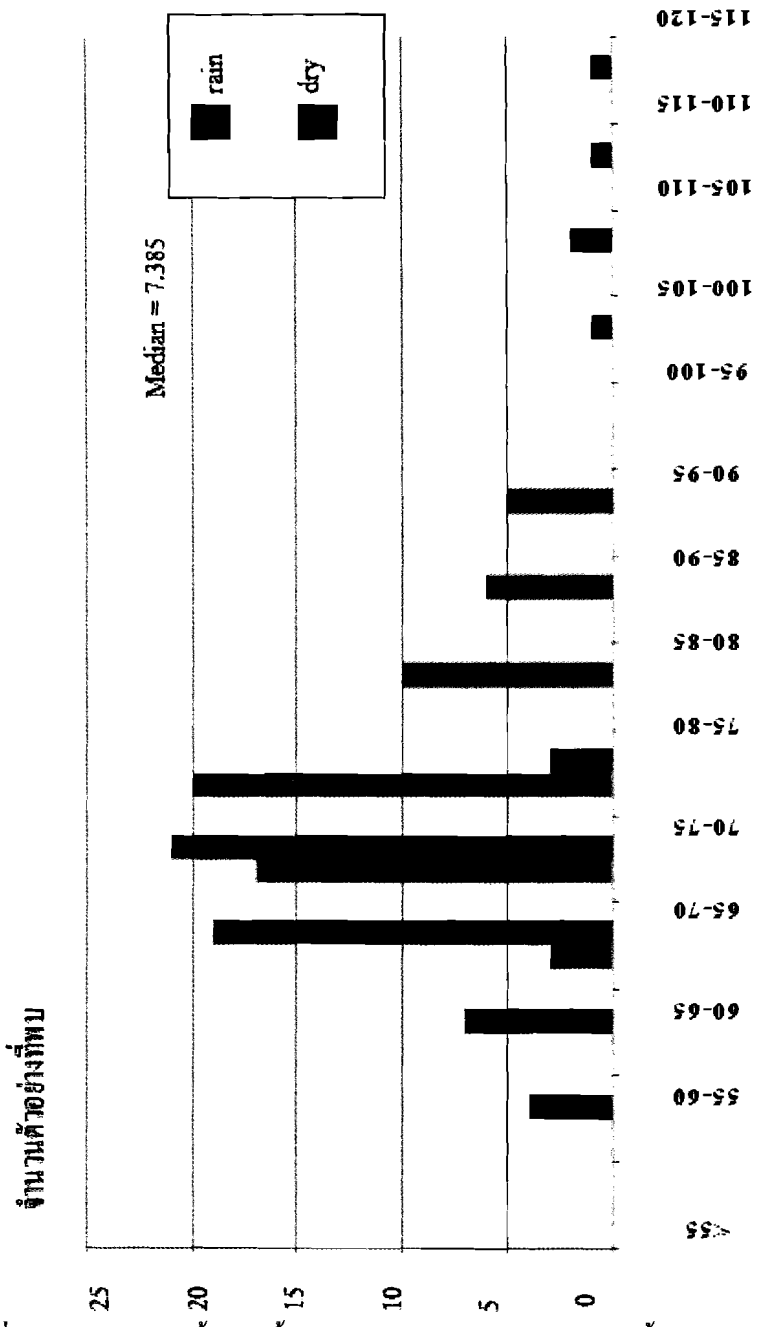
ภาพที่ 11 *ค่าการนำไฟฟ้าในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



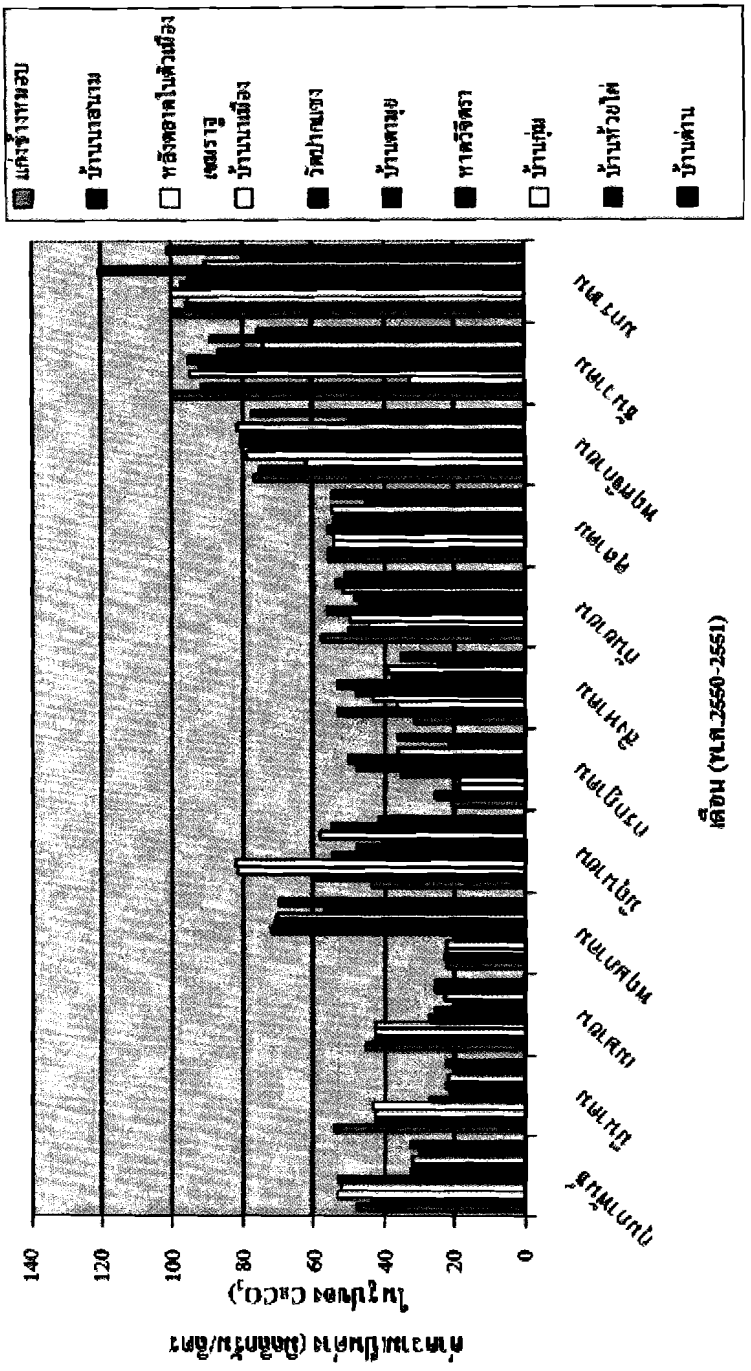
ภาพที่ 12 *ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งของแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



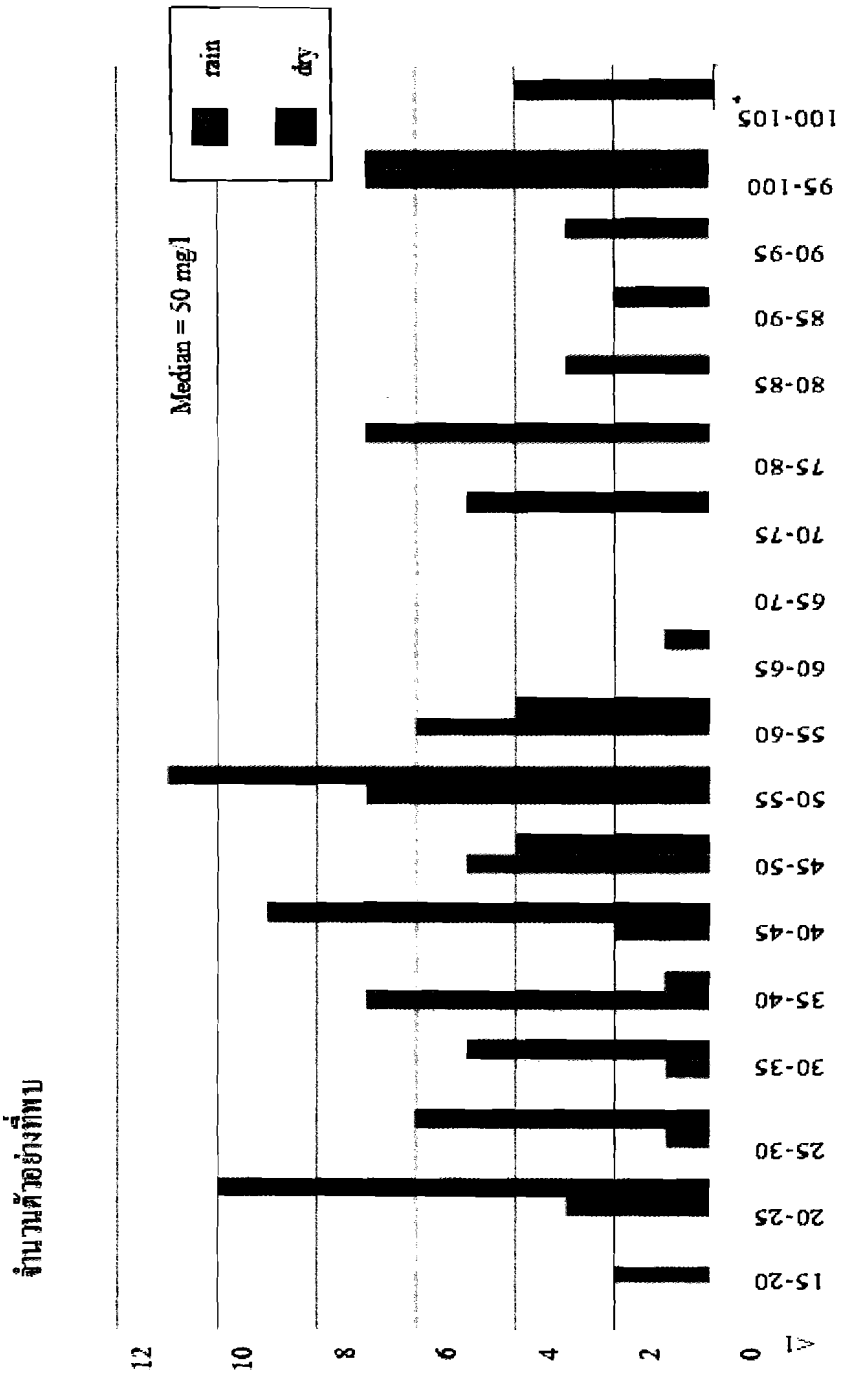
ภาพที่ 13 *ค่า pH ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



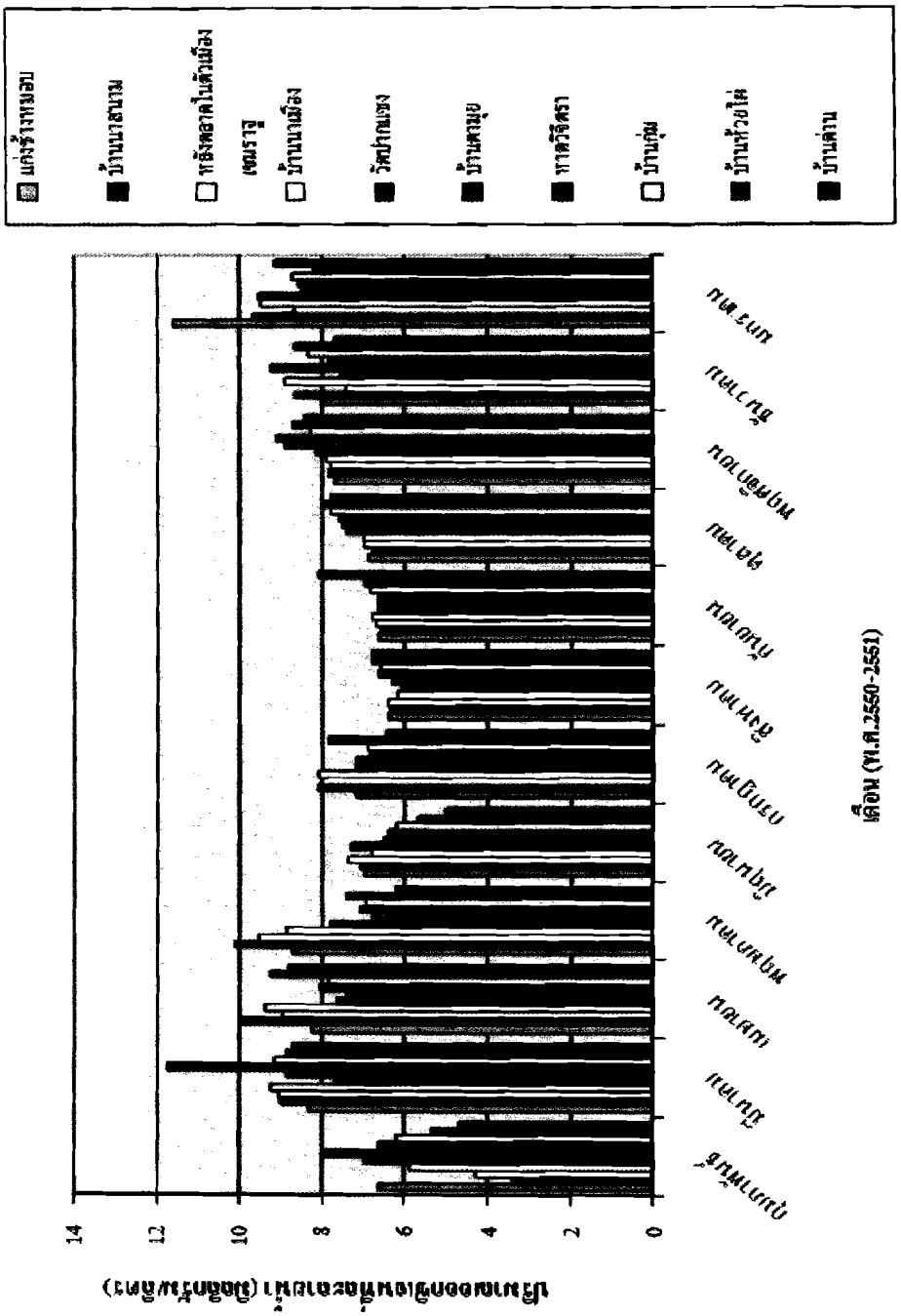
ภาพที่ 14 *ค่า pH ของน้ำของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งของในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือน มกราคม 2551*



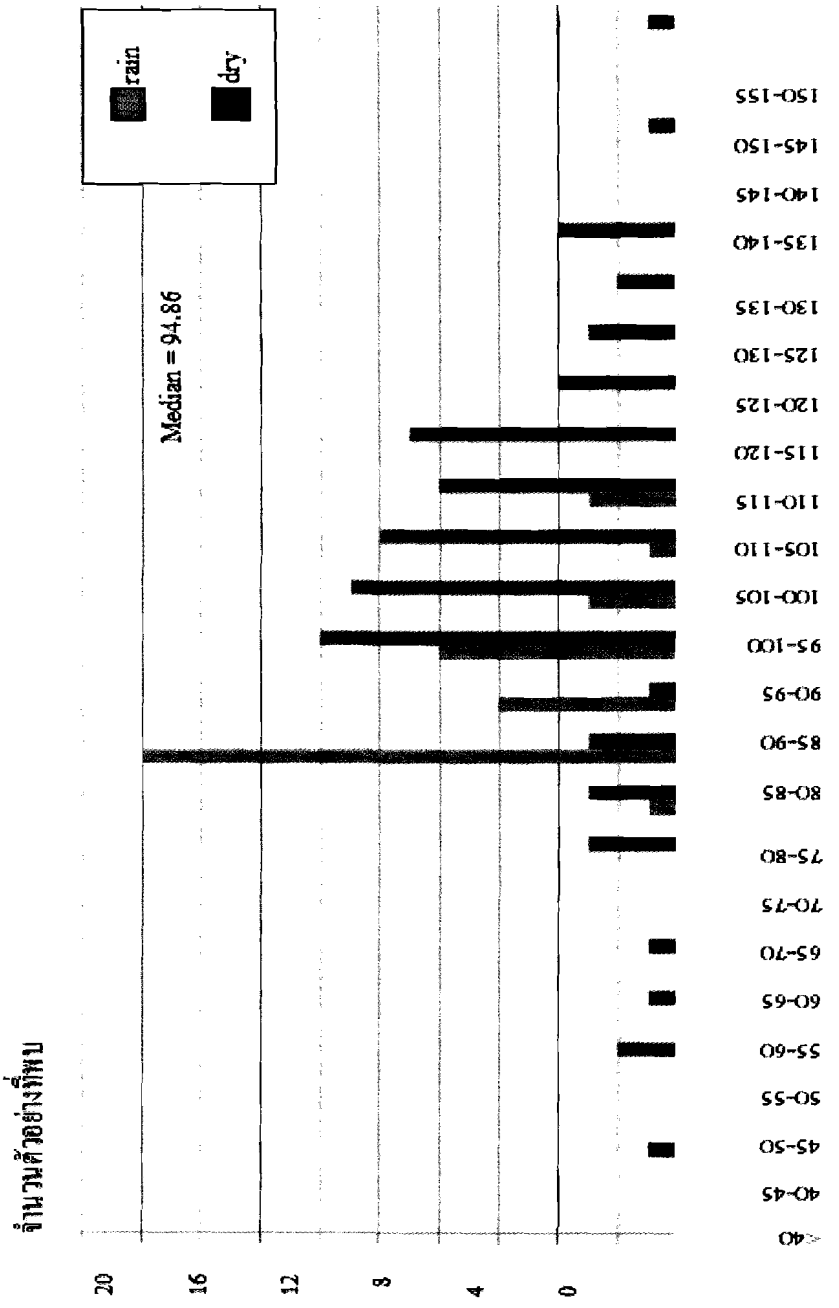
ภาพที่ 15 *ค่าความเป็นด่างในแม่น้ำโขงส่วนที่เป็นที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



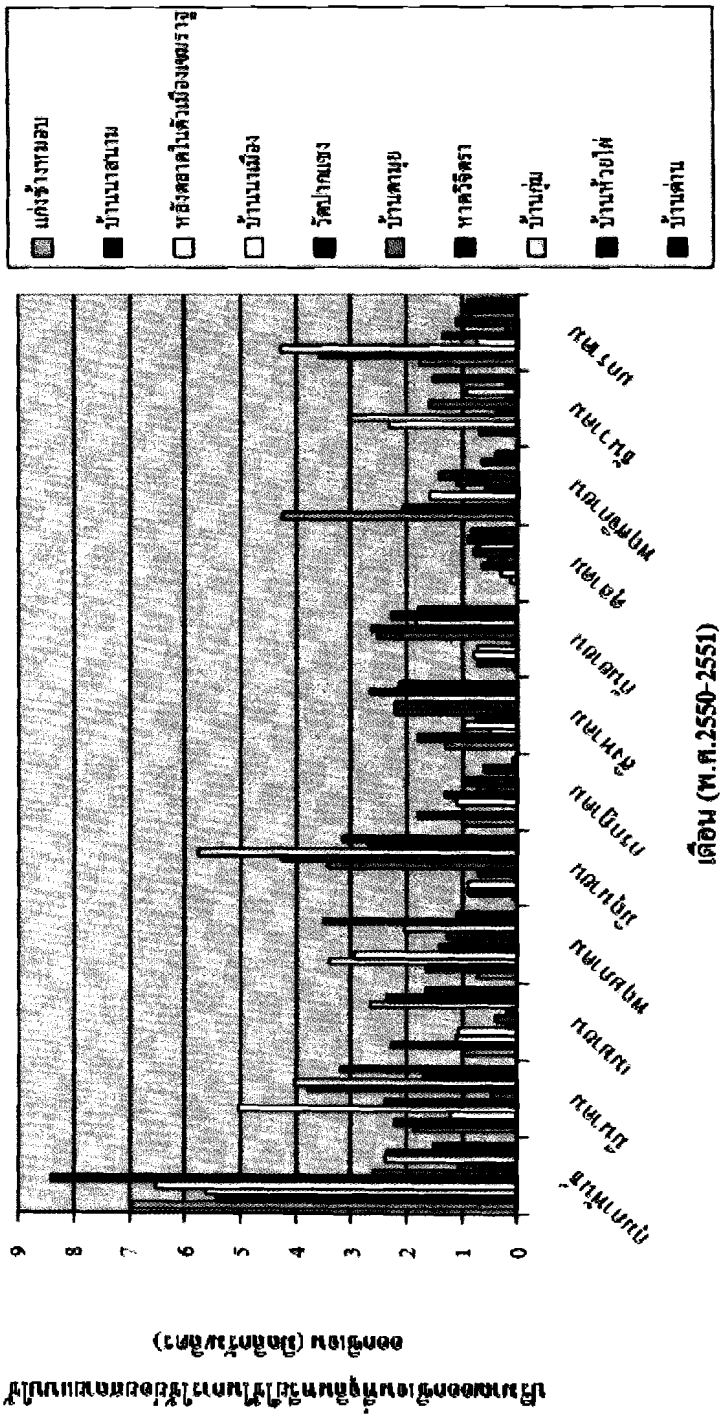
ภาพที่ 16 *ค่าความเป็นด่างของน้ำของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



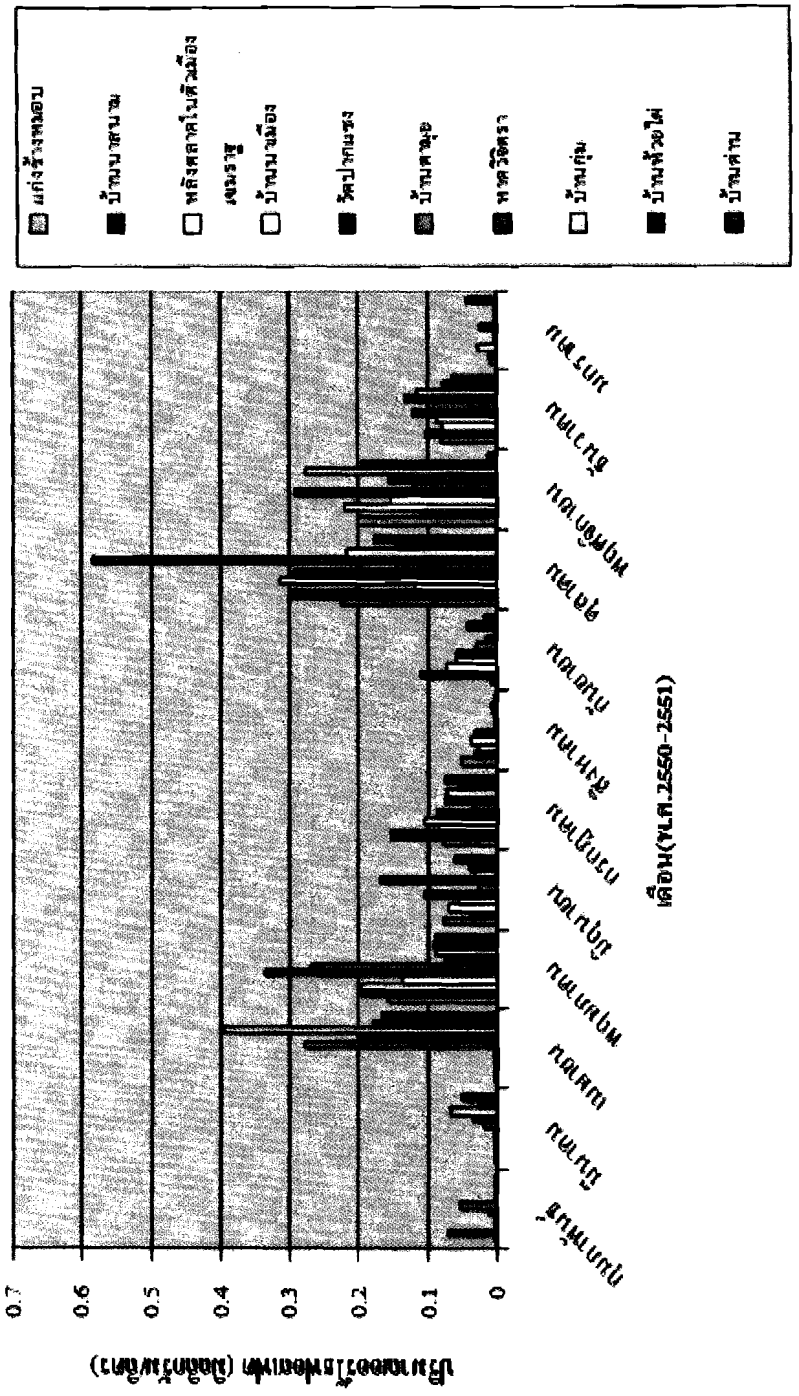
ภาพที่ 17 ค่า DO ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



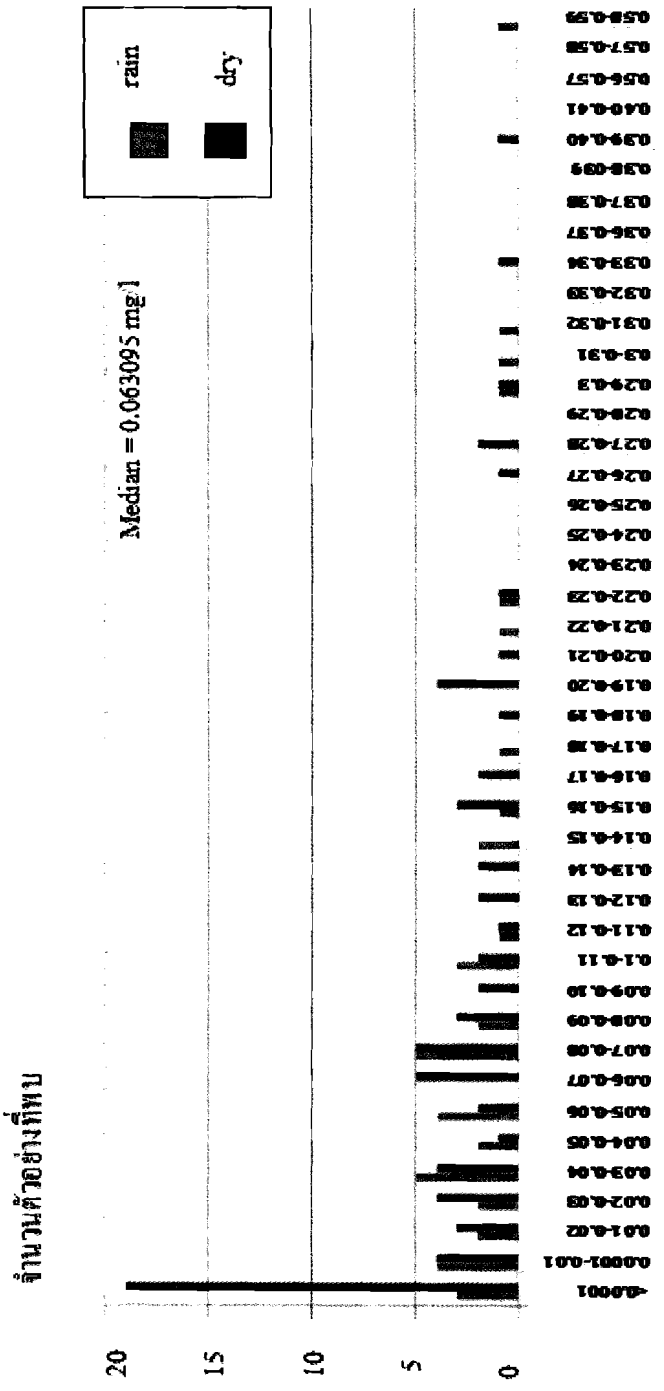
ภาพที่ 18 *เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของออกซิเจน (percent oxygen saturation) ในฤดูฝนและฤดูแล้ง แม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



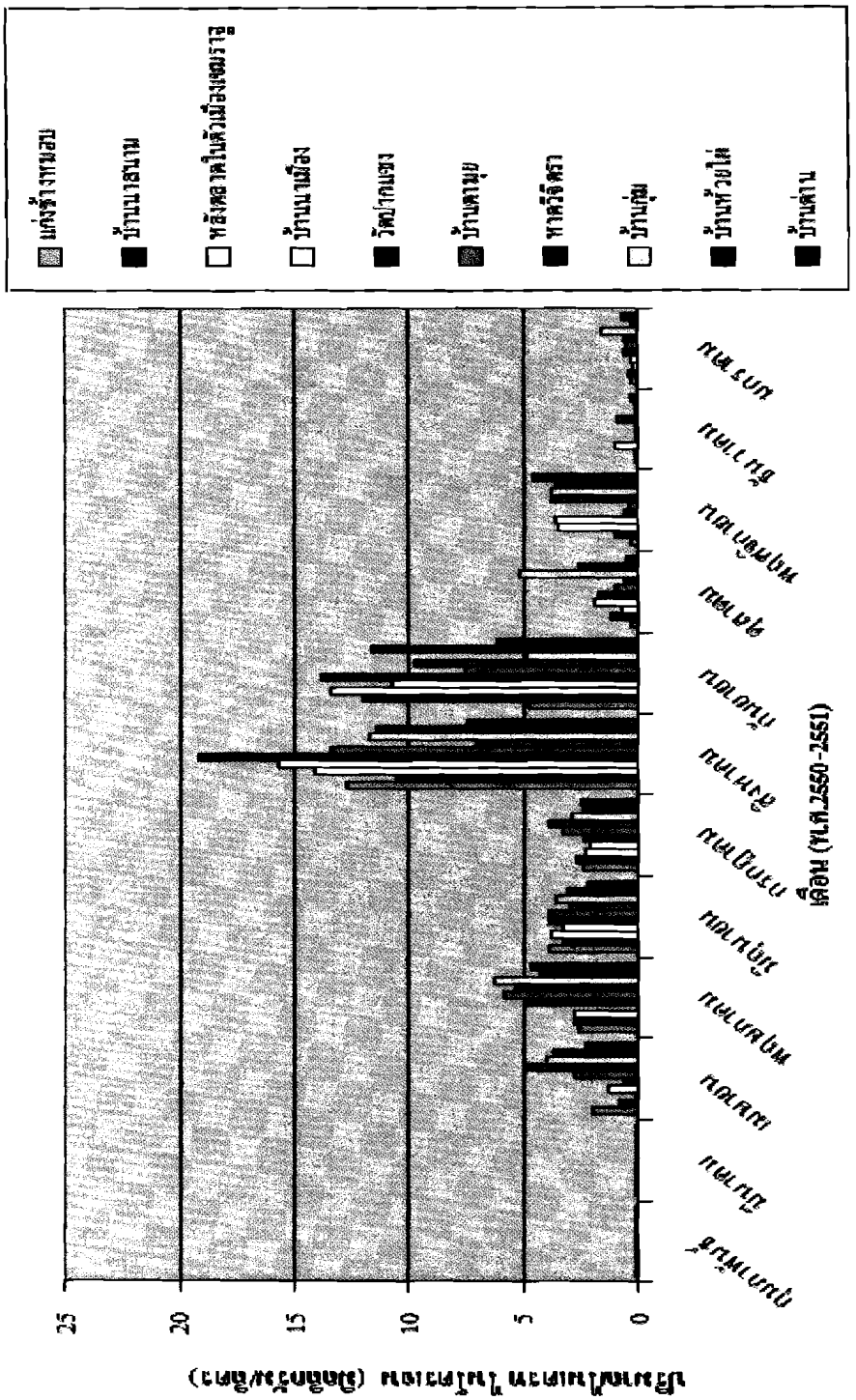
ภาพที่ 19 *ค่า BOD ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



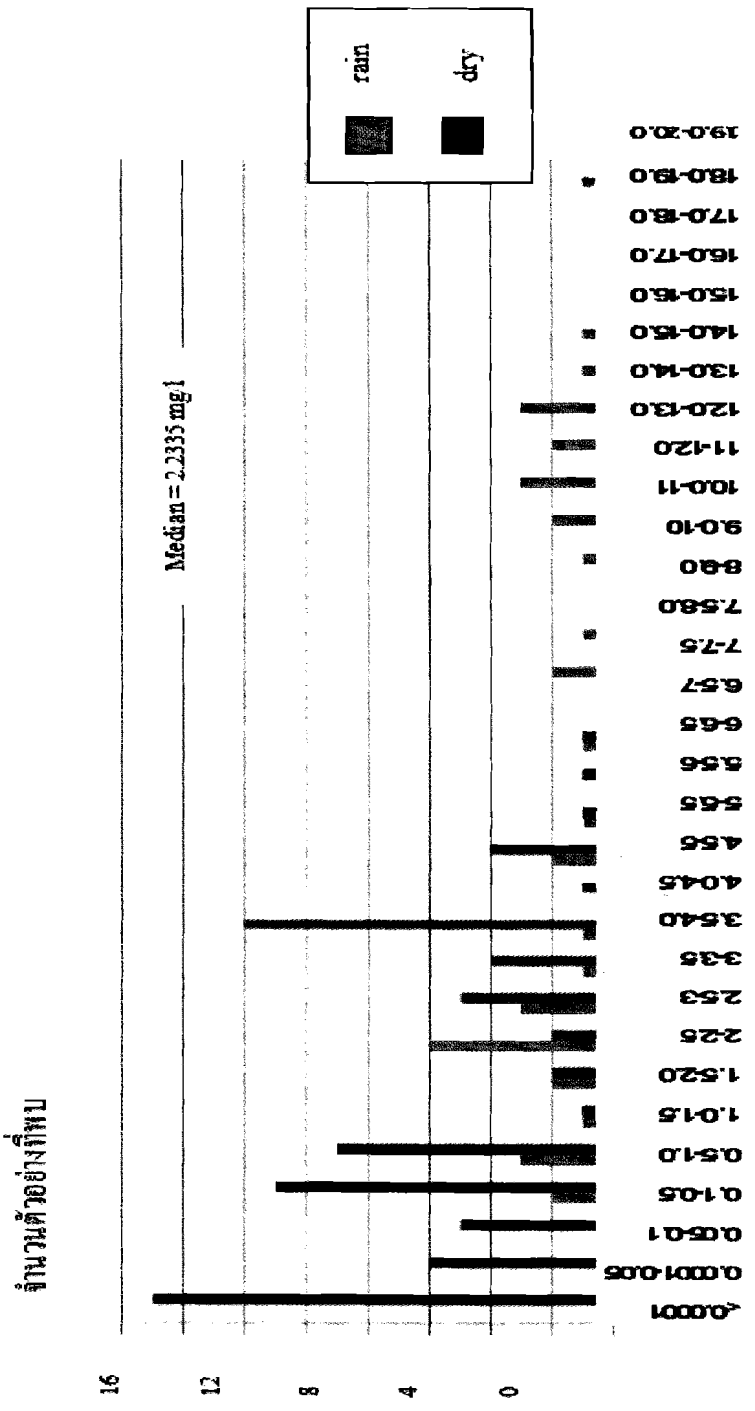
ภาพที่ 20 *ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



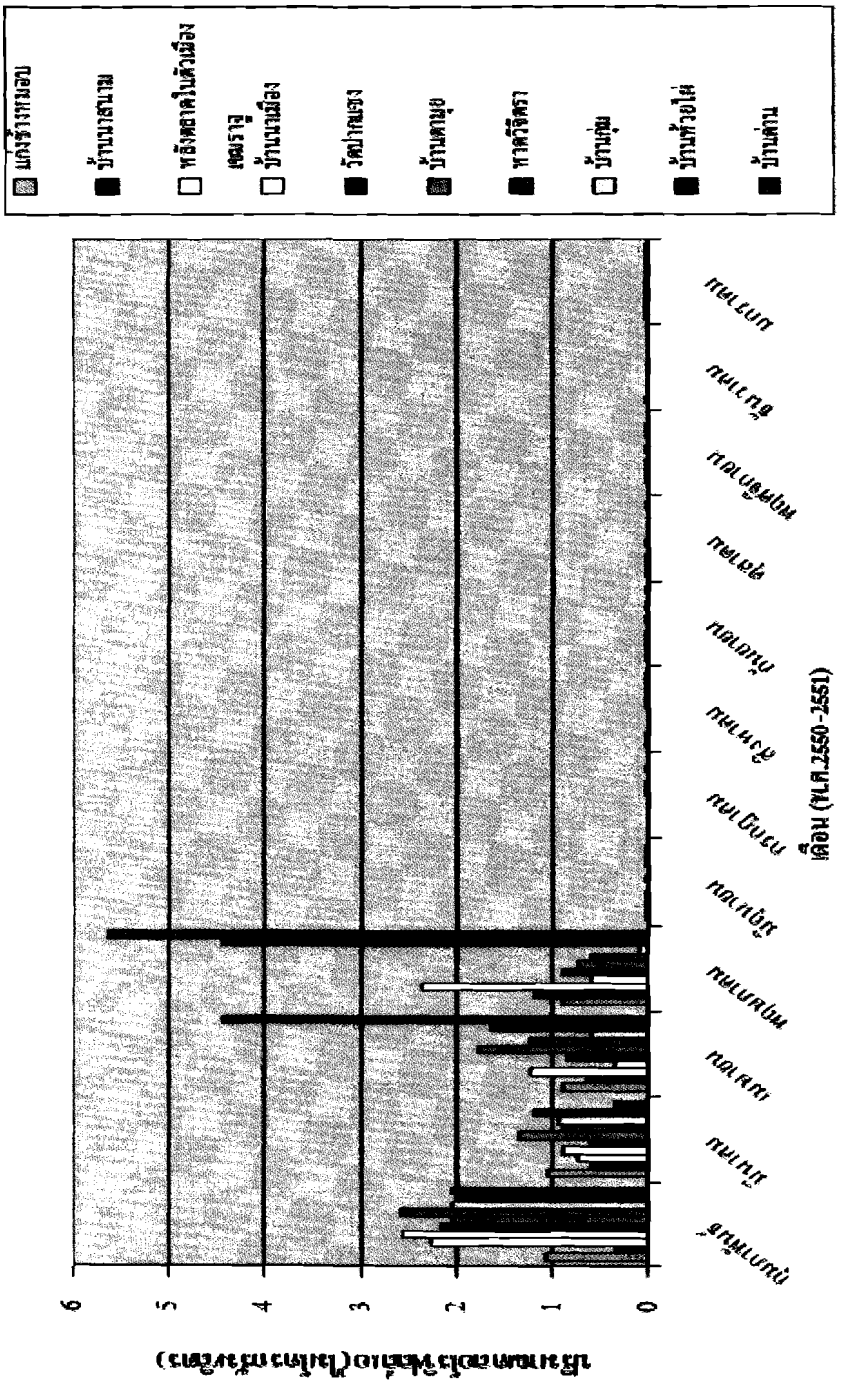
ภาพที่ 21 *ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขงในฤดูฝนและฤดูแล้ง ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



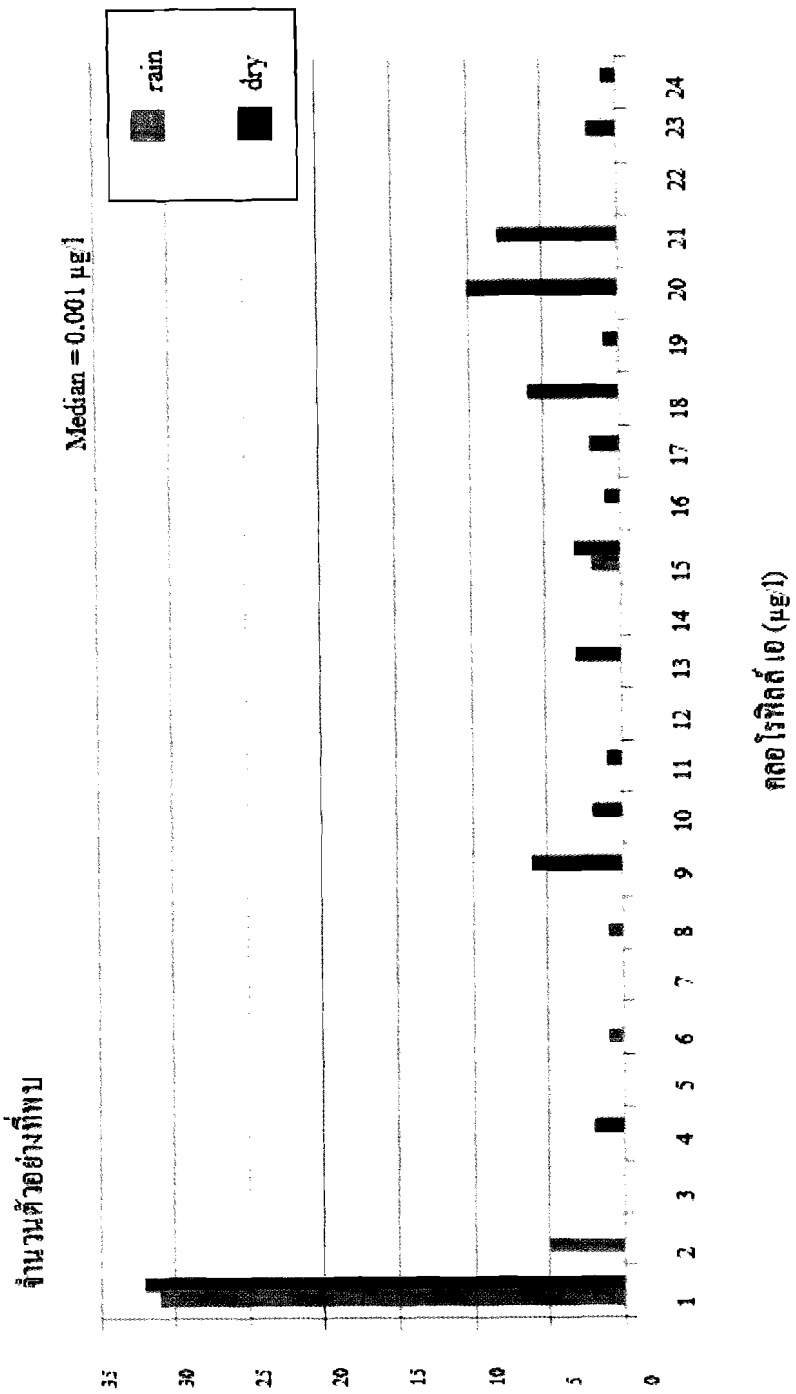
ภาพที่ 22 *ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



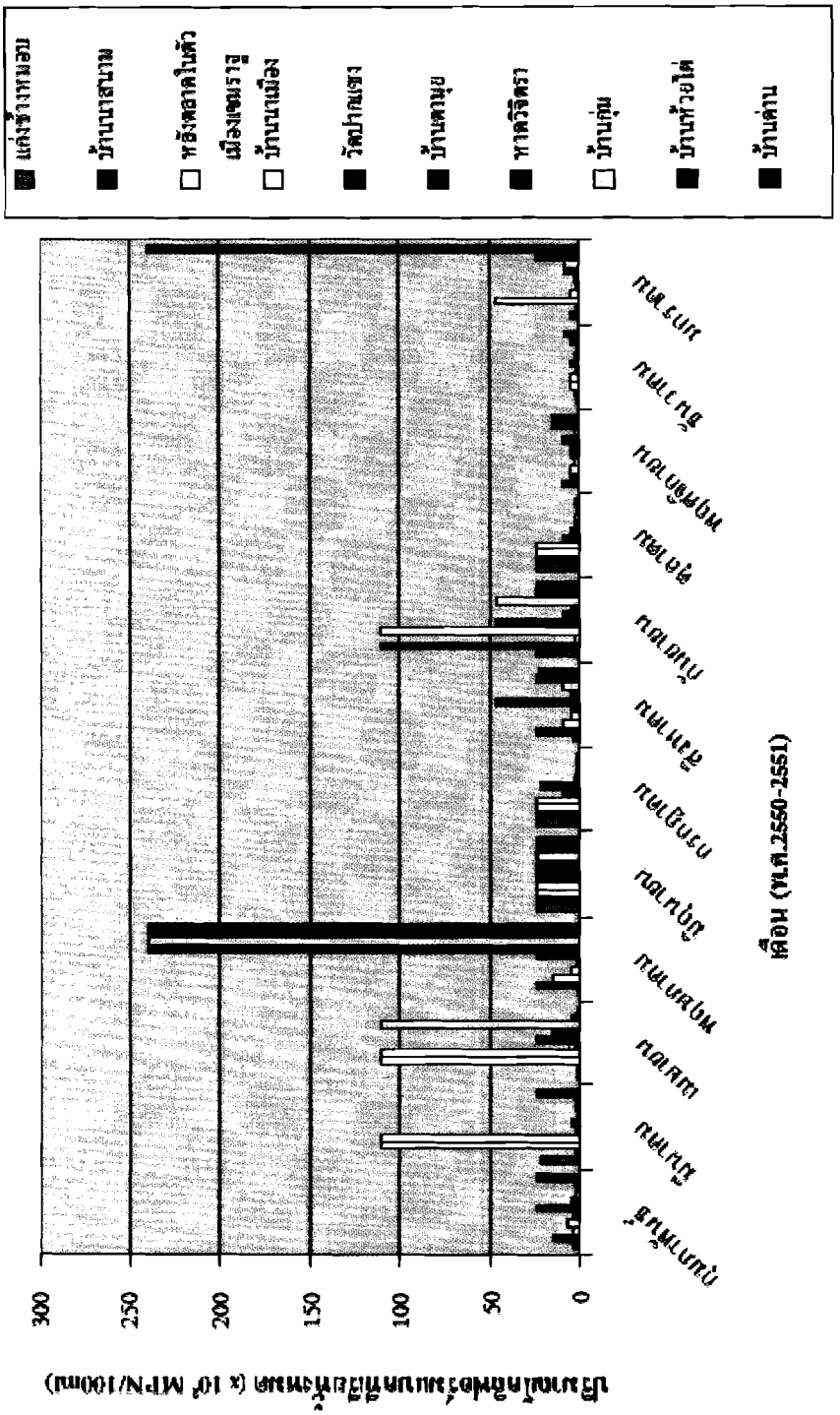
ภาพที่ 23 *ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน ของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือน มกราคม 2551*



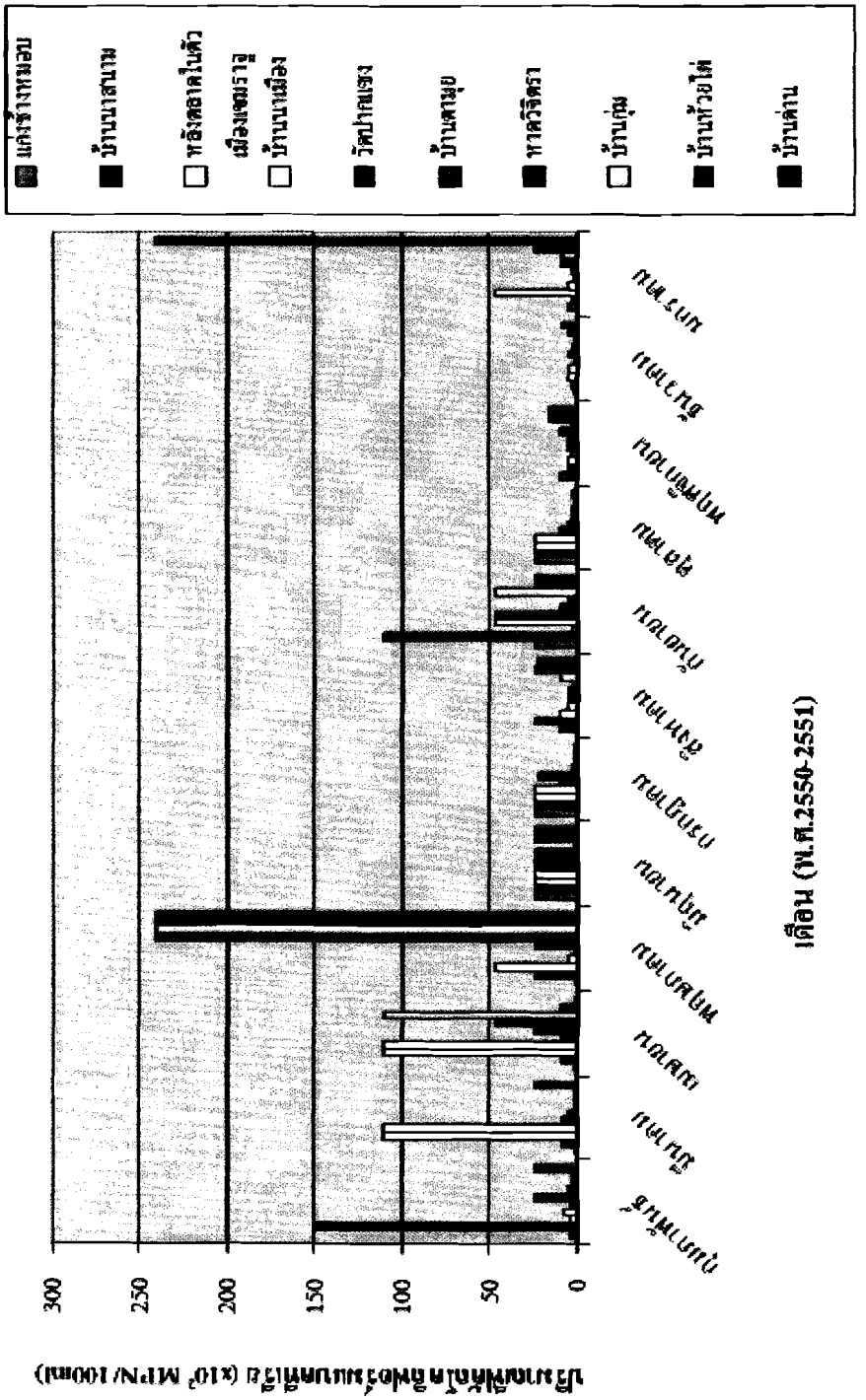
ภาพที่ 24 *ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



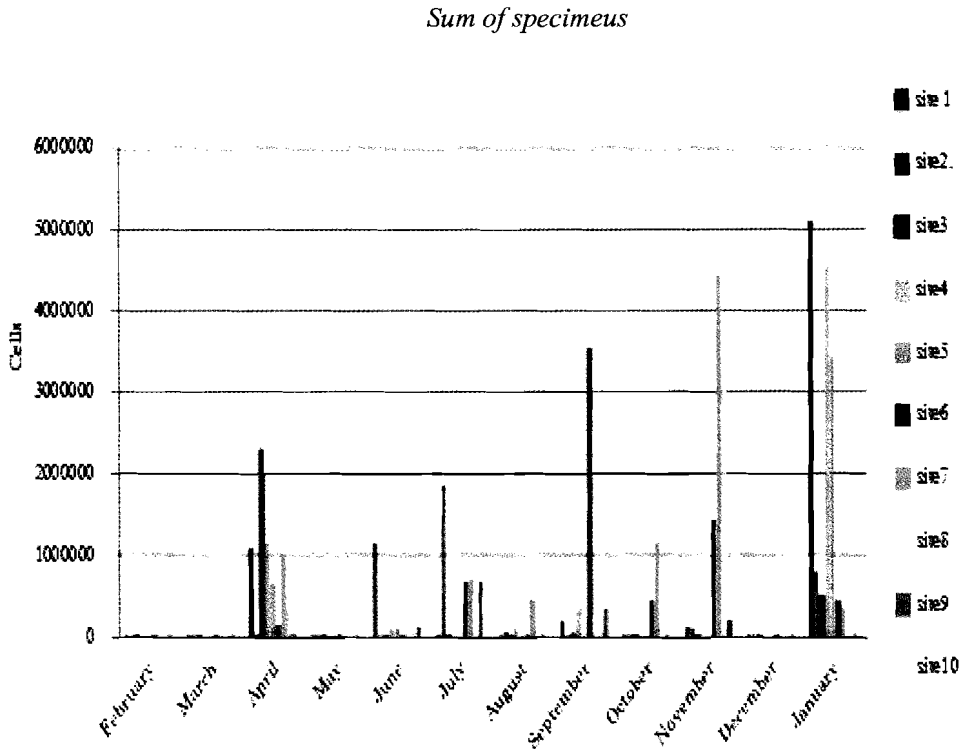
ภาพที่ 25 *ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



ภาพที่ 26 *ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



ภาพที่ 27 *ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551*



ภาพที่ 28 จำนวนไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมดที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือน มกราคม 2551

4.2 ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ

ไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบทั้งหมดตลอดการวิจัยในบริเวณ แก่งช้างหมอบ บ้านนาสนาม ท่าเรือหลังตลาดในตัวเมืองอำเภอเขมราฐ บ้านนาเมือง วัดปากแซง บ้านตามุย หาดวิจิตรา บ้านกุ่ม บ้านห้วยไผ่ และบ้านด่าน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมด 307 ชนิด เป็นไดอะตอมประเภท centric diatom 4 ชนิด และ pennate diatom 303 ชนิด (ตารางที่ 9) ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นที่พบในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ *Gomphonema lagenula* Kützing รองลงมาคือ *Navicula rostellata* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot, *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema pseudosphaerophorum* Kobayasi, *Pinnularia subcapitata* Gregory, *Amphora montana* Krasske, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller, *Nitzschia filiformis* (W. Smith) Hustedt, *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot และ *Gomphonema* sp.2 (?nov.) UBU-MK3 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ในช่วงปลายฤดูฝนต่อกับต้นฤดูหนาวพบว่ามีการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำมากที่สุด โดยเดือนที่พบการเจริญมากที่สุดคือเดือนมกราคม รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายน (ภาพที่ 23) ทั้งนี้เพราะในช่วงเวลาดังกล่าวมีการไหลของกระแสน้ำช้าลง และน้ำเริ่มใสมากขึ้น ปริมาณแสงที่ส่องถึงพื้นท้องน้ำมีความเหมาะสม และแหล่งน้ำได้รับสารอาหารจากการชะล้างปุ๋ยคอกจากบริเวณริมฝั่งจึงทำให้เกิดสภาวะที่เอื้อต่อการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำได้ดี ในทางกลับกันในฤดูฝนซึ่งกระแสน้ำไหลเชี่ยวมาก และมีความขุ่นสูง ปริมาณแสงส่องถึงพื้นท้องน้ำต่ำ จึงทำให้ไดอะตอมพื้นท้องน้ำเจริญได้ไม่ดีในฤดูฝน (ภาพที่ 23)

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
Division Bacillariophyta	
Order Centrales	
Family Melosiraceae	
	Aulocoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen
	Melosira varians C. Agardh
Family Thalassiosiraceae	
	Cyclotella meneghiniana F.T. Kützing
	Cyclotella stelligera Cleve & Grunow
Order Pennales	
Family Fragilariaceae	
	Asterionella formosa Hassall
	Diatoma ehrenbergii Kützing
	Diatoma hyemalis (Roth) Heiberg
	Diatoma vulgaris Bory
	Fragilaria biden Heiberg
	Fragilaria capucina var. *gracilis* (Oestrup) Hustedt
	Fragilaria capucina var. *mesolepta* (Rabenhorst) Rabenhorst
	Fragilaria capucina sensu lato
	Fragilaria construens f. *venter* (Ehrenberg) Hustedt
	Fragilaria famelica (Kützing) Lange-Bertalot
	Fragilaria fasciculata (Agardh.) Lange-Bertalot
	Fragilaria goulrodii (Brébisson) Lange-Bertalot
	Fragilaria lapponica Grunow
	Fragilaria nanana Lange-Bertalot
	Fragilaria pinnata Ehrenberg

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Fragilaria pulchella (Ralf ex Kützing) Lange-Bertalot
	Fragilaria sp.1
	Fragilaria sp.2
	Fragilaria subsalina (Grunow) Lange-Bertalot
	Fragilaria ulna var. *acus* (Kützing) Lange-Bertalot
	Fragilaria vaucheriae (Kützing) Petersen
	Fragilaria vivescens Ralfs
	Synedra ungeriana var. *pseudogaillonii* (H. Kobayasi et Idei)
Family Eunotiaceae	
	Eunotia arcus Ehrenberg
	Eunotia crista-galli Cleve
	Eunotia exigua (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst
	Eunotia monodon var. *tropica* Hustedt
	Eunotia muscicola Krasske var. *muscicola*
	Eunotia pectinalis var. *undulata* (Ralf) Rabenhorst
	Eunotia tenella (Grunow) Hustedt
	Eunotia cf. *tschirchiana* O. Müller
Family Achnanthaceae	
	Achnanthes crenulata Grunow
	Achnanthes deflexa Patrick in Patrick & Reimer
	Achnanthes exigua Grunow
	Achnanthes cf. *eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-bertalot
	Achnanthes holstii Cleve
	Achnanthes inflata (Kützing) Grunow
	Achnanthes lanceolata spp. *biporoma* (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Achnanthes minutissima var. *affinis* (Carter) Lange-Bertalot
	Achnanthes minutissima Kützing
	Achnanthes oestrupii (Cleve-Euler) Hustedt var. *oestrupii*
	Achnanthes robusta var. *robusta* Hustedt
	Achnanthidium minutissimum var.
	Achnanthes ventralis (Krasske) Lange-Bertalot
	Achnanthidium minutissimum var. *minutissimum* (Kützing) Czarnecky
	Cocconeis placentula Ehrenberg
	Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Round & L.Bukhtiyarova
Family Naviculaceae	
	Amphora copulata (Kützing) Schoeman & Archibald
	Amphora cf. *delicatissima* Krasske
	Amphora inariensis Krammer
	Amphora libyca Ehrenberg
	Amphora montana Krasske
	Amphora pediculus (Kützing) Grunow
	Amphora submontana Hustedt
	Anomoeoneis brachysira (Brébisson) Grunow
	Caloneis molaris (Grunow) Krammer
	Craticula cuspidata (Kutzing) D.G.Mann
	Craticula halophila (Grunow) D.G.Mann
	Craticula sp.1
	Diploneis elliptica (Kützing) Cleve
	Diploneis marginestriata Hustedt
	Diploneis parma Cleve

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Diploneis sp.1 (?nov.) spec.
	Diploneis subovalis Cleve
	Frustulia amosseana Lange-Bertalot
	Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni
	Frustulia saxonica Rabenhorst
	Frustulia sp.1
	Frustulia weinholdii Hustedt
	Geissleria decussis (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin
	Geissleria similis (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin
	Geissleria sp. UBU-MK1
	Gomphonema acuminatum Ehrenberg
	Gomphonema augur var. *sphaerophorum* (Ehrenberg) Grunow
	Gomphonema augur var. *turris* (Ehrenberg) Lang-Bertalot
	Gomphonema bavaricum Reichardt & Lange-Bertalot
	Gomphonema clavatum Ehrenberg
	Gomphonema clevei var. *javanica* Hustedt
	Gomphonema aff. *entoleum* Oestrup
	Gomphonema gracile Ehrenberg
	Gomphonema gracile f. *turris* Hustedt
	Gomphonema insigne Gregory
	Gomphonema lagenula Kützing
	Gomphonema minutiforme Lange-Bertalot & Reichardt
	Gomphonema minutum (C.Agardh) C.Agardh
	Gomphonema olivaceum var.*olivaceolacuum* Lange Bertalot&Reichardt
	Gomphonema parvulum var. *exilissimum* Grunow
	Gomphonema parvulum var. *parvulius* Lange-Bertalot & Reichardt

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Gomphonema pseudoaugur Lange-Bertalot
	Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot
	Gomphonema sp.1 UBU-MK2
	Gomphonema sp.2 UBU-MK3
	Gomphonema sp.3
	Gomphonema sp.4
	Gomphonema sp.5
	Gomphonema sp.6
	Gomphonema subclavatum (Grunow) Grunow
	Gomphonema tergestinum f. *subrostrata* E. E. Manguin
	Gomphonema truncatum Ehrenberg
	Gyrosigma scalproides (Rabenhorst) Cleve
	Gyrosigma spencerii (Quekett) Griffith & Herfre
	Luticola goeppertiana (Bleisch) D. G. Mann
	Luticola cf. *monita* (Hustedt) Mann
	Luticula nivalis (Ehrenberg) D.G.Mann in Round, Crawford & Mann
	Luticola peguana (Grunow) D.G. Mann
	Luticola saxophila (W. Bock) D. G. Mann
	Navicula aquaedurae Lange-Bertalot
	Navicula angusta Grunow
	Navicula begerii Krasske
	Navicula canoris M. H. Hohn & Hellerman
	Navicula cantonatii Lange-Bertalot
	Navicula capitatoradiata Germain
	Navicula caractacus M. H. Hohn & Hellerman
	Navicula cataractarheni Lange-Bertalot

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Navicula catalanogermanica Lange-Bertalot & Hofman
	Navicula contenta Grunow
	Navicula cryptocephala Kützing
	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot
	Navicula cryptotenelloides Lange-Bertalot
	Navicula declevis Hustedt
	Navicula densilineolata (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot
	Navicula dicephala (Ehrenberg) W. Smith
	Navicula elginensis (W.Gregory) Ralfs
	Navicula erifuga Lange-Bertalot
	Navicula escambia (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot
	Navicula expecta Vanlandingham
	Navicula germainii Wallace
	Navicula gottlandica Grunow
	Navicula halophila (Grunow) Cleve
	Navicula heimansoides Lange-Bertalot
	Navicula hintzii Lange-Bertalot
	Navicula humerosa Brébisson ex W. Smith
	Navicula kotschyi Grunow
	Navicula krasskei Hustedt
	Navicula lanceolata (C. Agardh) Kützing
	Navicula leptostriata Jorgensen
	Navicula mediocris Krasske
	Navicula menisculus var. *grunowii* Lange-Bertalot
	Navicula menisculus Schumann
	Navicula nivaloides Bock

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Navicula notha Wallace
	Navicula oppugnata Hustedt
	Navicula parablis Hohn & Hellerman
	Navicula phyllepta Kützing
	Navicula pseudosilicula Hustedt
	Navicula pupula Kützing
	Navicula pusio Cleve
	Navicula radiosafallax Lange-Bertalot
	Navicula recens Lange-Bertalot
	Navicula reichardtiana var. *crassa* Lange-Bertalot & Hofmann
	Navicula rhynchocephala Kützing
	Navicula rhynchotella Lange-Bertalot
	Navicula rostellata Kützing
	Navicula seibigii Lange-Bertalot
	Navicula simulata Manguin
	Navicula sp.1
	Navicula sp.2
	Navicula sp.3
	Navicula sp.4
	Navicula sp.5
	Navicula sp.6
	Navicula striolata (Grunow) Lange-Bertalot
	Navicula subadnata Hustedt
	Navicula tripunctata (O. F. Muller) Bory
	Navicula trivialis Lange-Bertalot
	Navicula upsaliensis (Grunow) Peragallo
	Navicula viridula var. *linearis* Hustedt

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Naviculadicta nanogomphonema Lange-Bertalot & U.Rumrich
	Naviculadicta sp.
	Neidium cf. *affine* var. *humerus* Reimer
	Neidium amphiatum (Ehrenberg) Krammer
	Neidium binodeforme Krammer
	Neidium cf. *dubium* (Ehrenberg) Cleve
	Neidium hitchcockii (Ehrenberg) Cleve
	Neidium iridis (Ehrenberg) Cleve
	Neidium productum (W. Smith) Cleve
	Neidium sp.1
	Neidium sp.2
	Neidium sp.3
	Neidium sp.4
	Neidium sp.5
	Pinnularia acrosphaeria W. Smith var. *acrosphaeria*
	Pinnularia bourrellyi E. E. Manguin
	Pinnularia brebissonii var. *acuta* Cleve-Euler
	Pinnularia divergentissima (Grunow) Cleve var. UBU-MK5
	Pinnularia emilia var. spec
	Pinnularia grunowii Krammer
	Pinnularia latarea var. *thermophila* Krammer
	Pinnularia maior (Kützing)Rabenhorst
	Pinnularia microstauron (Ehrenberg) Cleve
	Pinnularia cf. *microstauron* var. *rostrata* Krammer
	Pinnularia polyonca (Brébisson) W. Smith
	Pinnularia schimanskii Krammer
	Pinnularia stricta Hustedt 1934

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Pinnularia subcapitata Gregory
	Pinnularia subrostrata (A. Cleve) Cleve Euler
	Placoneis bengalensis Grun
	Placoneis clementis (Grunow) E.J. Cox
	Placoneis constans (Hustedt) E.J.Cox
	Placoneis constans var. *symmetrica* (Grunow) Cox
	Placoneis gastrum (Ehrenberg) Mereschkovsky
	Placoneis sp.1
	Placoneis sp.2
	Placoneis sp.3
	Placoneis subplacentula Hustedt
	Sellaphora bacillum (Ehrenberg) D.G.Mann
	Sellaphora cf. *bisulcatum*
	Sellaphhora chiangmainensis
	Sellaphora cf. *gibbula* Lange-Bertalot
	Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowsky
	Seminavis strigosa (Hustedt) Danieledis & Economou-Aneilli
	Stauroneis anceps Ehrenberg
	Stauroneis smithii Grunow
Family Bacillariaaceae	
	Bacillaria paxillifer (O.F.Müller) T.Marsson
	Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg
	Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow
	Hantzschia distinctepunctata (Hustedt) Hustedt
	Nitzschia amphibia Grunow
	Nitzschia amphibia f. *rostrata* Hustedt
	Nitzschia calida Grunow

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Nitzschia capitellata Hustedt
	Nitzschia clausii Hantzsch
	Nitzschia dealpina Lange-Bertalot & Hofmann
	Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow
	Nitzschia diversa Hustedt
	Nitzschia draveillensis Coste & Ricard
	Nitzschia elegantula Grunow
	Nitzschia filiformis (W. Smith) Van Heurck
	Nitzschia fonticola Grunow
	Nitzschia heufleriana Grunow
	Nitzschia intermedia Hantzch ex Grunow
	Nitzschia levidensis (W. Smith) Grunow
	Nitzschia liebetruthii Rabenhorst
	Nitzschia littoralis Grunow
	Nitzschia microcephala Grunow
	Nitzschia nana Grunow
	Nitzschia obtusa W. Smith
	Nitzschia palea (Kützing) W. Smith
	Nitzschia reversa W. Smith
	Nitzschia scalpelliformis Grunow
	Nitzschia sigmaformis Hustedt
	Nitzschia sigma (Kützing) W. Smith
	Nitzschia sigma var. *rigidula* (Peragallo & Peragallo) Grunow
	Nitzschia sinuata var. *tabellaria* (Grunow) Grunow
	Nitzschia subacicularis Hustedt
	Nitzschia sublinearis Hustedt
	Nitzschia virgata var. *gracilis* Hustedt

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Tryblionella coarctata (Grunow) D. G. Mann
Family	**Cymbellaceae**
	Cymbella affinis Kützing
	Cymbella balatonis Grunow
	Cymbella bauckii Van Heurck
	Cymbella bengalensis (Grunow) Schmidt
	Cymbella cistula (Ehrenberg) Kirchner
	Cymbella cf. *compacta* Oestrup
	Cymbella cucumis A. Schmidt
	Cymbella cymbiformis Aardh
	Cymbella gracilis (Rabenhorst) Cleve
	Cymbella hungarica (Grunow) Pantocsek
	Cymbella laevis Naegeli in Kützing
	Cymbella neogena (Grunow) Krammer
	Cymbella schimanskii Krammer
	Cymbella silesiaca Bleisch
	Cymbella siliqua Archibald
	Cymbella simonsenii Krammer
	Cymbella sp.
	Cymbella subcuspidata Krammer
	Cymbella sumtrensis Hustedt
	Cymbella tropica Krammer
	Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck
	Cymbella tumida var. *lancettula* Krammer
	Cymbella turgidula Grunow
	Cymbopleura sp.
	Encyonema dubium Krammer

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Encyonema minutum (Hilse) D.G. Mann
	Encyonema silesiacum (Bleisch) D. G. Mann
	Encyonema simile Krammer
	Encyonema ventricosum (Agardh) Grunow
	Encyonema vulgare Krammer
Family Epithemiaceae	
	Rhopalodia brebissonii Krammer
	Rhopalodia gibba (Ehrenberg) O. Miller var. *gibba*
	Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O. F. Müller
	Rhopalodia operculata (C. Agardh) Hakansson
	Epithemia adnata (Kützing) Brébisson
	Epithemia argus (Ehrenberg) Kützing
	Epithemia cistula (Ehrenberg) Ralfs
	Epithemia diodon Ehrenberg
	Epithemia frickei Krammer
	Epithemia goeppertiana Hilse
	Epithemia pectinalis (o.f.) Müller Rabenhorst var. *undulata* Ralfs
	Epithemia sorex Kützing
Family Surirellaceae	
	Surirella angusta Kützing
	Surirella biseriata Brébisson
	Surirella capronii Brébisson
	Surirella elegans Ehrenberg
	Surirella minuta Brébisson
	Surirella sp.1
	Surirella sp.2
	Surirella sp.3

ตารางที่ 9 ลำดับทางอนุกรมวิธานของไดอะตอมที่พบในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

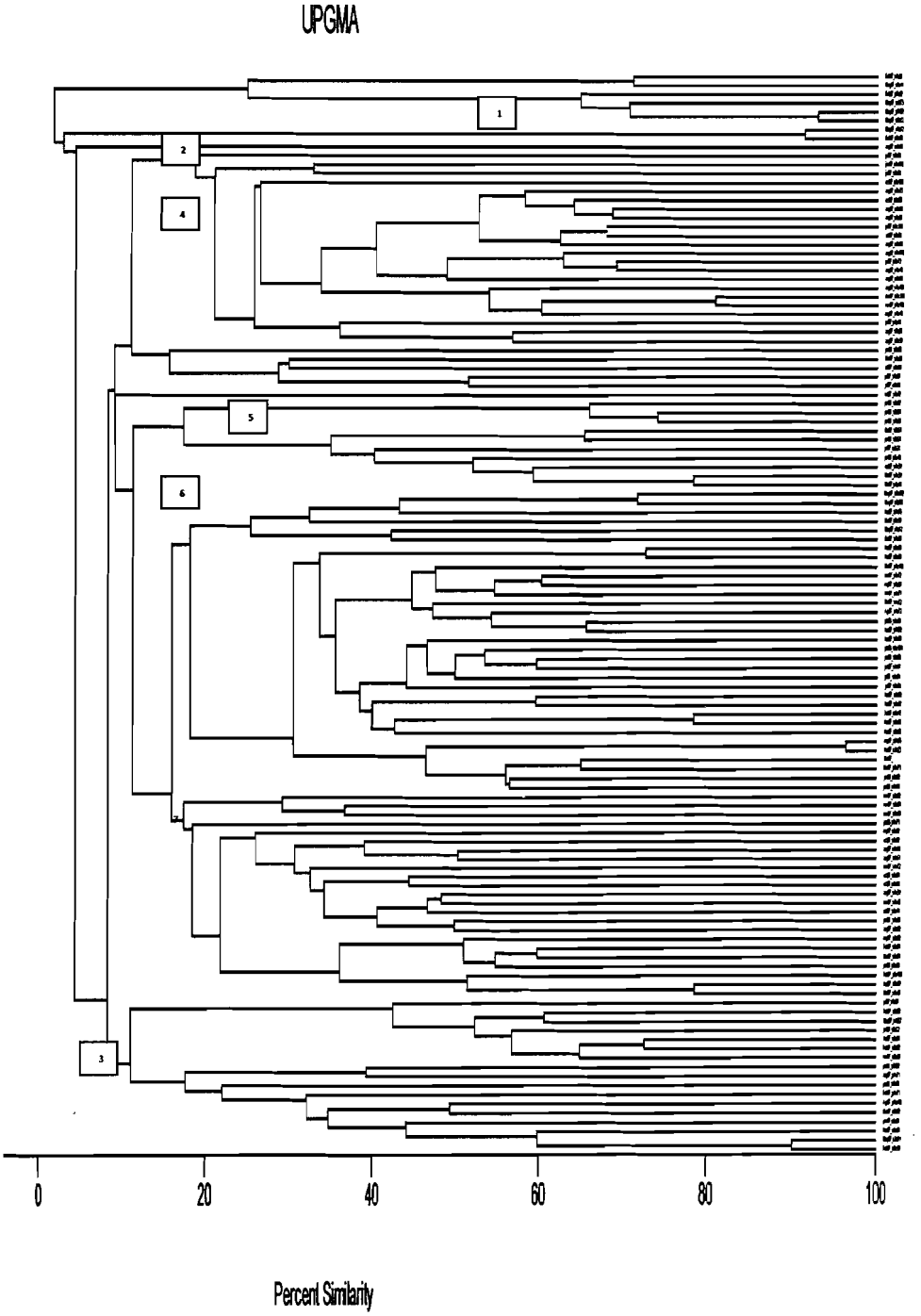
ลำดับทางอนุกรมวิธาน	ชนิด
	Surirella sp.4
	Surirella sp.5
	Surirella sp.6
	Surirella splendida Kützing
	Surirella tenera W. Gregory

ไดอะตอมชนิดเด่นสามารถหาได้โดยการนำตัวอย่างไดอะตอมพื้นท้องน้ำ ที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่างและทุกเดือนมาวิเคราะห์หาไดอะตอมชนิดเด่น โดยเรียงลำดับตามความถี่ที่พบ (frequency) และ จำนวนที่พบมากที่สุด (max abundant) ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่าไดอะตอมพื้นท้องน้ำส่วนใหญ่ที่ความถี่ของการพบสูงจะมีเปอร์เซ็นต์ที่พบมากที่สุดสูง ไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบได้บ่อยในจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 10 จุด และมีจำนวนมากที่สุดได้แก่ *Navicula rostellata* Kützing รองลงมาคือ *Gomphonema lagenula* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot, *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Husted และ *Cymbella turgidula* Grunow, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller, *Nitzschia filiformis* (W. Smith) Hustedt, *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot, *Gomphonema* sp.2 (?nov.) UBU-MK3, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Melosira varians* C. Agardh และ *Synedra ungeriana* var. *pseudogaillonii* (H. Kobayasi et Idei) ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

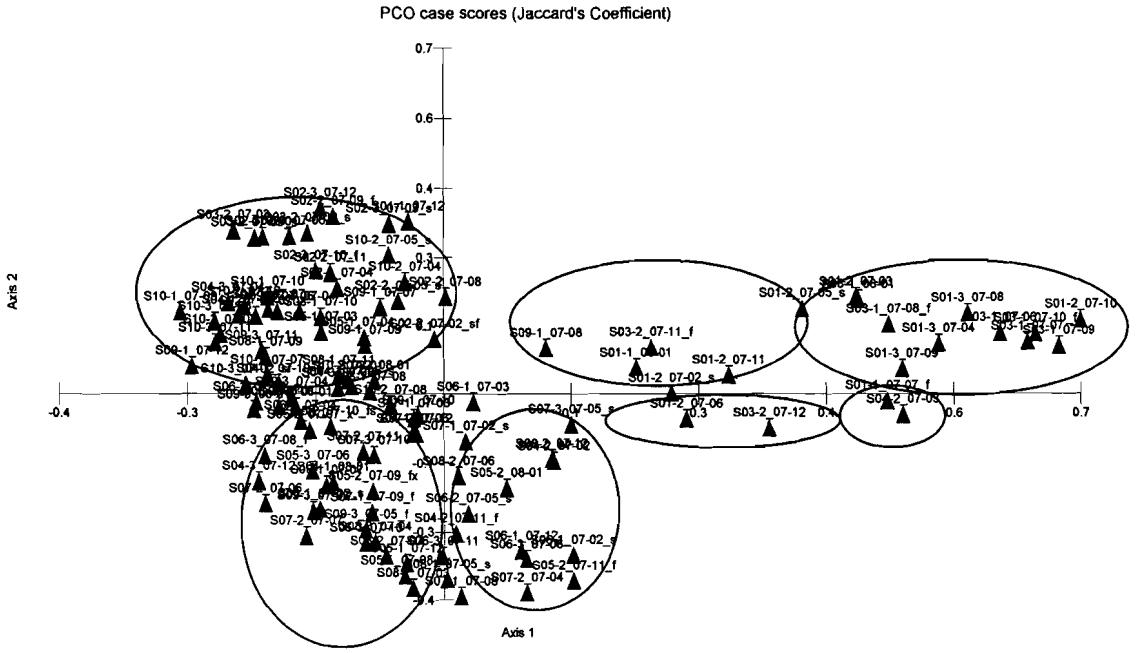
ตารางที่ 10 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นแสดงความถี่และเปอร์เซ็นต์การกระจายที่สูงสุดในจุดเก็บตัวอย่างที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

Dominant species	frequency	Diversity index	Evenness
Navicula rostellata Kützing	170	0.827	0.847
Gomphonema lagenula Kützing	180	0.974	0.98
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith	261	0.981	0.985
Luticula goeppertiana (Bleisch) D. G. Mann	201	0.986	0.991
Nitzschia liebetruthii Robenhorst	82	0.953	0.965
Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowsky	134	0.948	0.955
Navicula erifuga Lange-Bertalot	172	0.762	0.858
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	202	0.961	0.966
Gomphonema clevei var. *javanica* Hustedt	194	0.881	0.908
Cymbella turgidula Grunow	273	0.99	0.993
Gomphonema pseudosphaerophorum Kobayasi	18	0.931	0.961
Pinnularia subcapitata Gregory	35	0.774	0.802
Amphora montana Krasske	6	0.323	0.404
Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O. F. Müller	157	0.947	0.954
Nitzschia filiformis (W. Smith) Hustedt	143	0.957	0.964
Bacillaria paxillifer (O.F.Mülleur) Hendey	156	0.967	0.974
Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	135	0.972	0.979
Gomphonema sp.2	213	0.931	0.961
Cocconeis placentula Ehrenberg	250	0.983	0.987
Nitzschia fonticola Grunow	3	0.039	0.058
Luticola sp.2	14	0.337	0.673
Melosira varians C. Agardh	219	0.981	0.986
Synedra ungeriana var. *pseudogaillonii* (H. Kobayasi et Idei)	170	0.97	0.976
Encyonema sp.3	47	0.934	0.957
Amphora pediculus (Kützing) Grunow	51	0.865	0.937
Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow	171	0.967	0.973
Achnanthes lanceolata spp. *dubia* (Grunow) Lange-Bertalot	87	0.846	0.907
Navicula heimansoides Lange-Bertalot	85	0.923	0.934

เมื่อนำไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมดที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ทุกซ้ำ และทุกเดือนมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยวิธี Cluster analysis โดยนำเปอร์เซ็นต์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ทุกซ้ำ และทุกเดือนมาจัดกลุ่มโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ MVSP ซึ่งยึดหลักเกณฑ์ของการพบไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่มีจำนวนเป็นร้อยละของการพบไดอะตอมชนิดที่อยู่ร่วมกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แต่ละเดือนและแต่ละซ้ำ พบว่าสามารถจัดกลุ่มของของจุดเก็บตัวอย่างและช่วงเดือนได้เป็น 7 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (พฤษภาคม และพฤศจิกายน) กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (เดือนกรกฎาคมและเดือนตุลาคม) จุดที่ 6 (เดือนกรกฎาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน) จุดที่ 10 (เดือนธันวาคม) กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (เดือนสิงหาคม กันยายน และพฤศจิกายน) จุดที่ 6 (เดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน) จุดที่ 10 (เดือน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม) กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (เดือนธันวาคม) จุดที่ 6 (เดือนพฤษภาคม และธันวาคม) จุดที่ 10 (เดือนพฤษภาคม และมกราคม) กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (เดือนมิถุนายน พฤศจิกายน และมกราคม จุดที่ 6 (เดือนเมษายน มกราคม และธันวาคม) จุดที่ 10 (เดือนมีนาคม มกราคม และเมษายน) กลุ่มที่ 6 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (เดือนมีนาคม เมษายน มกราคม มิถุนายน กรกฎาคม และตุลาคม) จุดที่ 6 (เดือนมีนาคม) จุดที่ 10 (เดือนเมษายน และกรกฎาคม) กลุ่มที่ 7 ประกอบด้วย จุดที่ 1 (เดือนกุมภาพันธ์) จุดที่ 6 (เดือนกุมภาพันธ์ และมิถุนายน) จุดที่ 10 (เดือนเมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน) ดังแสดงในภาพที่ 29 และ 30



ภาพที่ 29 ผลการจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างโดยพิจารณาจากการพบไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 โดยวิธี Cluster analysis



ภาพที่ 30 ผลการจัดกลุ่มไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบในแม่น้ำโขง 10 จุดเก็บตัวอย่าง ในจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ด้วยวิธี Cluster analysis

การประเมินคุณภาพน้ำโดยการใช้ AARL-PC Score โดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่า DO ค่า BOD ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณสารอาหาร 3 ชนิดคือ ไนเตรท ไนโตรเจนแอมโมเนีย ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorus พบว่าคุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดมีคุณภาพดีถึงปานกลาง และปานกลาง มีสารอาหารน้อยถึงปานกลาง และปานกลาง แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ประเมินโดยใช้ AARL-PC Score (Peerapornpisal et al., 2007)

จุดเก็บตัวอย่าง	คะแนน คุณภาพน้ำทั่วไป	ระดับสารอาหาร
1	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
2	ถึงปานกลาง	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligotrophic-mesotrophic status)
3	ดีถึงปานกลาง	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligotrophic-mesotrophic status)
4	ดีถึงปานกลาง	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligotrophic-mesotrophic status)
5	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
6	ดีถึงปานกลาง	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligotrophic-mesotrophic status)
7	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
8	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
9	ดีถึงปานกลาง	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligotrophic-mesotrophic status)
10	ดีถึงปานกลาง	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (oligotrophic-mesotrophic status)

ส่วนการประเมินโดยใช้ไดอะตอมชนิดเด่นในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างนั้นใช้ AARL-PP Score มาใช้ในการตัดสินคุณภาพน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด มีคุณภาพปานกลางและปานกลางถึงไม่ดี หรือ มีสารอาหารปานกลาง ถึง ปานกลางถึงสูง แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ประเมินโดยใช้ AARL-PP Score (Peerapornpisal et al., 2007)

จุดเก็บตัวอย่าง	ไดอะตอมชนิดเด่น	ค่าคะแนน	คะแนนเฉลี่ย	คุณภาพน้ำทั่วไป	ระดับสารอาหาร
1	*Navicula erifuga* Lange-Bertalot	5	6.33	ปานกลางถึงไม่ดี	สารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic-eutrophic status)
	Cymbella turgidula Grunow	5			
	Nitzschia liebetruthii Rabenhorst	9			
2	*Cymbella turgidula* Grunow	5	5.33	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
	Navicula erifuga Lange-Bertalot	5			
	Gomphonema clevei var. *javanica* Hustedt	6			
3	*Navicula erifuga* Lange-Bertalot	5	5.33	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
	Cymbella turgidula Grunow	5			
	Gomphonema clevei var. *javanica* Hustedt	6			
4	*Navicula erifuga* Lange-Bertalot	5	5	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
	Cymbella turgidula Grunow	5			
	Luticola goeppertiana (Bleisch) D. C. Mann	5			
5	*Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann	5	5	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
	Navicula erifuga Lange-Bertalot	5			
	Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	5			

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำในจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ประเมินโดยใช้ AARL-PP Score (Peerapornpisal et al., 2007) (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	ไดอะตอมชนิดเด่น	ค่าคะแนน	คะแนนเฉลี่ย	คุณภาพน้ำทั่วไป	ระดับสารอาหาร
6	*Navicula erifuga* Lange-Bertalot	5	5	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
	Cymbella turgidula Grunow	5			
	Luticola goeppertiana (Bleisch) D. C. Mann	5			
7	*Cymbella turgidula* Grunow	5	5.33	ปานกลาง	สารอาหารปานกลาง (mesotrophic status)
	Navicula erifuga Lange-Bertalot	5			
	Gomphonema clevei var. *javanica* Hustedt	6			
8	*Cymbella turgidula* Grunow	5	6.33	ปานกลางถึงไม่ดี	สารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic-eutrophic status)
	Nitzschia palea (Kützing) W. Smith	9			
	Navicula erifuga Lange-Bertalot	5			
9	*Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith	9	6.67	ปานกลางถึงไม่ดี	สารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic-eutroophic status)
	Gomphonema clevei var. *javanica* Hustedt	6			
	Luticola goeppertiana (Bleisch) D. C. Mann	5			
10	*Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann	5	6.33	ปานกลางถึงไม่ดี	สารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic-eutrophic status)
	Cymbella turgidula Grunow	5			
	Nitzschia palea (Kützing) W. Smith	9			

เมื่อนำคุณภาพน้ำจากาการประเมินโดยใช้ AARL PC Score และ AARL PP Score มาเปรียบเทียบกัน พบว่า ส่วนใหญ่คุณภาพน้ำจะแสดงในทิศทางเดียวกัน มีบางจุดเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันไปบ้างเนื่องจากสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงกะทันหัน เช่น เกิดฝนตกลงมาอย่างหนัก จึงทำให้คุณภาพน้ำโดยใช้ AARL-PC Score มีคุณภาพดีขึ้นในขณะที่ไดอะตอมยังไม่เปลี่ยนแปลงชนิดไปเร็วนัก ซึ่งทำให้ AARL-PP Score ค่อนข้างมีคุณภาพน้ำไม่ดีเท่า AARL-PC Score แสดงในตาราง 13

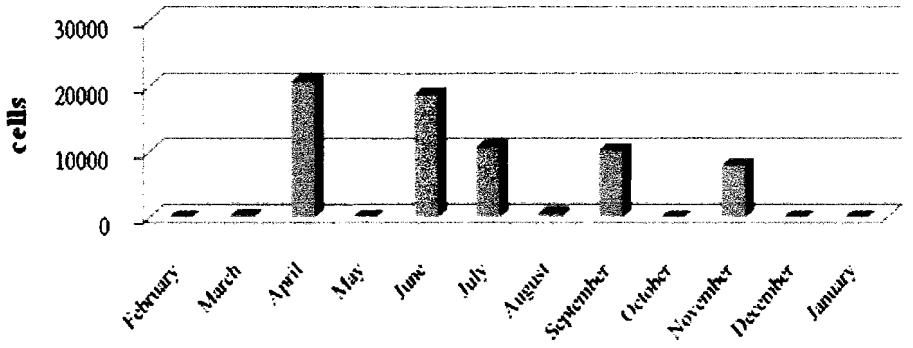
ตารางที่ 13 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำโดยใช้ AARL-PC Score และ AARL-PP Score ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	AARL-PC Score	AARL-PP Score
1	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี
2	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลาง
3	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลาง
4	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลาง
5	คุณภาพน้ำปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลาง
6	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลาง
7	คุณภาพน้ำปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลาง
8	คุณภาพน้ำปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี
9	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี
10	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง	คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี

จำนวนเซลล์ของไดอะตอมชนิดเด่น

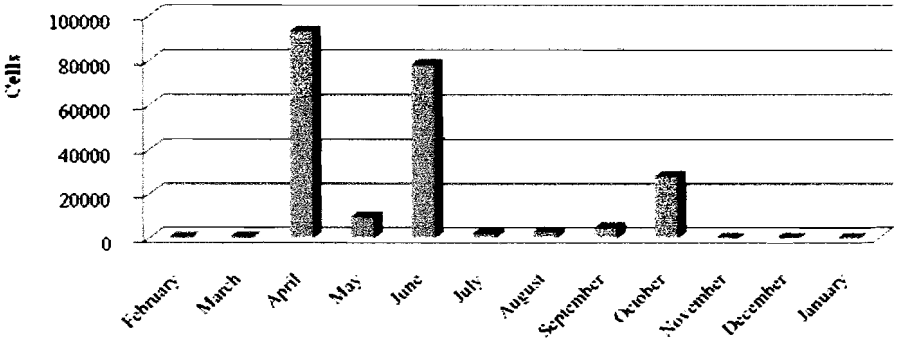
จำนวนเซลล์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นที่พบทั้งหมดใน 10 จุดเก็บตัวอย่างในแต่ละเดือนมีจำนวนมากที่สุดในฤดูหนาวรองลงมาคือฤดูร้อน เดือนที่พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นมากที่สุดไดแก่ เดือนพฤศจิกายน รองลงมาคือเดือนเมษายน และมกราคม ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) จำนวนเซลล์ของ *Gomphonema lagenula* Kützing มีจำนวนเซลล์สูงที่สุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนมิถุนายน กรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ (ภาพที่ 31)



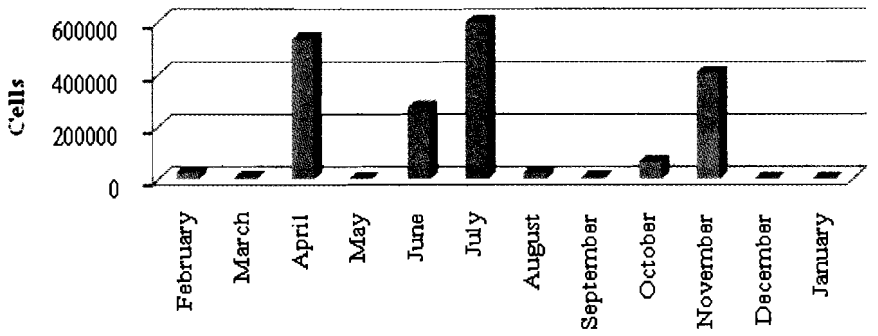
ภาพที่ 31 จำนวนเซลล์ของ *Gomphonema lagenula* Kützing ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(2) จำนวนเซลล์ของ *Navicula rostellata* Kützing สูงที่สุดในเดือนเมษายน รองลงมาคือเดือนมิถุนายน และตุลาคม ตามลำดับ (ภาพที่ 32)



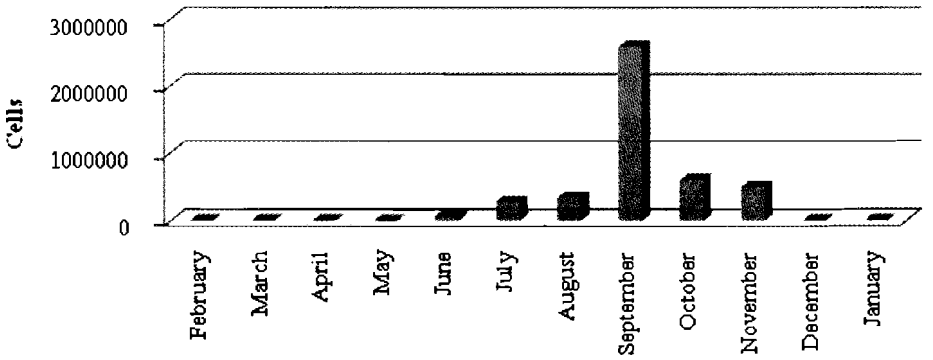
ภาพที่ 32 จำนวนเซลล์ของ *Navicula rostellata* Kützing ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(3) จำนวนเซลล์ของ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith สูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม รองลงมาคือเดือนเมษายน พฤศจิกายน และมิถุนายน ตามลำดับ (ภาพที่ 33)



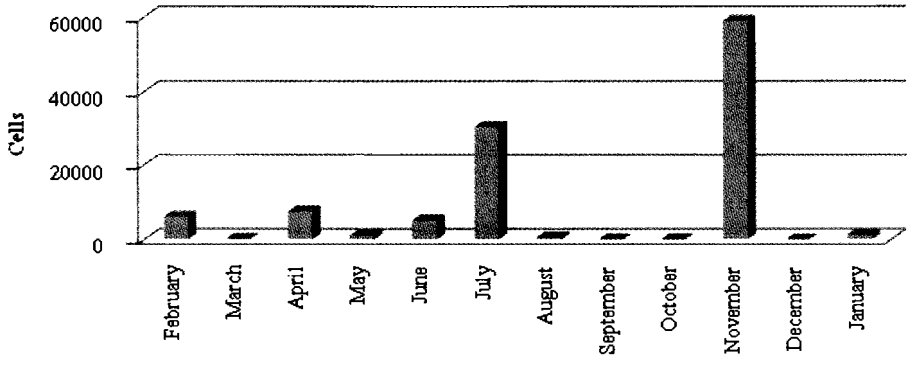
ภาพที่ 33 จำนวนเซลล์ของ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(4) จำนวนเซลล์ของ *Luticula goeppertiana* (Bleisch) D.C.Mann สูงที่สุดในเดือนกันยายน รองลงมาคือ เดือนตุลาคม และพฤศจิกายน ตามลำดับ (ภาพที่ 34)



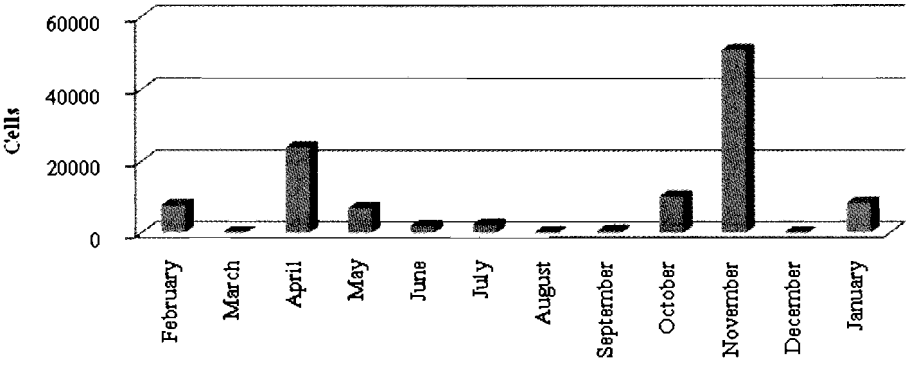
ภาพที่ 34 จำนวนเซลล์ของ *Luticula goeppertiana* (Bleisch) D.C.Mann ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(5) จำนวนเซลล์ของ *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst สูงที่สุดในเดือน พฤศจิกายน รองลงมาคือเดือนกรกฎาคม เมษายน และเดือนกุมภาพันธ์ ตามลำดับ (ภาพที่ 35)



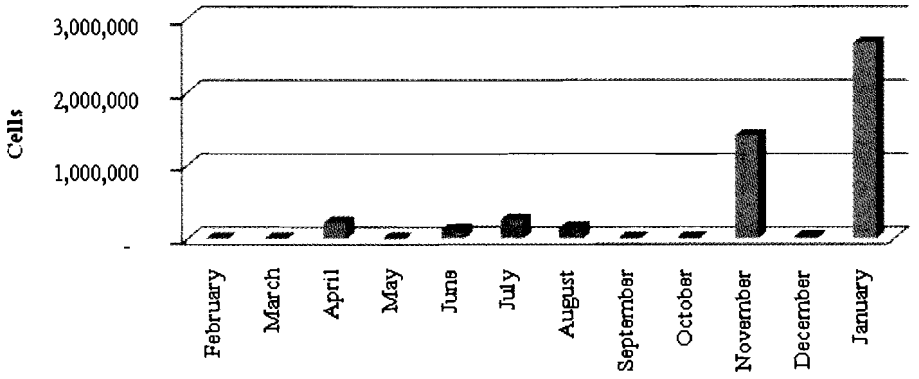
ภาพที่ 35 จำนวนเซลล์ของ *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(6) จำนวนเซลล์ของ *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky สูงที่สุดในเดือน พฤศจิกายน รองลงมาคือเดือนเมษายน ตุลาคม มกราคม กุมภาพันธ์ และพฤษภาคม ตามลำดับ (ภาพที่ 36)



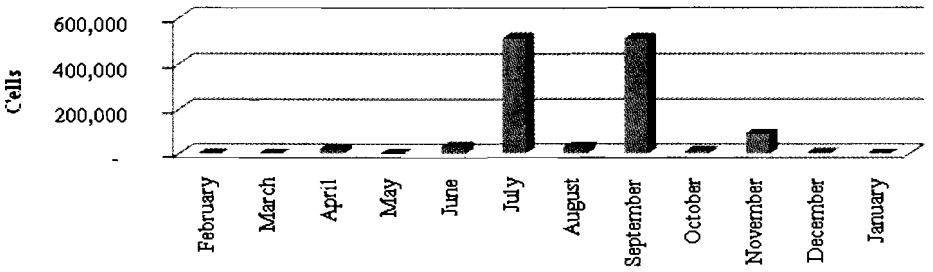
ภาพที่ 36 จำนวนเซลล์ของ *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(7) จำนวนเซลล์ของ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot สูงที่สุดในเดือนมกราคม รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายน กรกฎาคม เมษายน และสิงหาคม ตามลำดับ (ภาพที่ 37)



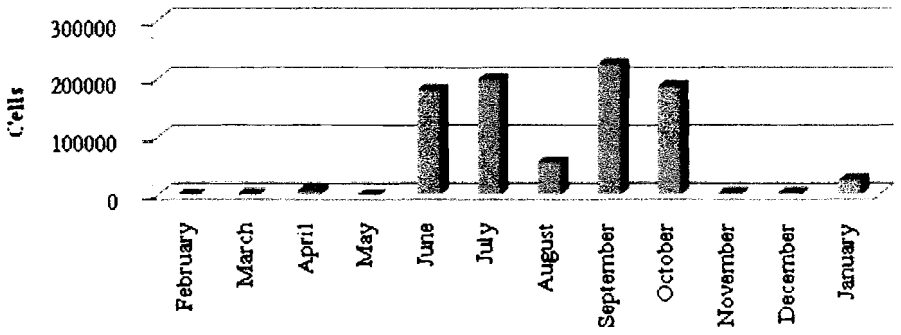
ภาพที่ 37 จำนวนเซลล์ของ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(8) จำนวนเซลล์ของ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck สูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม รองลงมาคือเดือนกันยายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ (ภาพที่ 38)



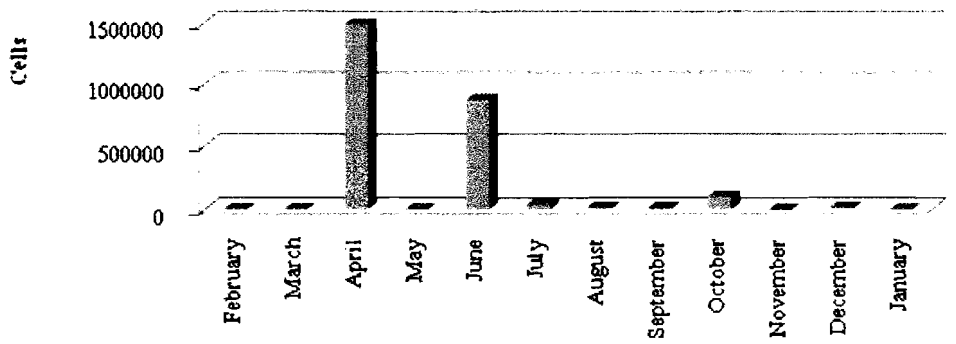
ภาพที่ 38 จำนวนเซลล์ของ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

(9) จำนวนเซลล์ของ *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt สูงที่สุดในเดือนกันยายน รองลงมาคือเดือนตุลาคม กรกฎาคม มิถุนายน ตามลำดับ (ภาพที่ 39)

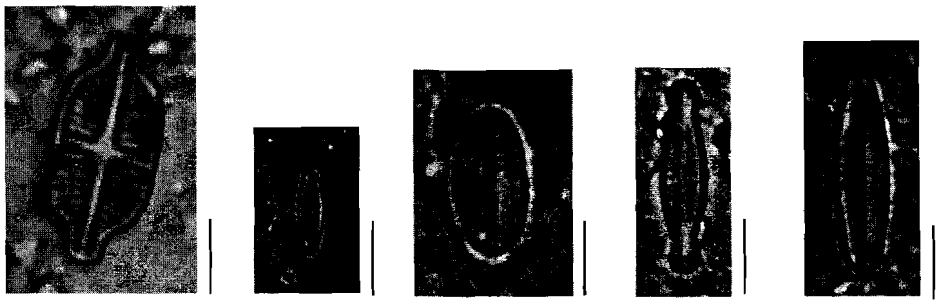


ภาพที่ 39 จำนวนเซลล์ของ *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

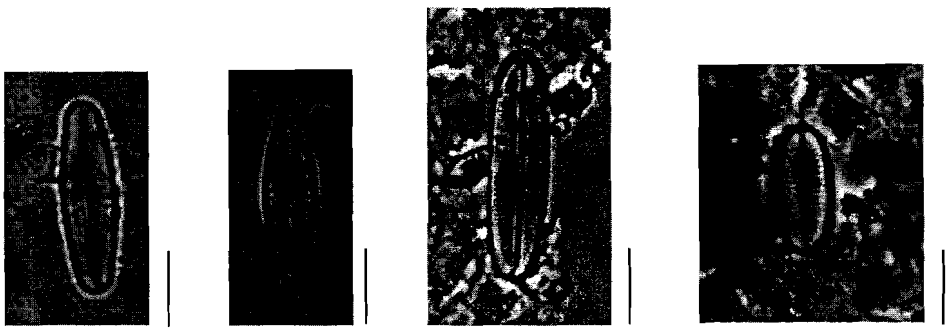
(10) จำนวนเซลล์ของ *Cymbella turgidula* Grunow สูงที่สุดในเดือน เมษายน รองลงมาคือเดือนมิถุนายนและตุลาคม ตามลำดับ (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 40 จำนวนเซลล์ของ *Cymbella turgidula* Grunow ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



1 2 3 4 5



(scale bar = 10 μm)

6 7 8 9

ภาพที่ 41 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Achnanthes exigua* Grunow

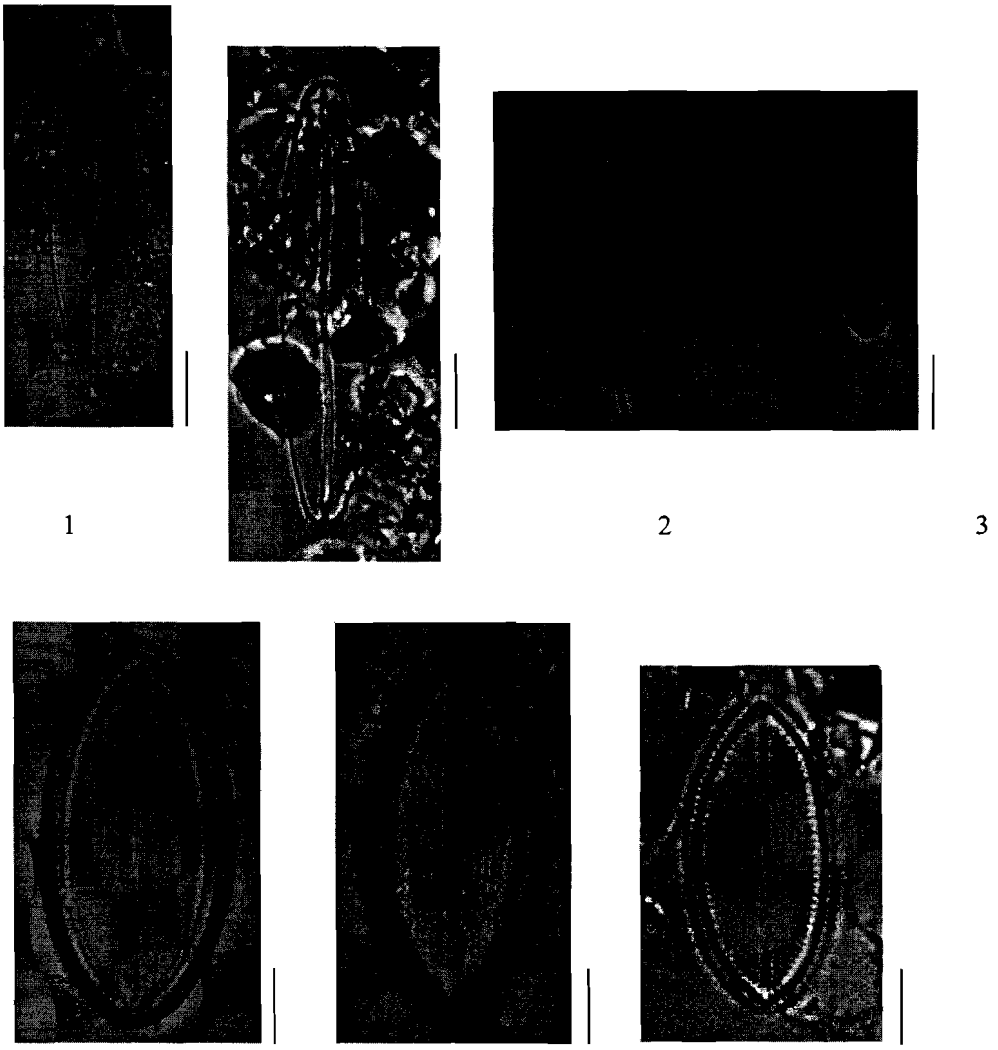
2) *Achnanthidium minutissimum* var.

3) *Achnanthes* cf. *eutrophilum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot

4) *Achnanthidium convergens* (Kobayyasi) Kobayasi

5)-7) *Achnanthidium minutissimum* var. *minutissimum* (Kützing) Czarnecky

8)-9) *Achnanthes deflexa* (Patrick) Patrick & Reimer



1 2 3

4 5 6 (scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 42 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

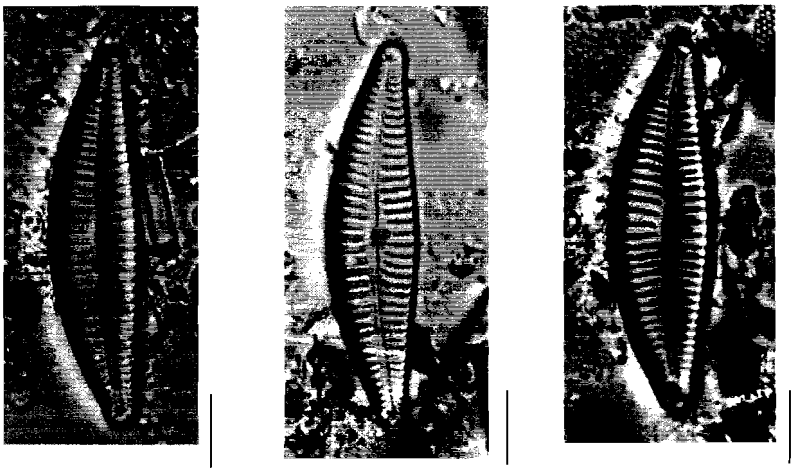
1) *Craticula halophila* (Grunow) D.G.Mann

2) *Frustulia amosseana* Lange-Bertalot

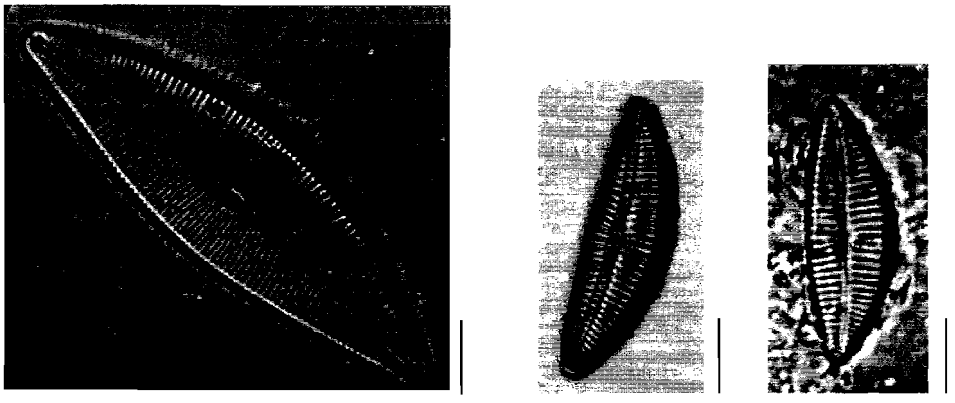
3) *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson

4)-5) *Cocconeis placentula* Ehrenberg

6) *Cocconeis pseudolineata* (Geitler) Lange-Bertalot



1 2 3



4 5 6

(scale bar = 10 µm)

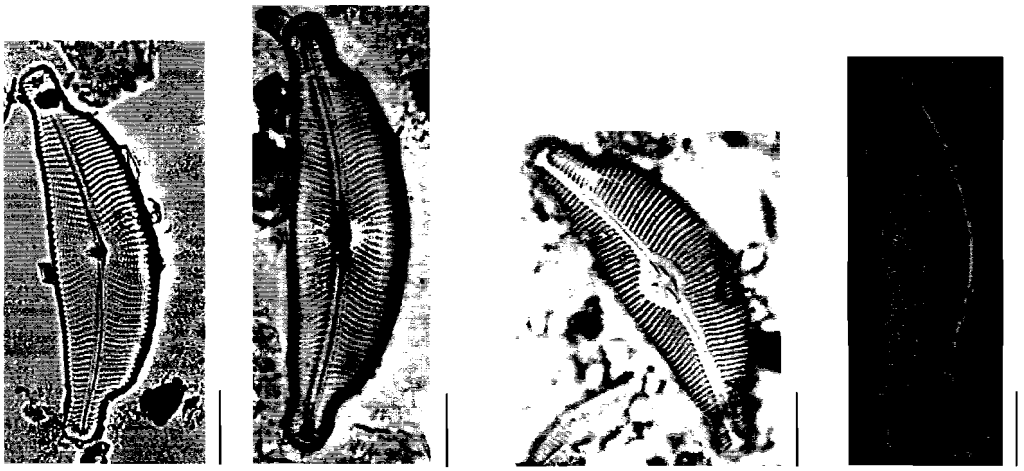
ภาพที่ 43 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-3) *Cymbella tropica* Krammer

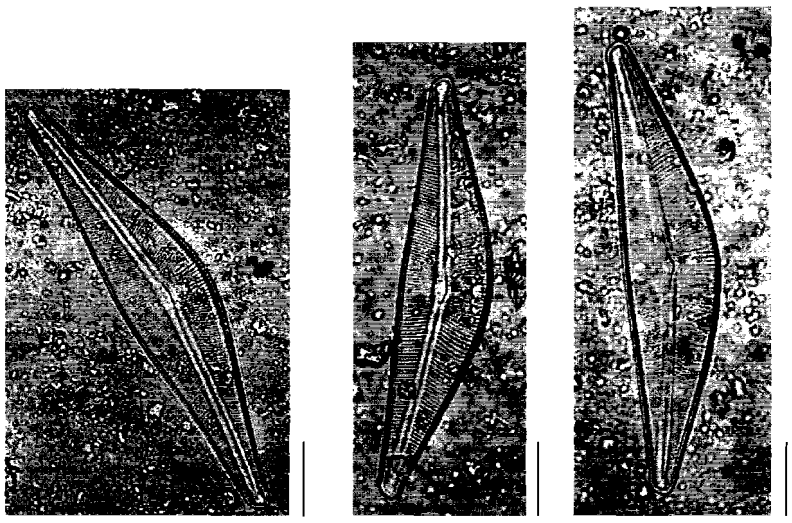
4) *Cymbella bengalensis* (Grunow) Schmidt

5) *Cymbella turgidula* Grunow

6) *Cymbella affinis* Kützing



1 2 3 4

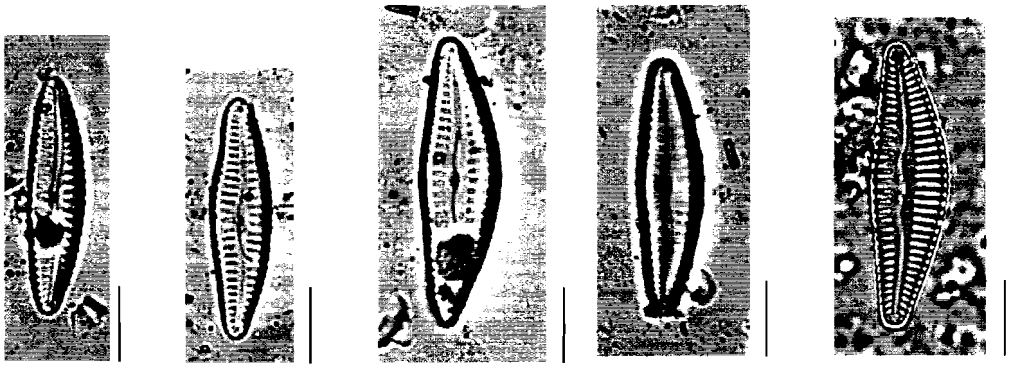


5 6 7 (scale bar = 10 μm)

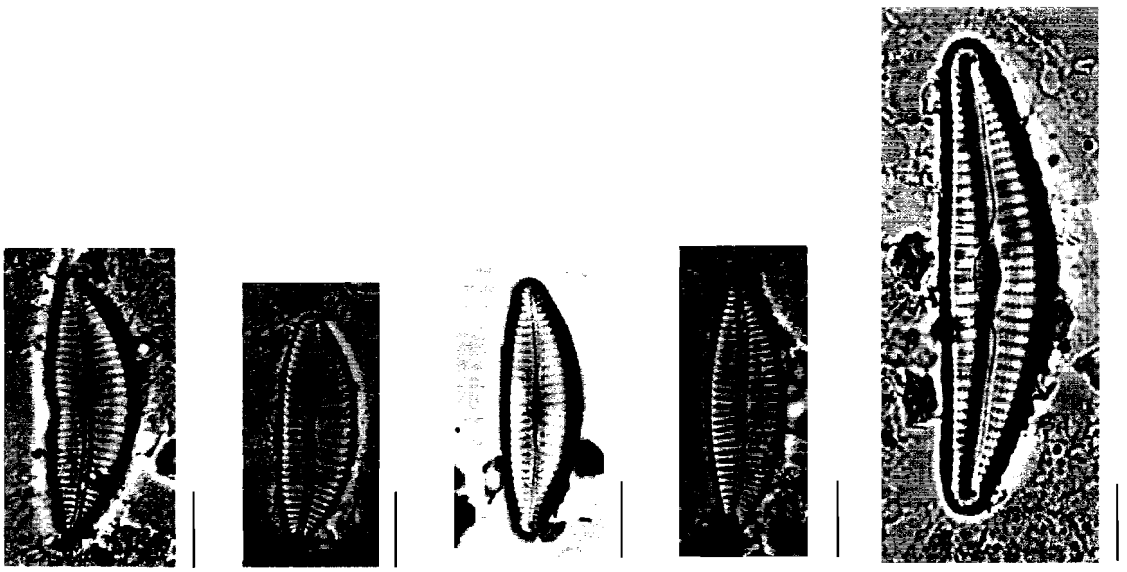
ภาพที่ 44 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-4) *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck

5)-7) *Cymbella neogena* (Grunow) Krammer



1 2 3 4 5



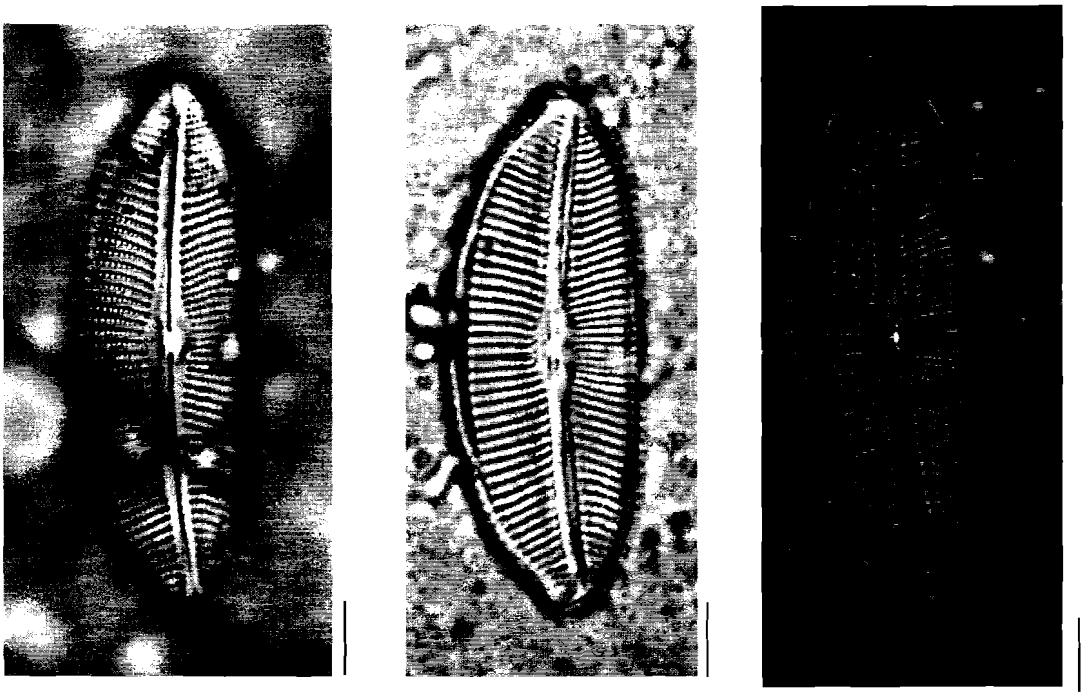
6 7 8 9 10 (scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 45 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

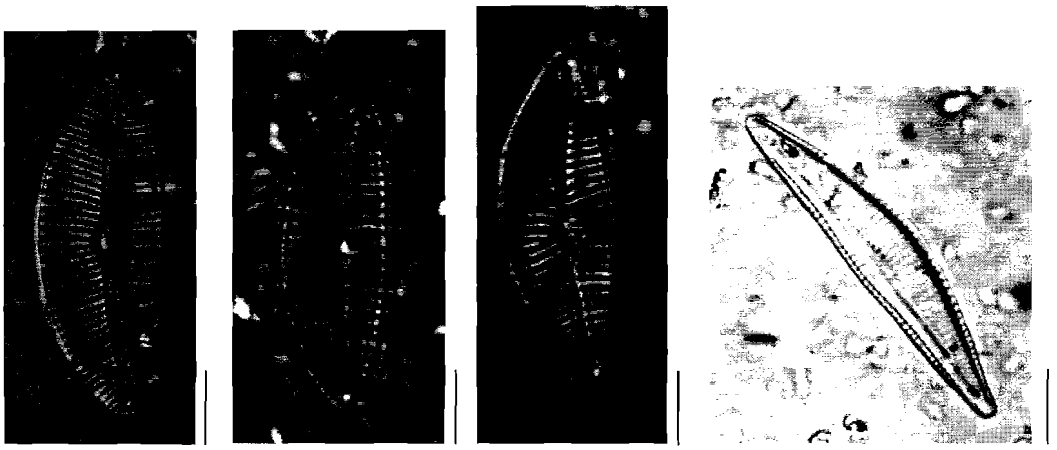
1)-5) *Cymbella laevis* Naegeli Kützing

6)-9) *Cymbella sumatrensis* Hustedt

10) *Cymbella cymbiformis* Agardh



1 2 3



4 5 6 7 (scale bar = 10 μm)

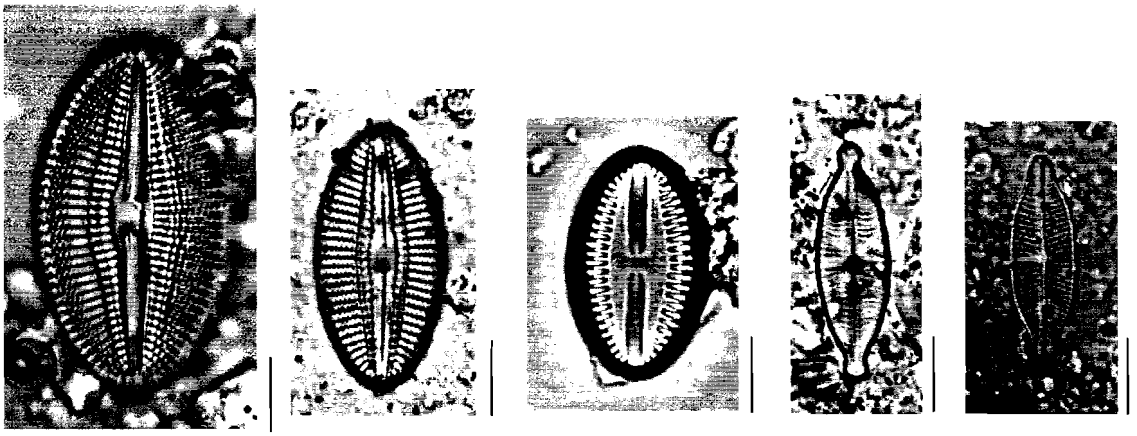
ภาพที่ 46 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-3) *Cymbella cucumis* Schmidt

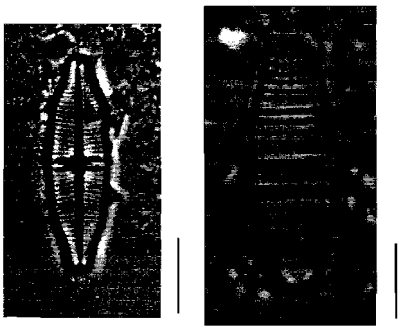
4) *Cymbella* sp.

5)-6) *Cymbella* cf. *compacta* Oestrup

7) *Cymbopleura* sp.



1 2 3 4 5



6 7

(scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 47 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Diploneis subovalis* Cleve

2) *Diploneis parma* Cleve

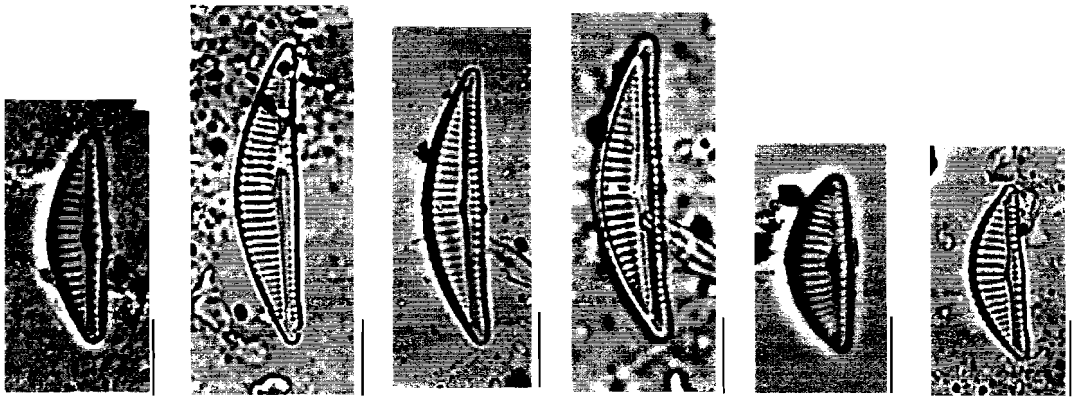
3) *Diploneis* sp.1 (?nov.) spec.

4) *Geissleria decussis* Lange-Bertalot & Metzeltin

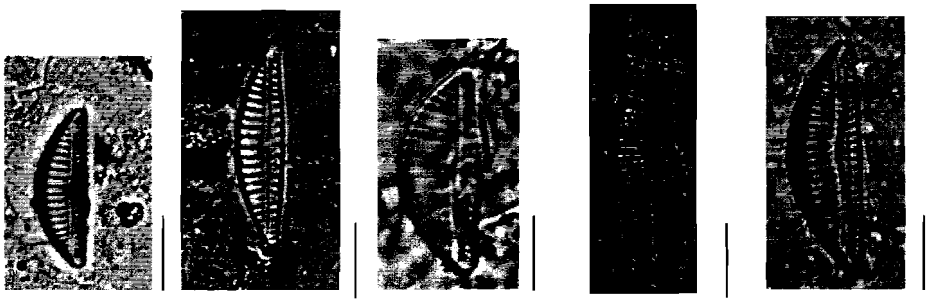
5) *Geissleria similis* (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin

6) *Geissleria* sp. (?nov.) UBU-MK1

7) *Diatoma vulgaris* Bory



1 2 3 4 5 6



7 8 9 10 11 (scale bar = 10 μm)

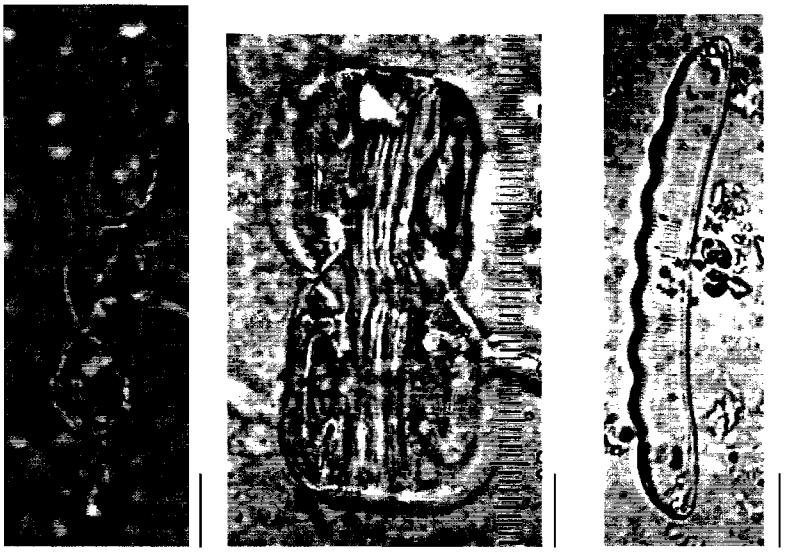
ภาพที่ 48 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-6) *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D. G. Mann

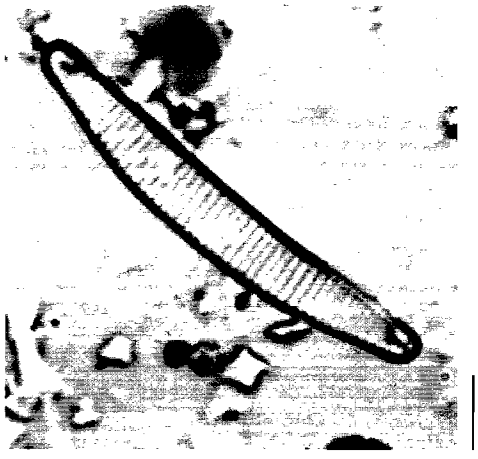
7)-8) *Encyonema ventricosum* (Agardh) Grunow

9) *Encyonema dubium* Krammer

10)-11) *Encyonema vulgare* Krammer



1 2 3



(scale bar = 10 μm)

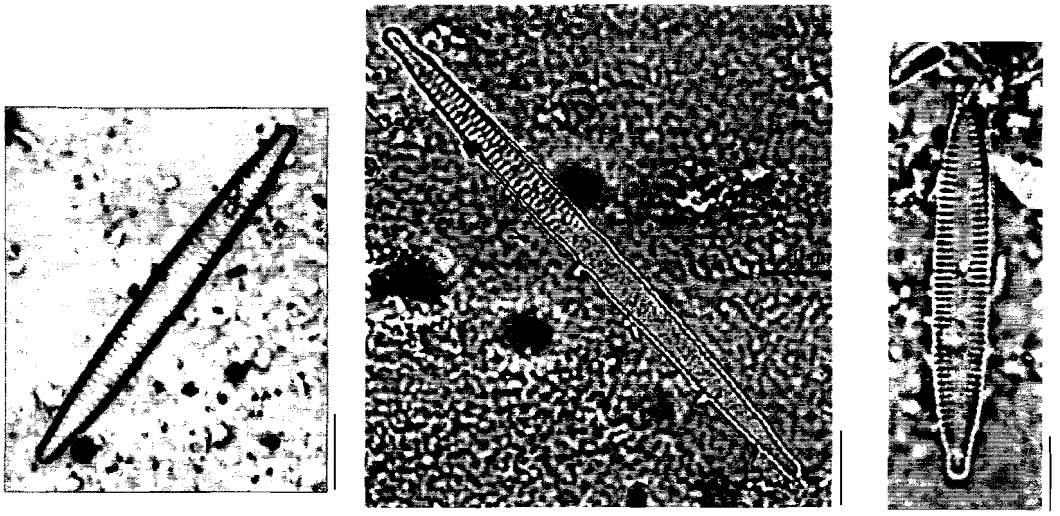
4

ภาพที่ 49 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

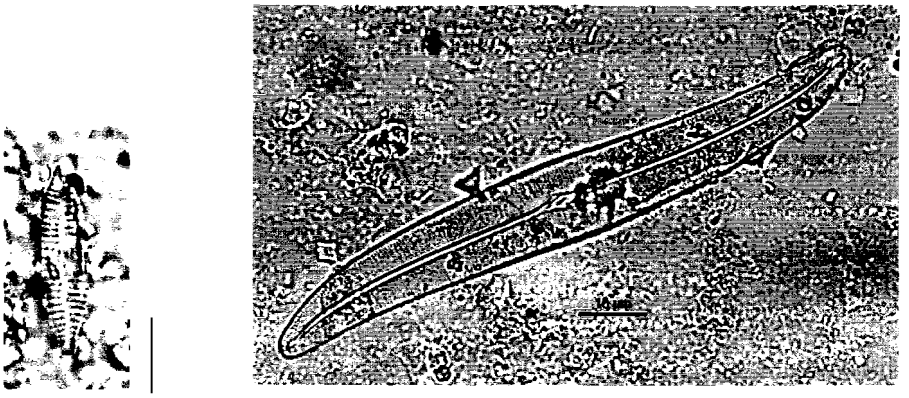
1-2) *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg

3) *Eunotia monodon* var. *tropica* Hustedt

4) *Eunotia* cf. *tschirchiana* O. Müller



1 2 3



4 5

(scale bar = 10 μm)

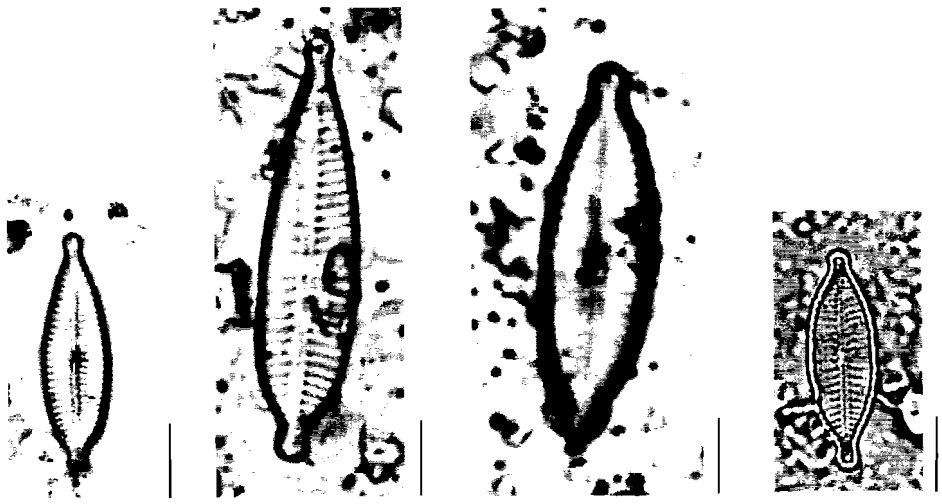
ภาพที่ 50 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-2) *Fragilaria capucina* sensu lato

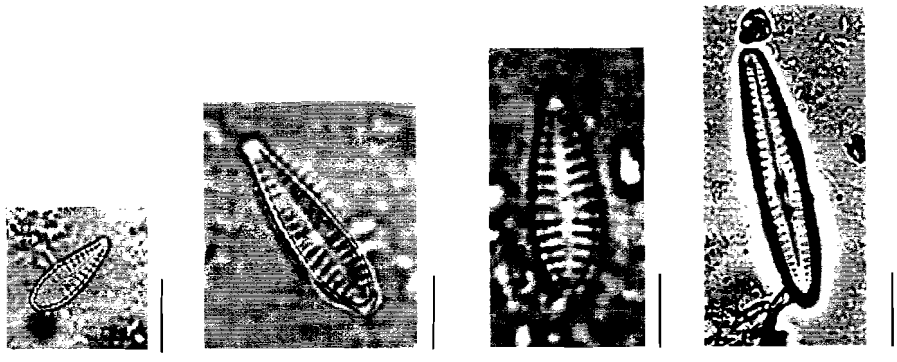
3) *Fragilaria fasciculata* (Agardh.) Lange-Bertalot

4) *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) Petersen

5) *Gyrosigma scalproides* (Rabenhorst) Cleve



1 2 3 4



5 6 7 8 (scale bar = 10 μm)

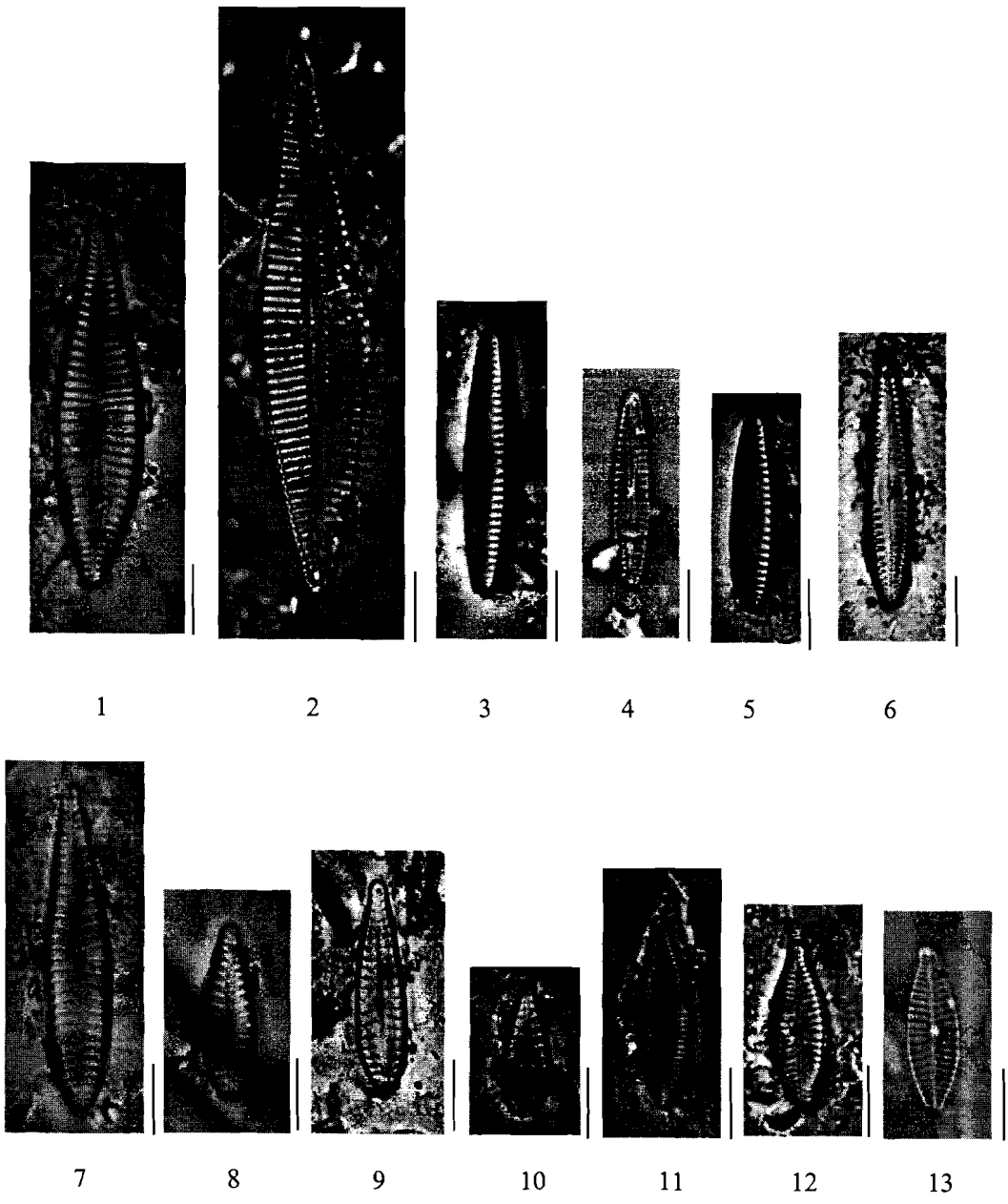
ภาพที่ 51 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-3) *Gomphonema lagenula* Kützing

4) *Gomphonema* sp.3

5)-7) *Gomphonema minutum* (C.Agardh) C.Agardh

8) *Gomphonema pumilum* (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot



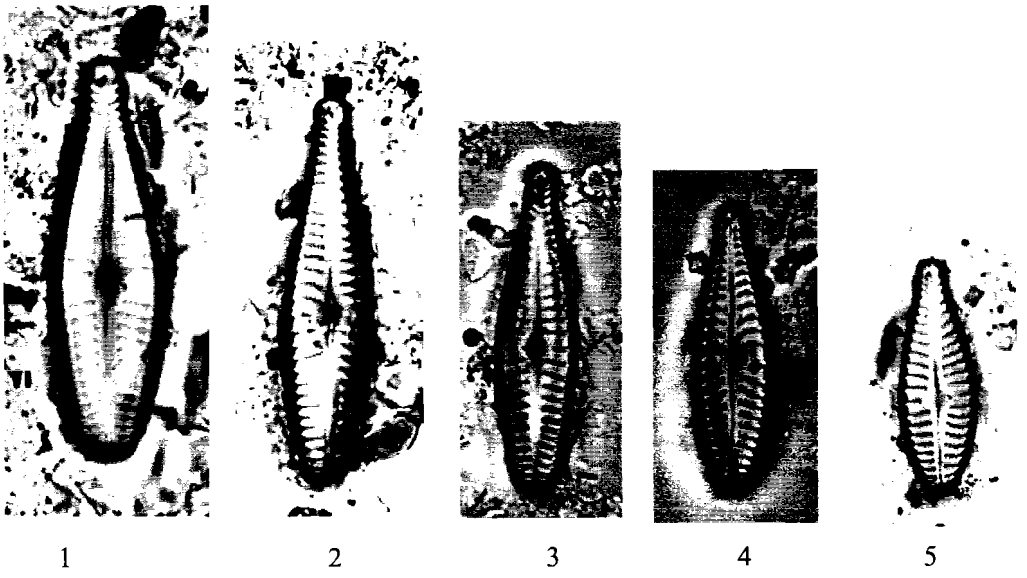
ภาพที่ 52 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Gomphonema gracile* f. *turris* Hustedt 2) *Gomphonema gracile* Ehrenberg

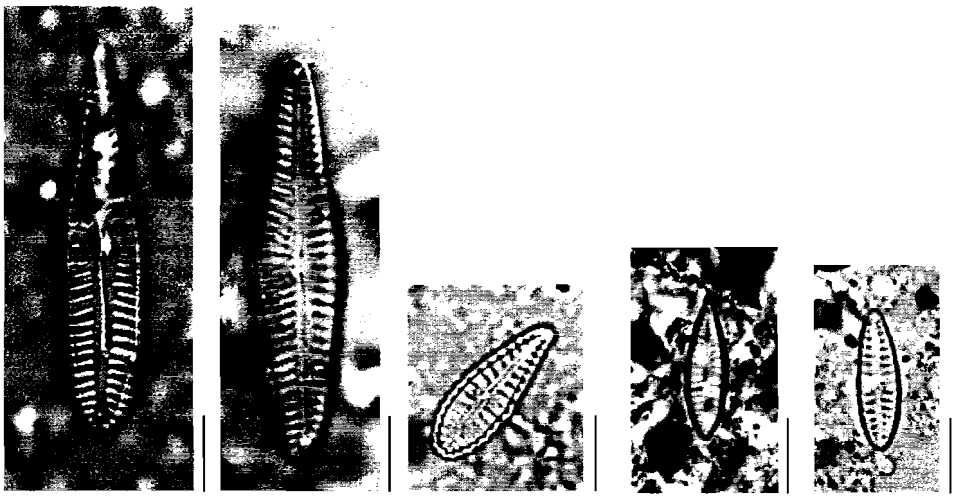
3)-5) *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt 6) *Gomphonema* aff. *entoleum* Oestrup 7)-10) *Gomphonema* sp.1 (?nov.) UBU-MK2

11)-12) *Gomphonema minutiforme* Lange-Bertalot & Reichardt

13) *Gomphonema* sp.2 (?nov.) UBU-MK3



1 2 3 4 5



6 7 8 9 10

(scale bar = 10 μm)

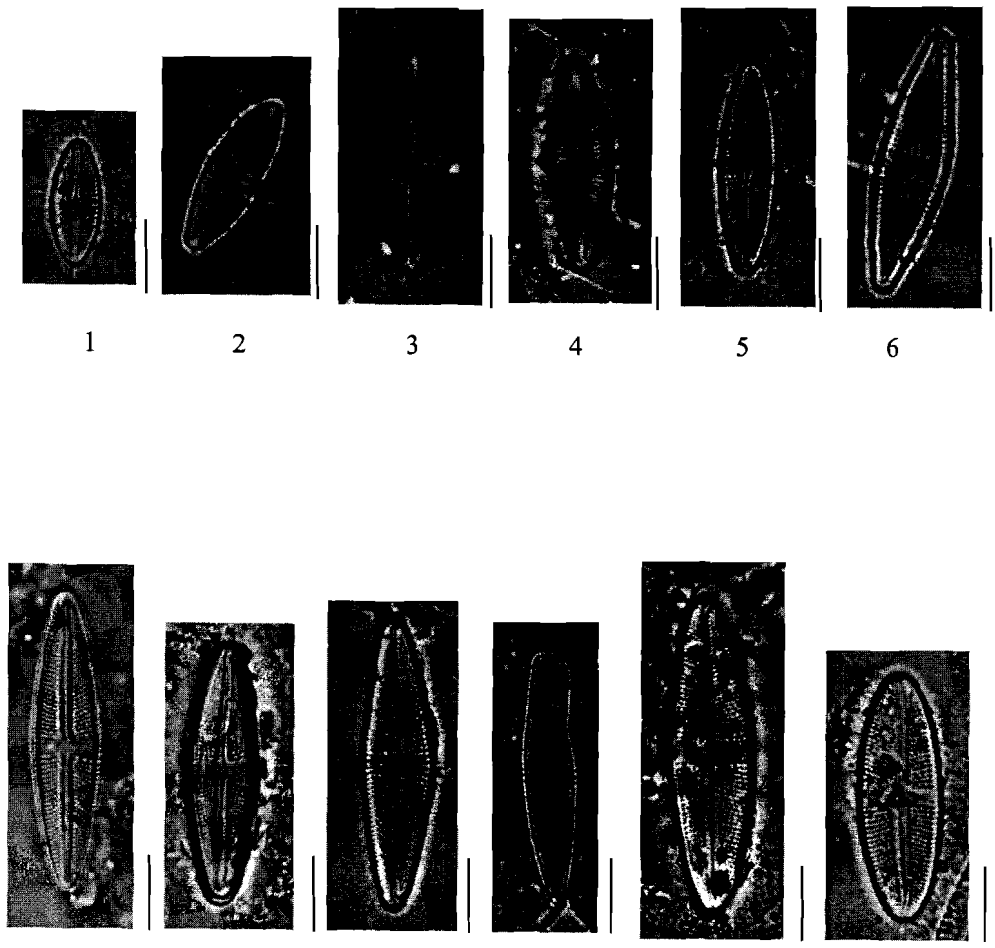
ภาพที่ 53 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) - 5) *Gomphonema* sp.4

6) *Gomphonema* sp.3

7) *Gomphonema* sp.5

8)-10) *Gomphonema* sp.6

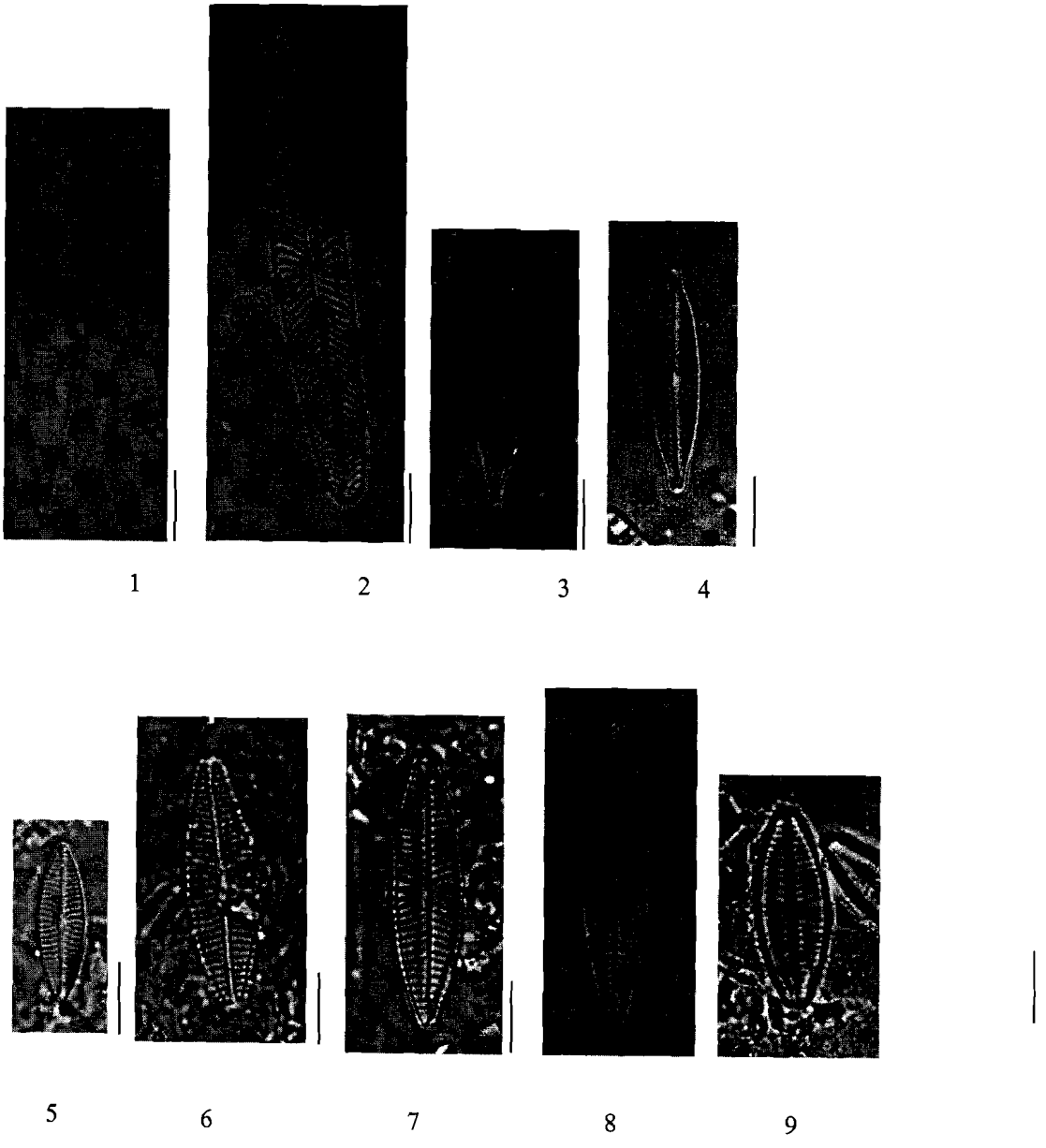


ภาพที่ 54 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-10) *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D.G. mann

11) *Luticola peguana* (Grunow) D.G. Mann

12) *Luticola saxophila* (W. Bock) D. G. Mann



ภาพที่ 55 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

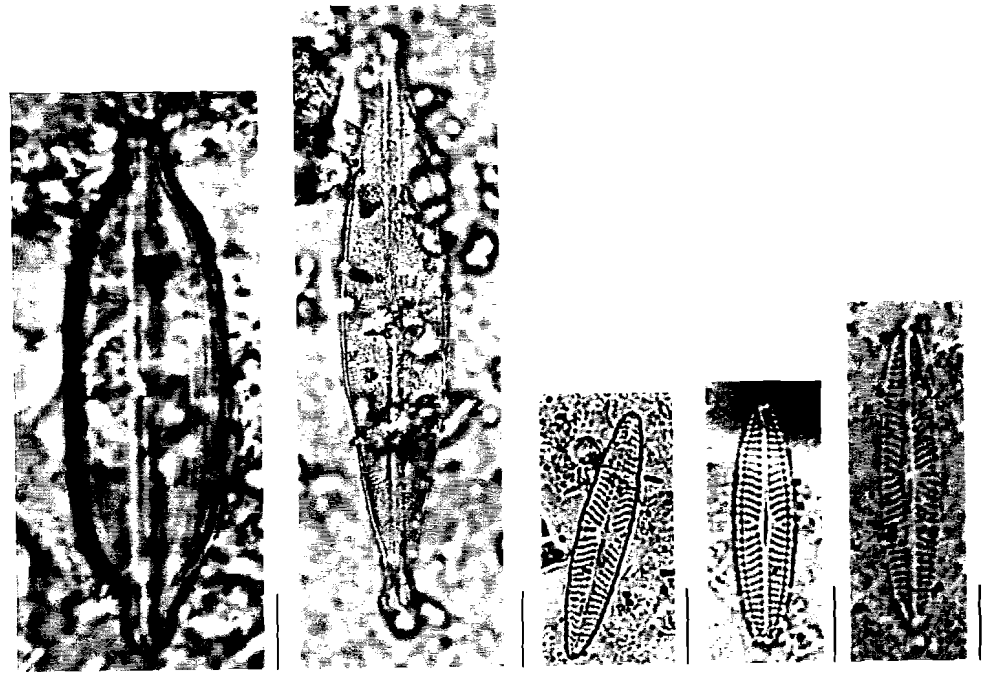
1) *Navicula rostellata* Kützing 2) *Navicula* sp.5 3) *Navicula* sp.3

4) *Navicula aquaedurae* Lange-Bertalot

5) *Navicula cataractarheni* Lange-Bertalot

6-9) *Navicula erifuga* Lange-Bertalot

1 2



(scale bar = 10 μm)

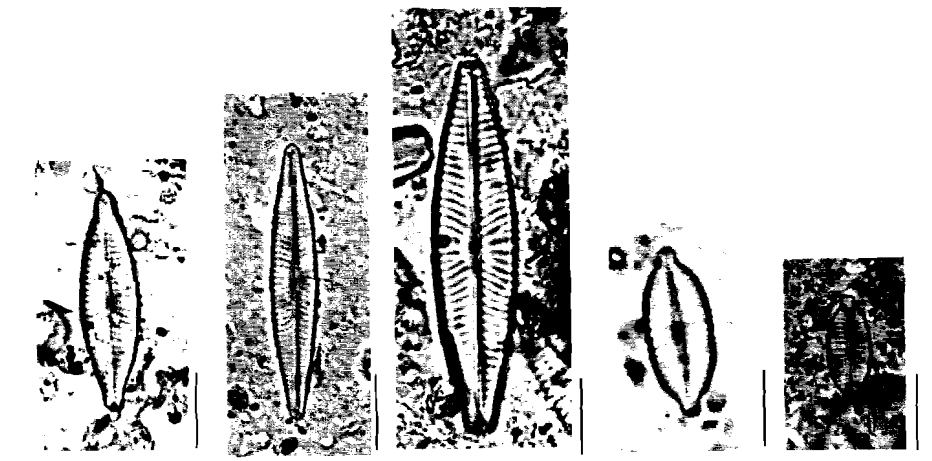
3 4 5 6 7

ภาพที่ 56 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

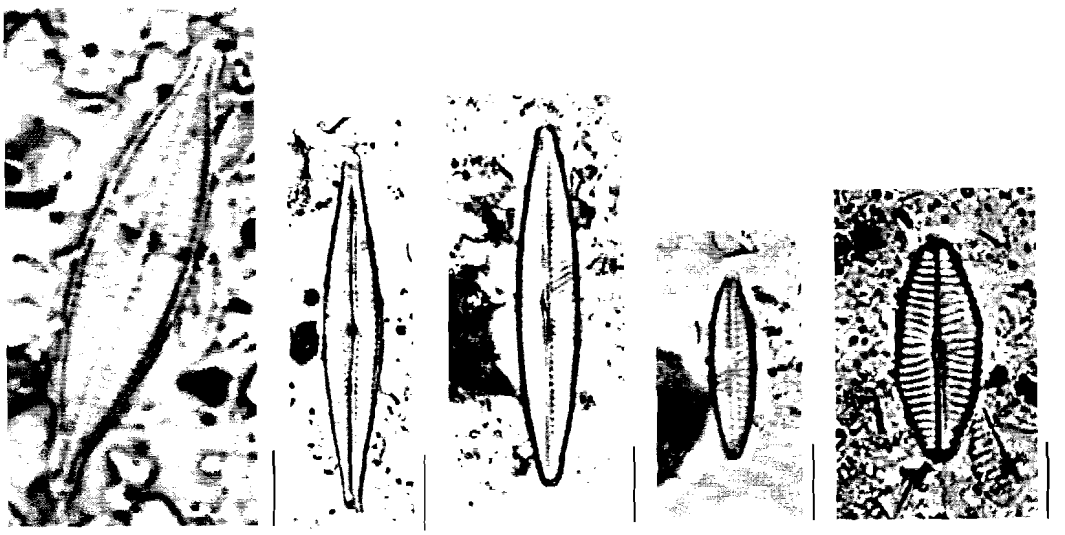
1)-2) *Neidium* cf. *dubium* (Ehrenberg) Cleve

3) *Neidium* cf. *affine* var. *humerus* Reimer 4) *Neidium* sp.1

5)-7) *Navicula microcari* Lange-Bertalot



1 2 3 4 5



6 7 8 9 10 (scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 57 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Navicula germainii* Wallace 2) *Navicula heimansioides* Lange-Bertalot

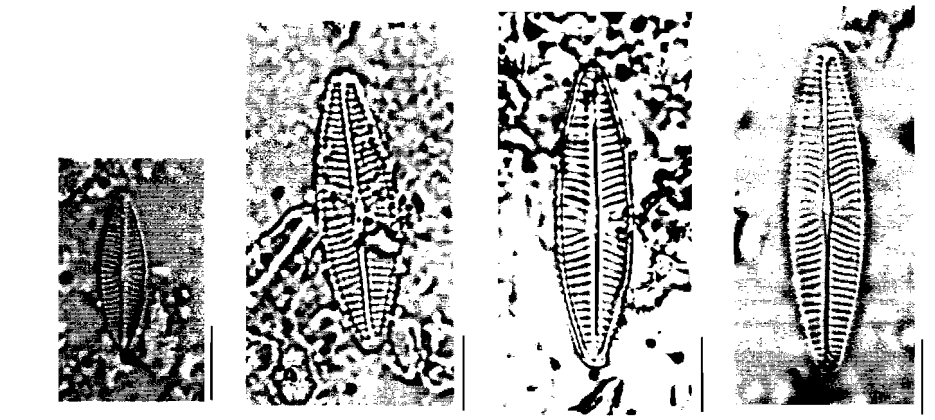
3) *Navicula oppugnata* Hustedt

4) *Naviculadicta nanogomphonema* Lange-Bertalot & U.Rumrich

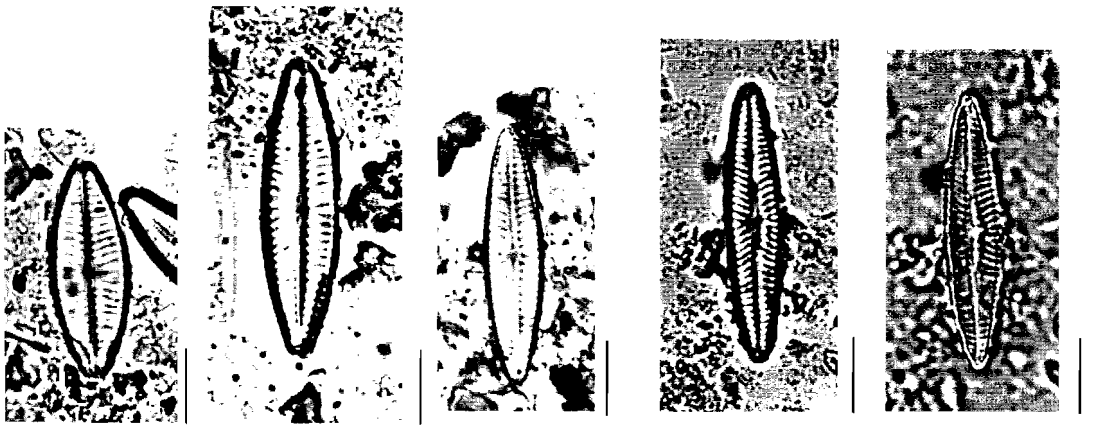
5) *Naviculadicta* sp. 6) *Navicula capitatoradiata* Germain

7) *Navicula notha* Wallace 8) *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot

9) *Navicula* sp.4 10) *Navicula upsaliensis* (Grunow) Peragallo



1 2 3 4



5 6 7 8 9

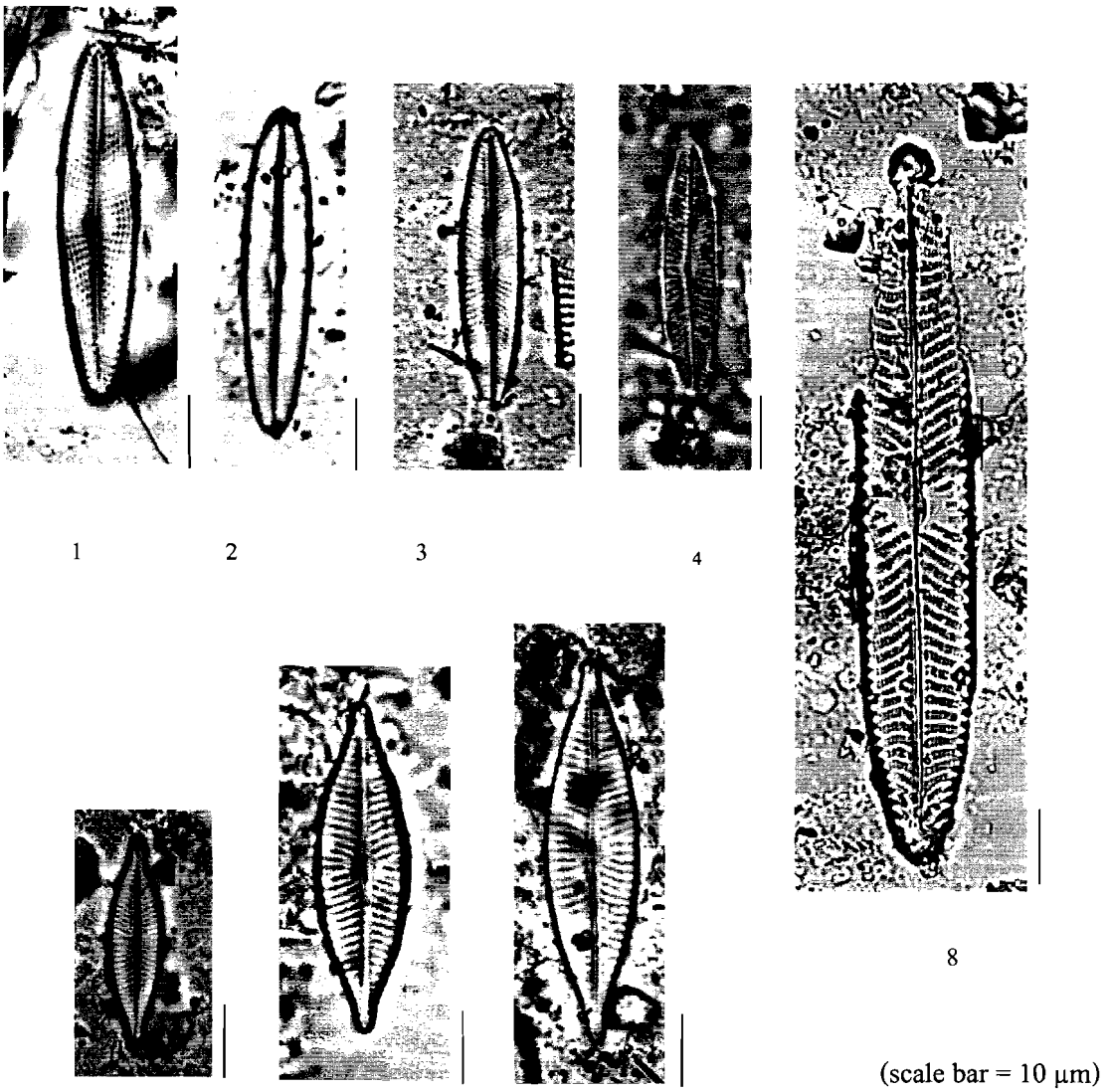
(scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 58 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Navicula cataractarheni* Lange-Bertalot

2)-6) *Navicula erifuga* Lange-Bertalot

7)-9) *Navicula cryptotenelloides* Lange-Bertalot

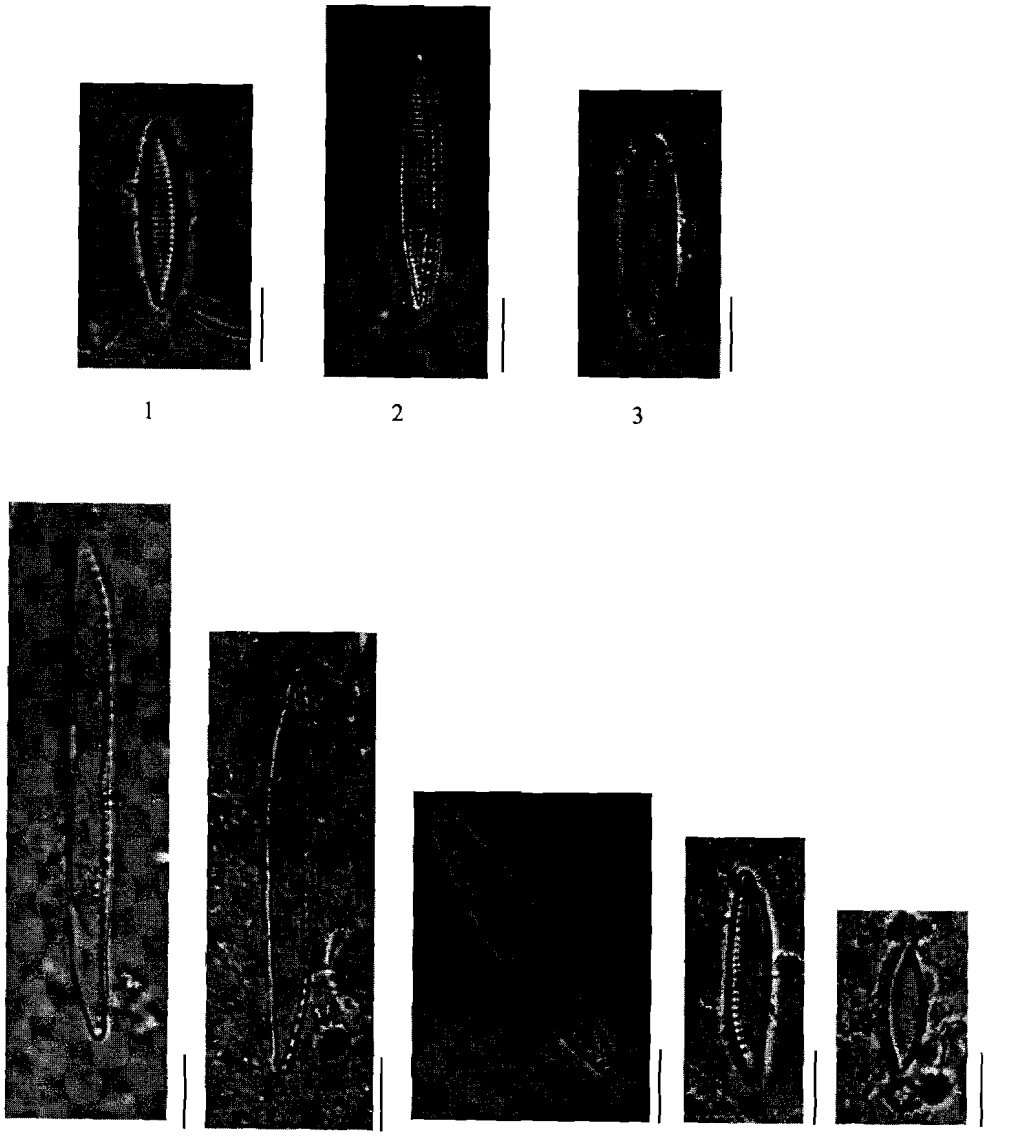


ภาพที่ 59 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Navicula escambia* (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot

2)-4) *Navicula simulata* Manguin 5) *Navicula cryptocephala* Kützing

6)-7) *Navicula trivialis* Lange-Bertalot 8) *Navicula* sp.5

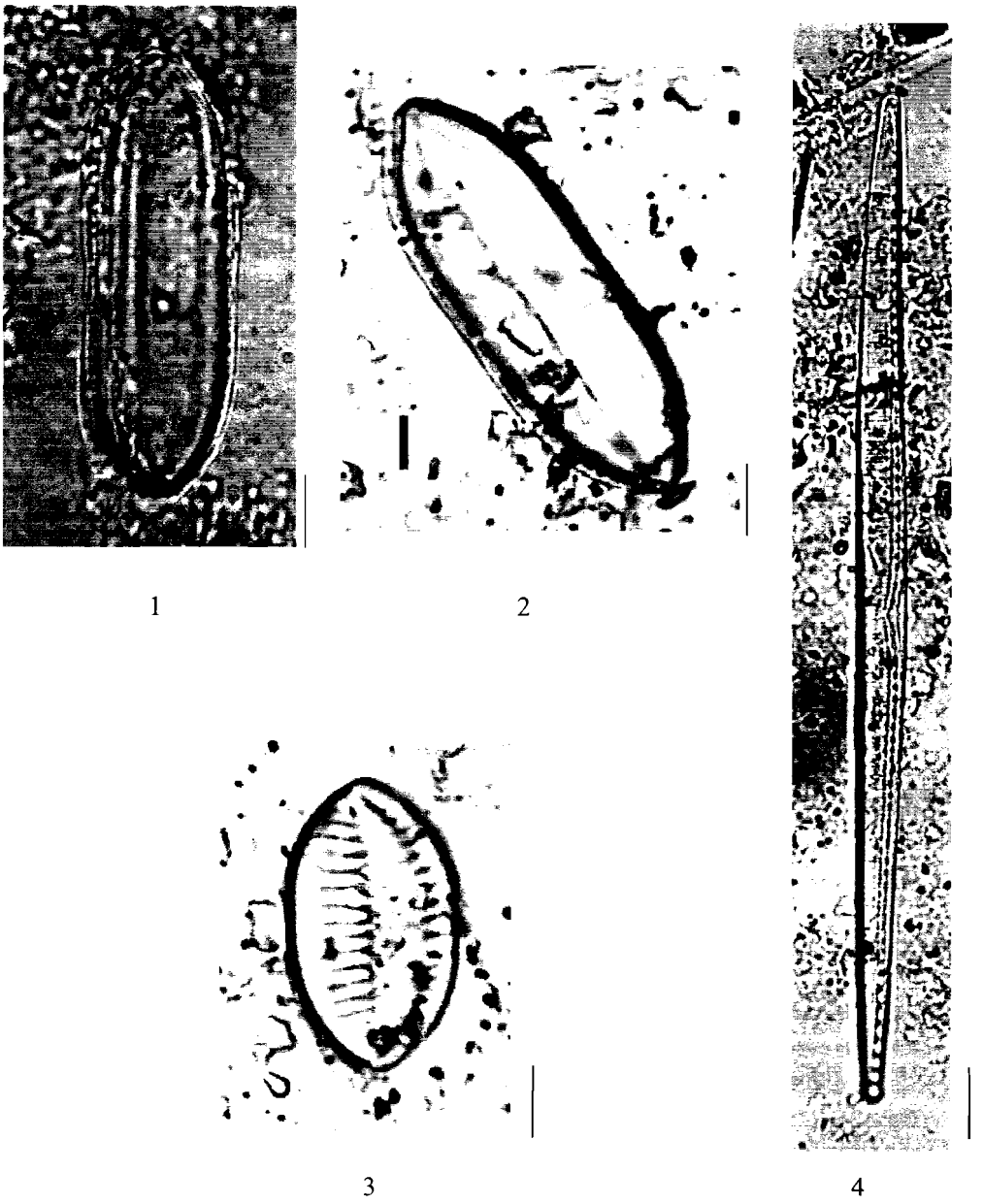


ภาพที่ 60 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-3) *Nitzschia amphibia* Grunow

4)-7) *Nitzschia clausii* Hantzsch

8) *Nitzschia dealpina* Lange-Bertalot & Hofmann



1 2 3 4

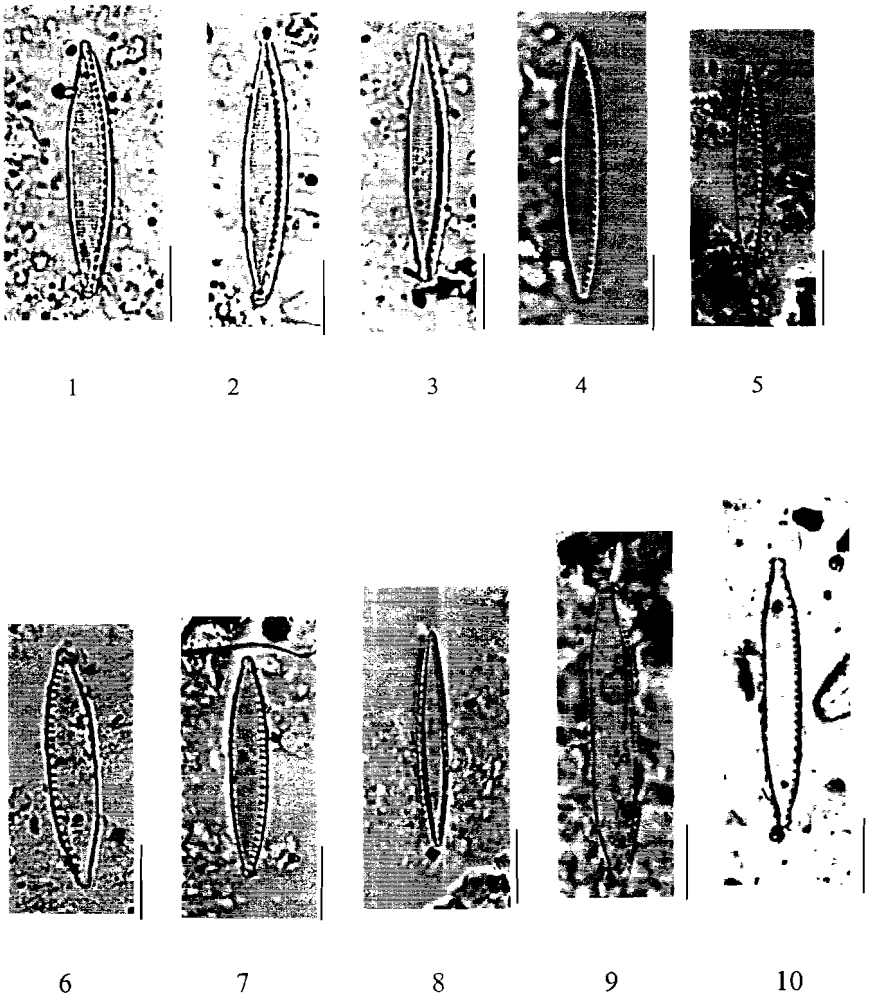
(scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 61 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-2) *Nitzschia litoralis* Grunow

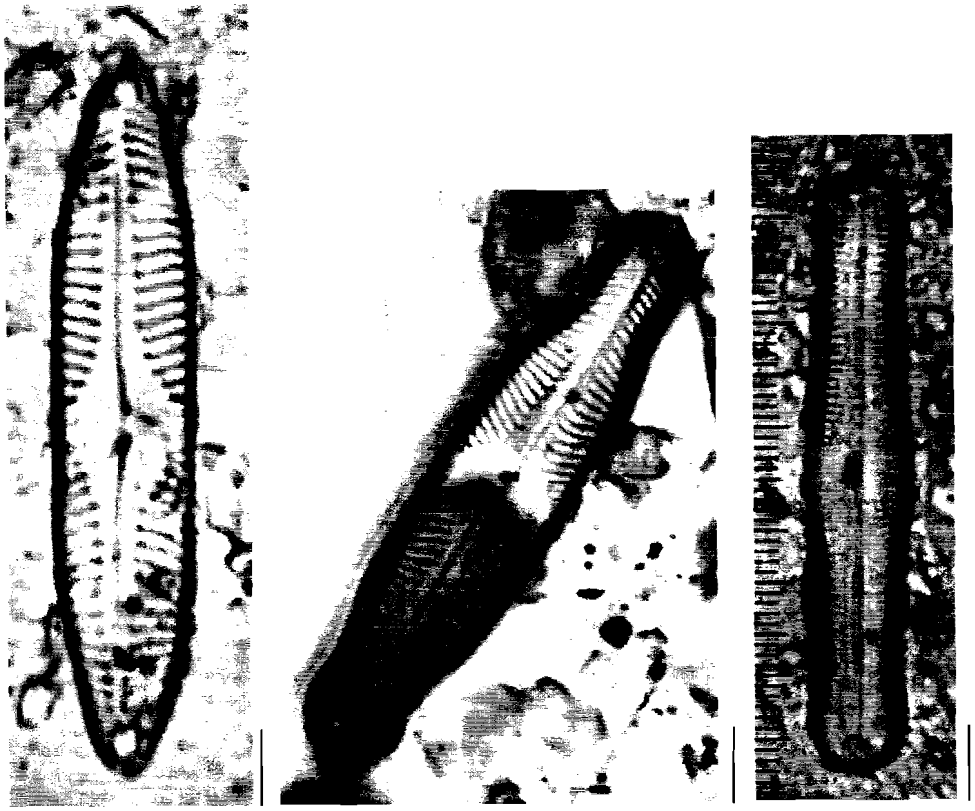
3) *Nitzschia levidensis* (W. Smith) Grunow

4) *Nitzschia scalpelliformis* Grunow



ภาพที่ 62 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1)-10) *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith



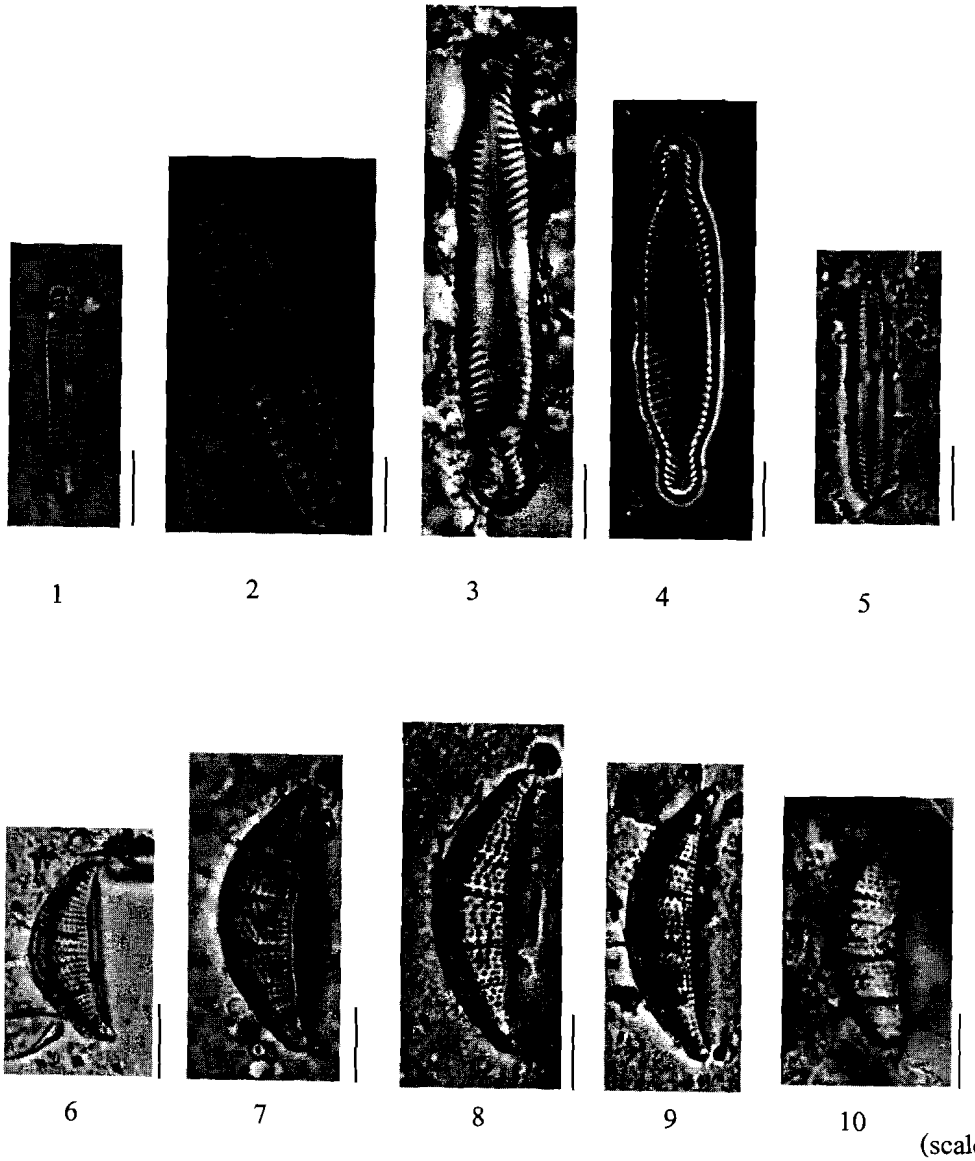
1 2 3 (scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 63 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Pinnularia* cf. *microstauron* (Ehrenberg) Cleve

2) *Pinnularia* cf. *microstauron* var. *rostrata* Krammer

3) *Pinnularia acrosphaeria* W. Smith var. *acrosphaeria*



ภาพที่ 64 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

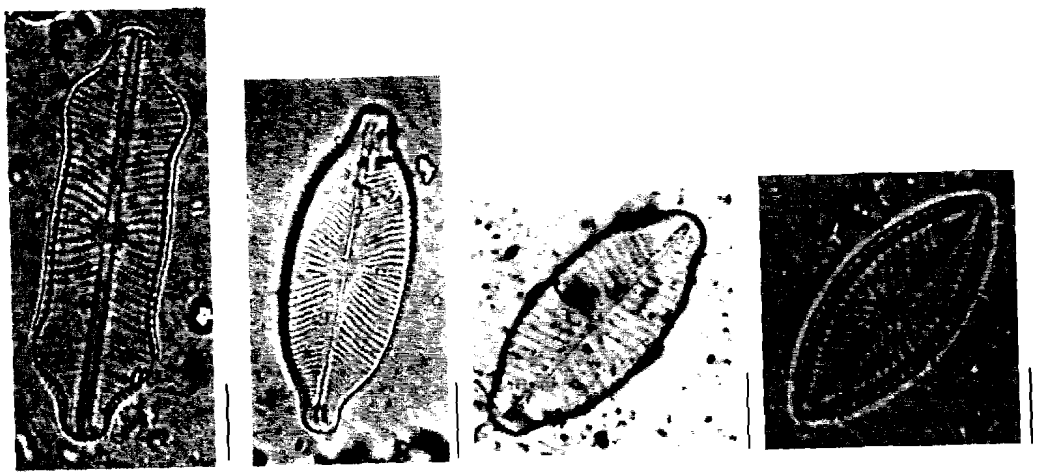
1) *Pinnularia stricta* Hustedt 2)*Pinnularia schimanskii* Krammer

3) *Pinnularia grunowii* Krammer 4) *Pinnularia latarea* var. *thermophila* Krammer 5) *Pinnularia divergentissima* (var. nov.) (Grunow) Cleve var. UBU-MK4

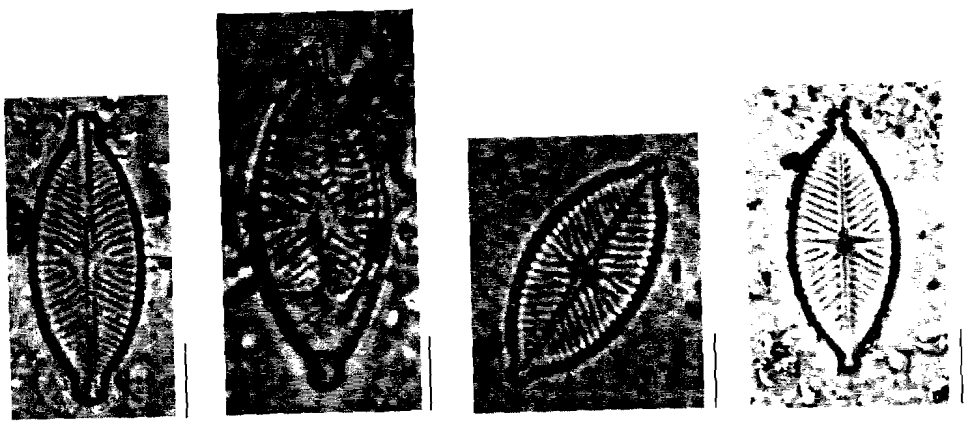
6) *Rhopalodia brebissonii* Krammer

7)-9) *Rhopalodia operculata* (C. Agardh) Hakansson

10) *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson



1 2 3 4



5 6 7 8 (scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 65 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Placoneis* sp.1

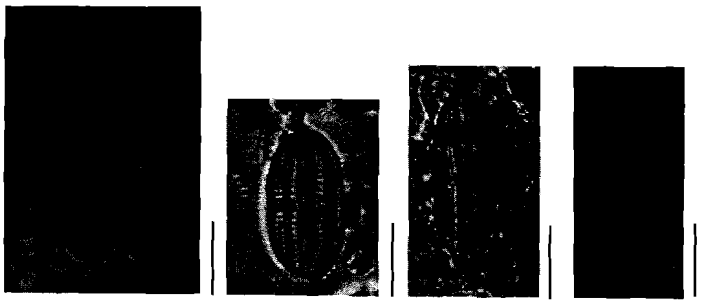
2) *Placoneis placentula* (Ehrenberg) Heinzerling

3) *Placoneis gastrum* (Ehrenberg) Mereschkovsky

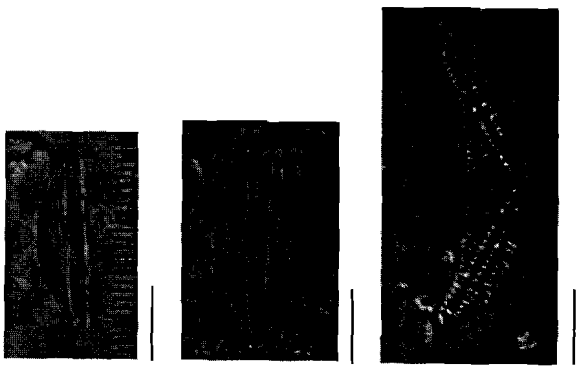
4) *Placoneis* sp.2

5) *Placoneis constans* (Hustedt) E.J.Cox

6)-8) *Placoneis constans* var. *symmetrica* (Grunow) Cox



1 2 3 4



(scale bar = 10 μm)

5 6 7

ภาพที่ 66 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

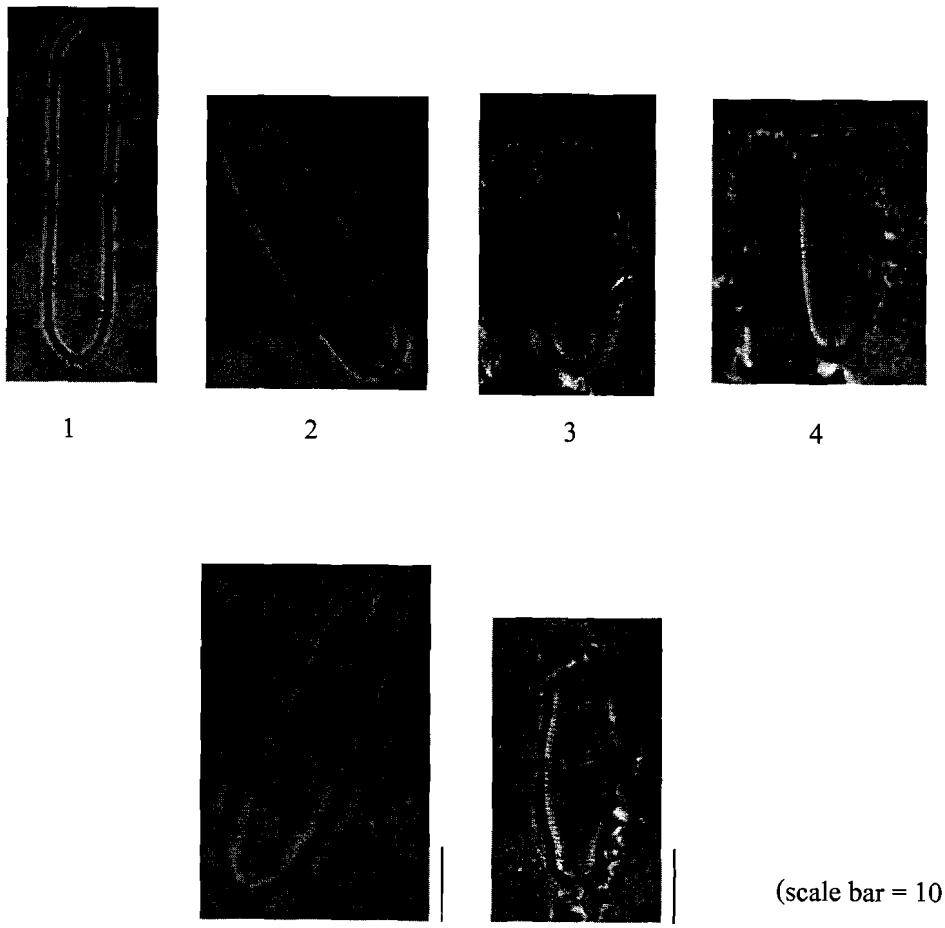
1) *Amphora montana* Krasske

2)-3) *Amphora inariensis* Krammer

4) *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow

5)-6) *Seminavis strigosa* (Hustedt) Danieledis & Economou-Aneilli

7) *Epithemia cistula* (Ehrenberg) Ralfs



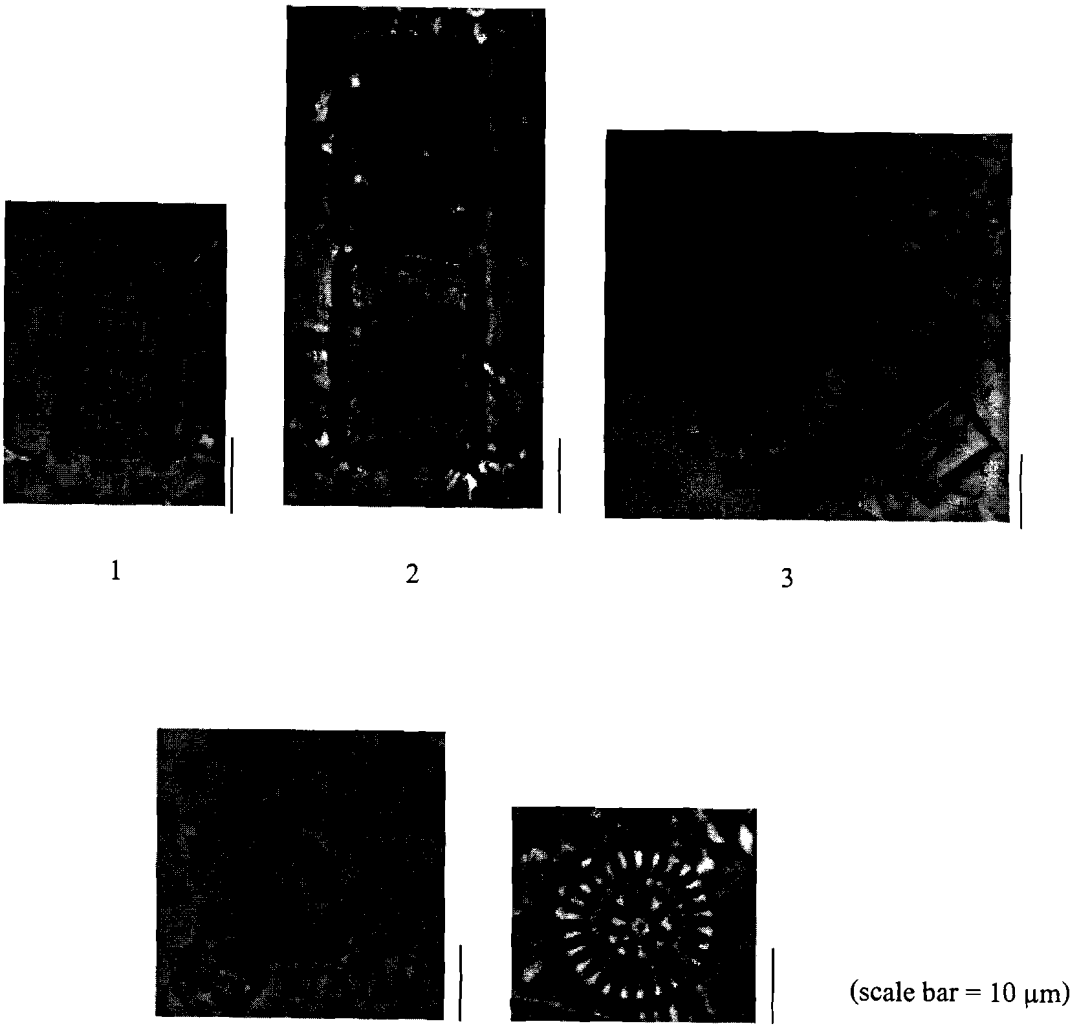
ภาพที่ 67 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Sellaphora* cf. *bisulcatum* (Ehrenberg) D.G.Mann

2)-4) *Sellaphora bacillum* (Ehrenberg) D. G. Mann

5) *Sellaphhora* (*Navicula*) *chiangmainensis*

6) *Sellaphora pupula*(Kützing) Mereschkowsky



ภาพที่ 68 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Aulocoseira granulata* Ehrenberg Simonsen

2)-3) *Melosira varians* C. Agardh

4) *Cyclotella meneghiniana* Kützing

5) *Cyclotella stelligera* Cleve & Grunow

1 2 3

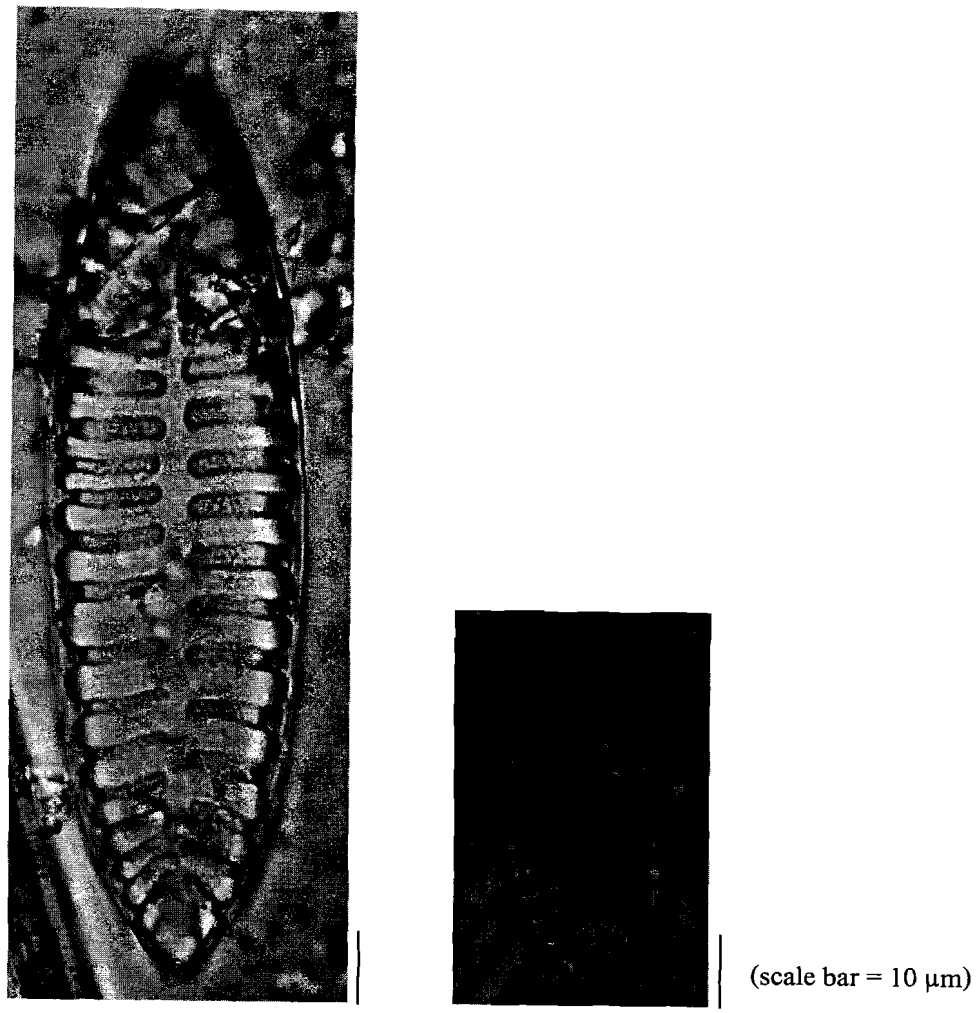
(scale bar = 10 μm)

ภาพที่ 69 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Surirella* sp.1

2) *Surirella* sp.2

3) *Surirella* sp.3



ภาพที่ 70 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

1) *Surirella splendida* (Ehrenberg) Kützing

2) *Surirella angusta* Kützing

4.3 ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่

ผลการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่ พบสาหร่ายขนาดใหญ่ 38 ชนิด ชนิดเด่น ได้แก่ *Spirogyra* sp.1 และ *Cladophora glomerata* Kützing รองลงมาคือ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim, *Spirogyra* sp.2, *Microspora* sp., *Oscillatoria princeps* Vaucher และ *Hydrodictyon* sp. ตามลำดับ การเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มหลักตามลำดับการเจริญที่เด่นชัดในแหล่งน้ำได้ดังนี้ (ภาพที่ 71-94 และ ตารางที่ 14)

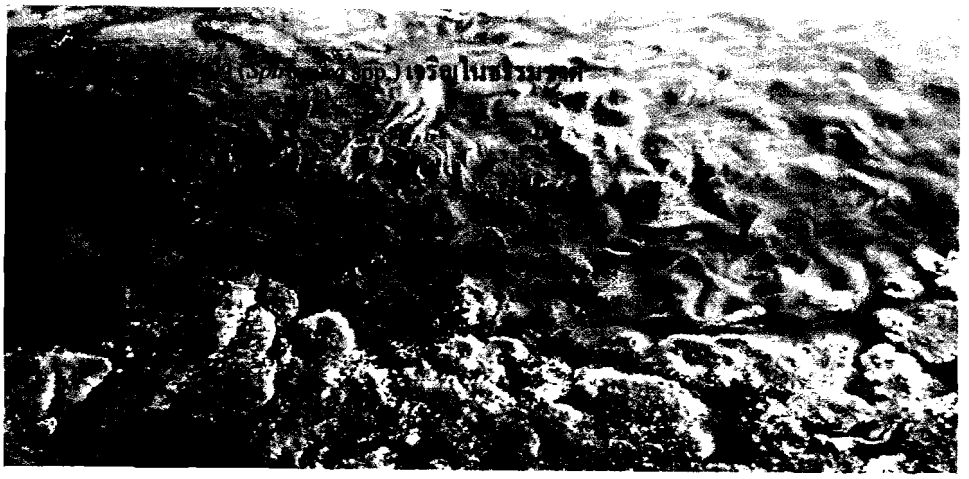
กลุ่มที่ 1 สาหร่ายเทาน้ำ ประกอบด้วย *Spirogyra* sp.1 และ *Spirogyra* sp.2 มีการเจริญได้ดีในฤดูหนาว เดือนที่เริ่มสังเกตเห็นการเจริญเติบโตในลักษณะเส้นสายสั้นๆ คือเดือนตุลาคมเมื่อปริมาณฝนเริ่มน้อยลง และเข้าสู่ช่วงต้นฤดูหนาว และจะมีการเจริญเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนมีการเจริญสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ต่อมาในเดือนมีนาคม *Spirogyra* spp. จะค่อยๆ ลดจำนวนลง และในเดือนมีนาคมนี้จะเริ่มสังเกตเห็นสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มที่เจริญเด่นมากกว่าเทาน้ำเกิดขึ้นแทนที่

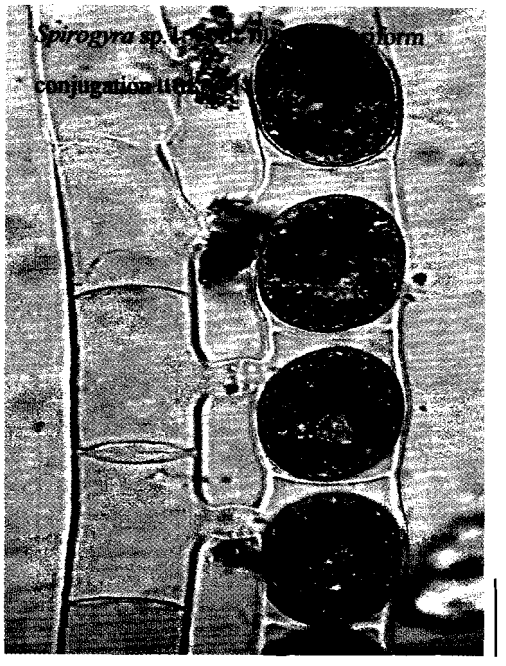
กลุ่มที่ 2 สาหร่ายไกและสาหร่ายตาข่ายน้ำ ประกอบด้วย *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim, *Microspora* sp.1 และ *Hydrodictyon* sp. สาหร่ายกลุ่มนี้จะมีการเจริญขึ้นมาแทนที่สาหร่ายกลุ่มที่ 1 ในช่วงต้นฤดูหนาวแต่ยังไม่สามารถสังเกตได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า แต่เมื่อนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่ามีการเจริญปะปนกับสาหร่ายกลุ่มที่ 1 ได้ตั้งแต่ในช่วงต้นฤดูฝน แต่ยังมีการเจริญไม่มาก เมื่อสาหร่ายกลุ่มที่ 1 เริ่มตายลงไปในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคมซึ่งพบว่าในเดือนกุมภาพันธ์นั้นสารห่ายกลุ่มที่ 2 มีการเจริญแทนที่สาหร่ายกลุ่มที่ 1 และเจริญเป็นสาหร่ายกลุ่มที่เด่นมากกว่าสาหร่ายกลุ่มที่ 1 และสาหร่ายกลุ่มที่ 2 จะเจริญสูงสุดในเดือนมีนาคม ต่อมาเมื่อเข้าสู่เดือนเมษายนสาหร่ายกลุ่มที่ 2 จะเริ่มตายลง

กลุ่มที่ 3 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ประกอบด้วย *Oscillatoria princeps* Vaucher จะมีการเจริญแทนที่สาหร่ายกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 โดยพบว่า *O. princeps* Vaucher จะมีการเจริญอย่างเด่นชัดและเป็นสาหร่ายชนิดเด่นในเดือนเมษายน และพฤษภาคมโดยจะมีการเจริญบนซากของสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มที่ 1 และ 2 ที่ทับถมอยู่ที่บริเวณพื้นท้องน้ำ ซึ่งจะสามารถสังเกตเห็นสาหร่ายกลุ่มนี้ชัดเจนเมื่อพื้นท้องน้ำถูกรบกวน เช่น การเดินเก็บตัวอย่างหรือการลากอวนของชาวประมง เป็นต้น

ตารางที่ 14 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

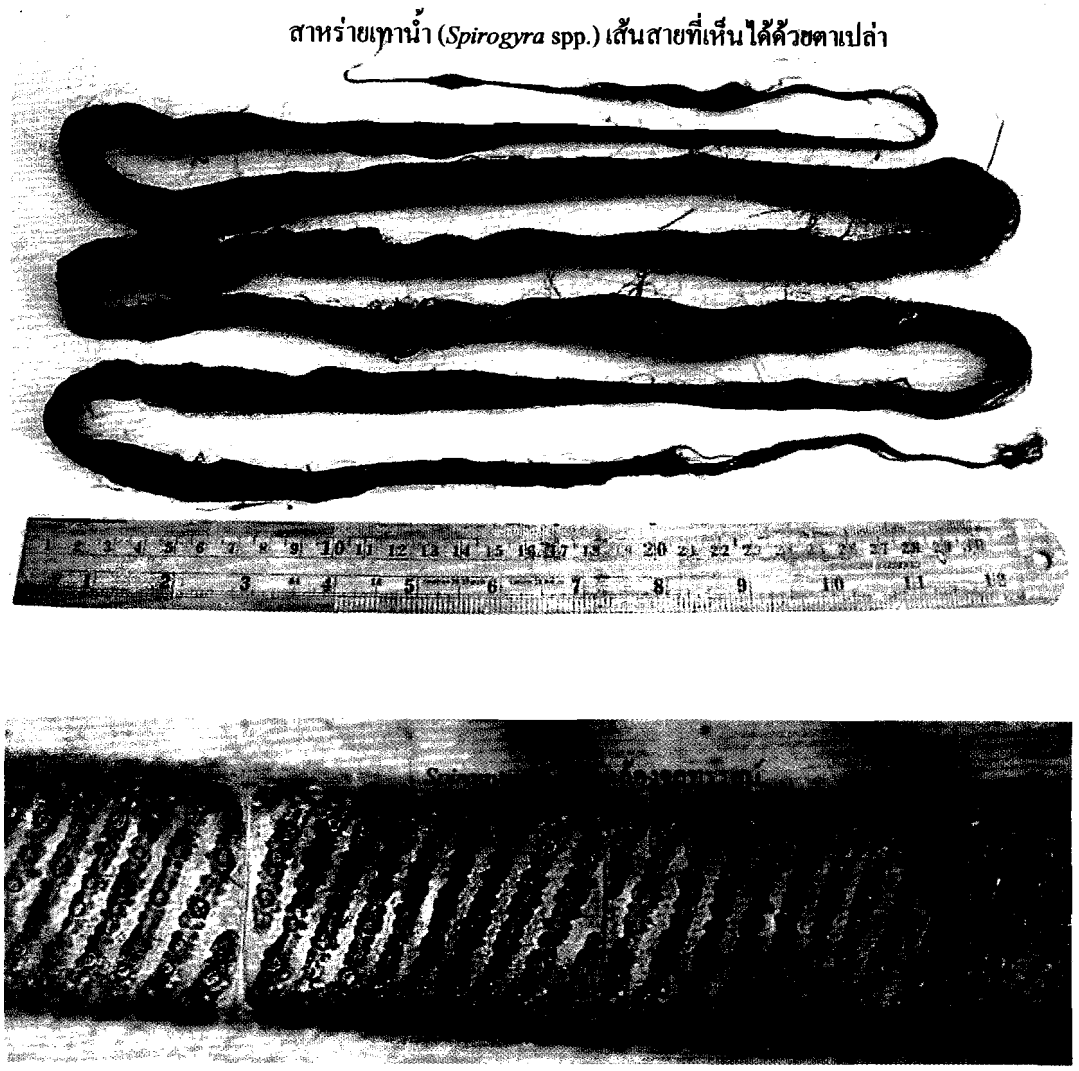
Month	Macroalgae	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Feb 2007	*Spirogyra* sp.1	++	+	+	+	++++	++++	+	+	+	+
	Spirogyra sp.2	++	+	+	+	++	++	+	+	+	+
	Cladophora glomerata Kützing	++++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	+++	++	++	++	++	+++	+++	+	++	+
	Oscillatoria princeps Vaucher	+	-	-	++	+	++	-	-	-	+
	Microspora sp.	++	+	+	++	+	++	++	+	++	+
	Hydrodictyon sp.	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-
Mar., 2007	*Spirogyra* sp.1	++	+	+	+	++	++	++	+	+	+
	Spirogyra sp.2	++	+	+	+	++	++	+	+	+	+
	Cladophora glomerata Kützing	++++	+++	+++	+++	++	++++	++++	++	++++	+++
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	+++	++	++	+++	++	+++	+++	++	+++	+++
	Oscillatoria princeps Vaucher	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+
	Microspora sp.	+++	++	++	+++	+	+++	+++	+	+++	+++
	Hydrodictyon sp.	++	-	-	+	-	+	++	-	+	-
Apr., 2007	*Spirogyra* sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Kützing	++	+	+	++	+	++	++	+	++	++
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim										
	Oscillatoria princeps Vaucher	+++	+	+	+++	+++	+++	+++	++	+	+++
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
May, 2007	*Spirogyra* sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher	++	+	+	++	+	++	++	+	++	++
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
June, 2007	*Spirogyra* sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
July, 2007	*Spirogyra* sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aug., 2007	*Spirogyra* sp.1	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Kützing	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sep., 2007	*Spirogyra* sp.1	+	-	-	-	-	+	-	+	+	++
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Kützing	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oct., 2007	*Spirogyra* sp.1	+	-	-	+	-	+	+	+	-	++
	Spirogyra sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cladophora glomerata Küzing	++	-	-	+	-	+	+	-	-	+
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov., 2007	*Spirogyra* sp.1	+++	+	+	+	-	-	-	+++	-	+++
	Spirogyra sp.2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Cladophora glomerata Kützing	+++	-	-	-	++	++	+++	-	+++	+
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+
	Oscillatoria princeps Vaucher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dec., 2007	*Spirogyra* sp.1	++++	++	++	++	-	-	-	+++	-	++++
	Spirogyra sp.2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Cladophora glomerata Kützing	++++	-	-	-	++++	++++	++++	-	-	+
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	+	-	-	-	+	-	+	-	++++	+
	Oscillatoria princeps Vaucher	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-
	Microspora sp.	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 2008	*Spirogyra* sp.1	++++	++	++	++	++++	++++	+++	++++	+++	+++
	Spirogyra sp.2	++	+	+	+	+++	+++	+	+	+	+
	Cladophora glomerata Kützing	++++	++	+++	+++	+++	++++	++++	++	++++	+++
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim	++		+	+	+	+	+	+	+	+
	Oscillatoria princeps Vaucher	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microspora sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Hydrodictyon sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-





(scale bar = 50μm)

ภาพที่ 71 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

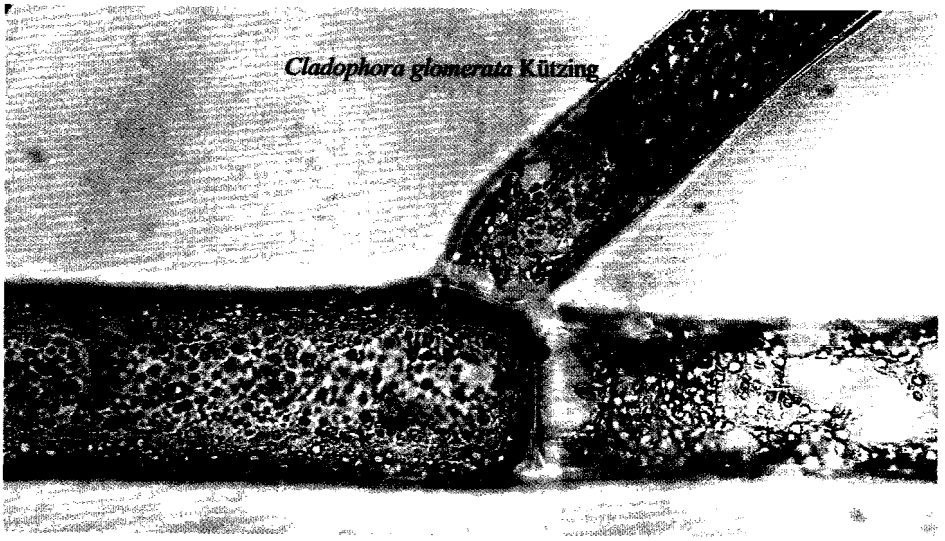


ภาพที่ 72 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

สาหร่ายไก : *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microapora pachyderma* (Wille) Lagerheim เส้นสายที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า

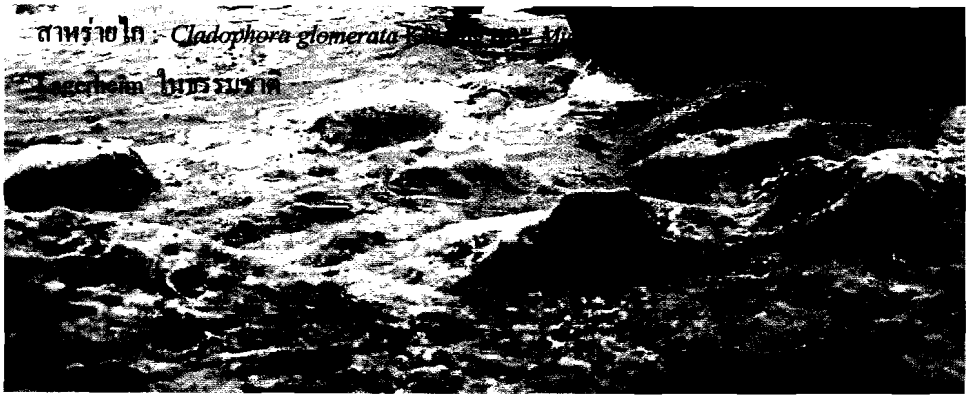
(scale bar = 100μm)

ภาพที่ 73 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



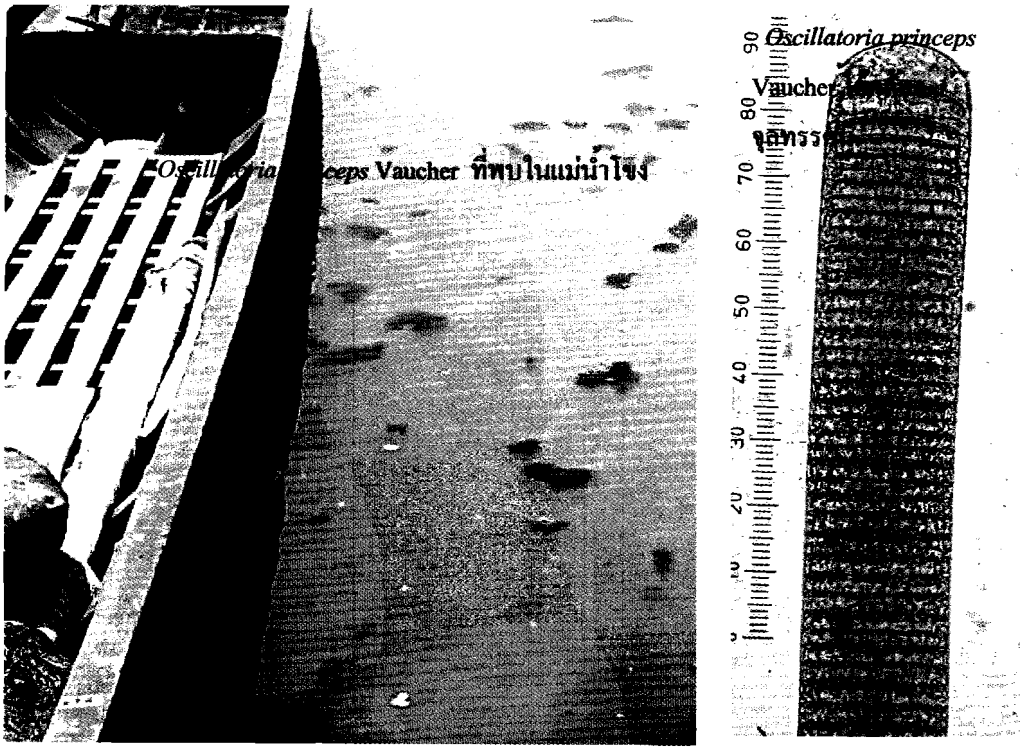
(scale bar = 50μm)

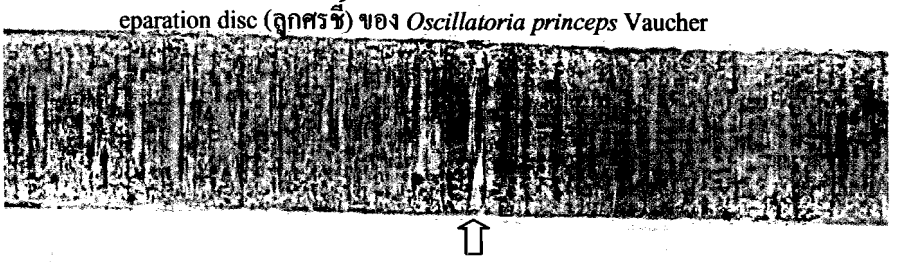
ภาพที่ 74 *Cladophora glomerata* Kützing ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



(scale bar = 50μm)

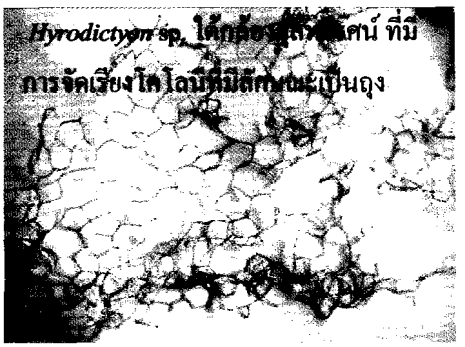
ภาพที่ 75 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



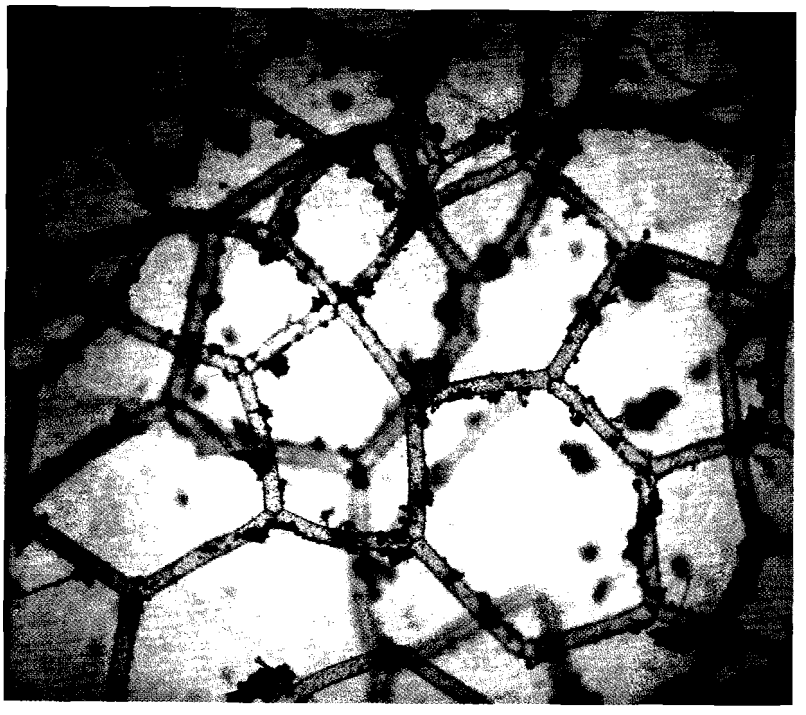


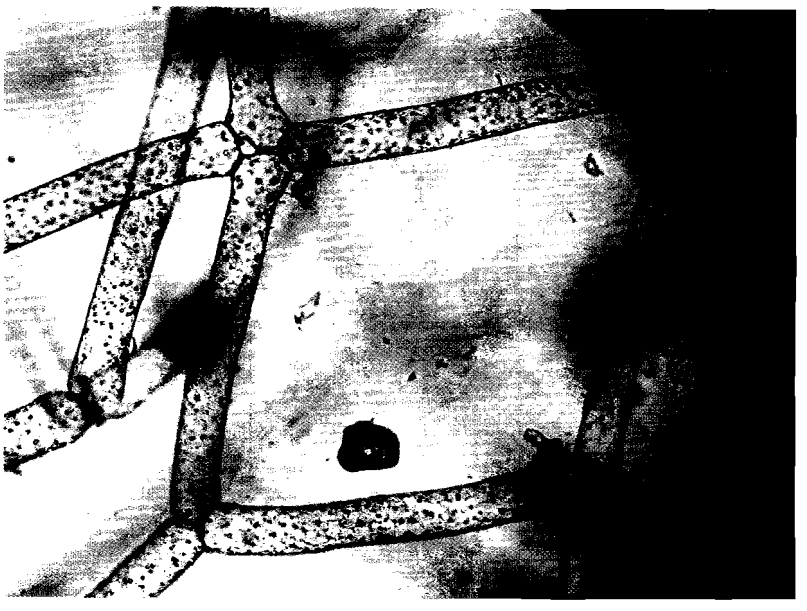
(scale bar = 50μm)

ภาพที่ 76 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



ภาพที่ 77 สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551



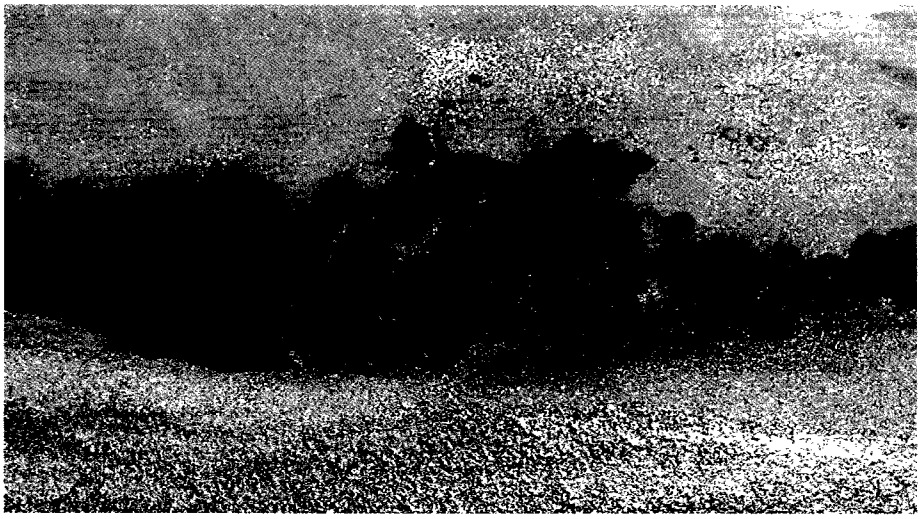


(scale bar = 50μm)

ภาพที่ 78 *Hyrodictyon* sp. ใต้กล้องจุลทรรศน์ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

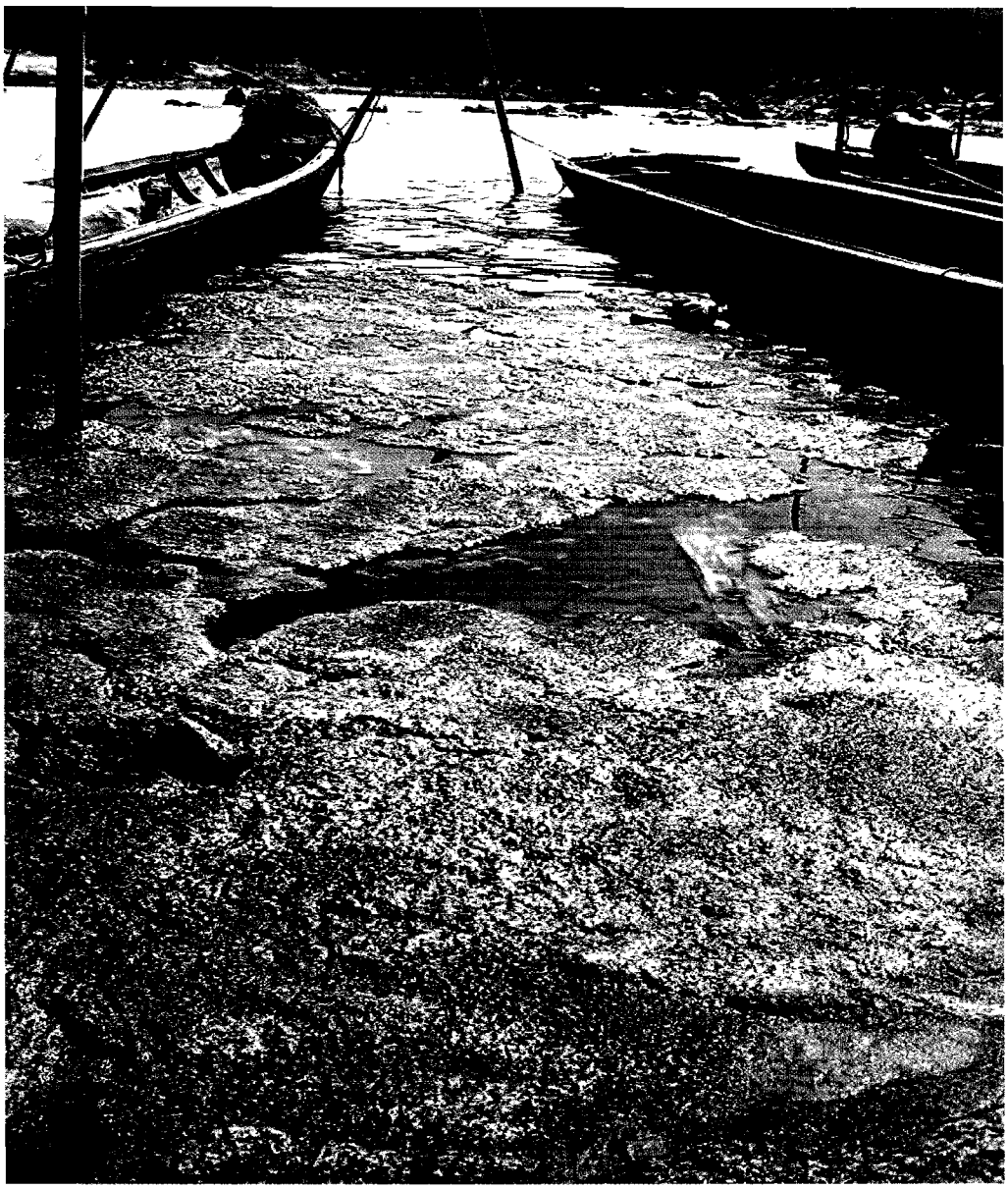
ภาพที่ 79 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* spp., *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ภาพที่ 80 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือน กุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

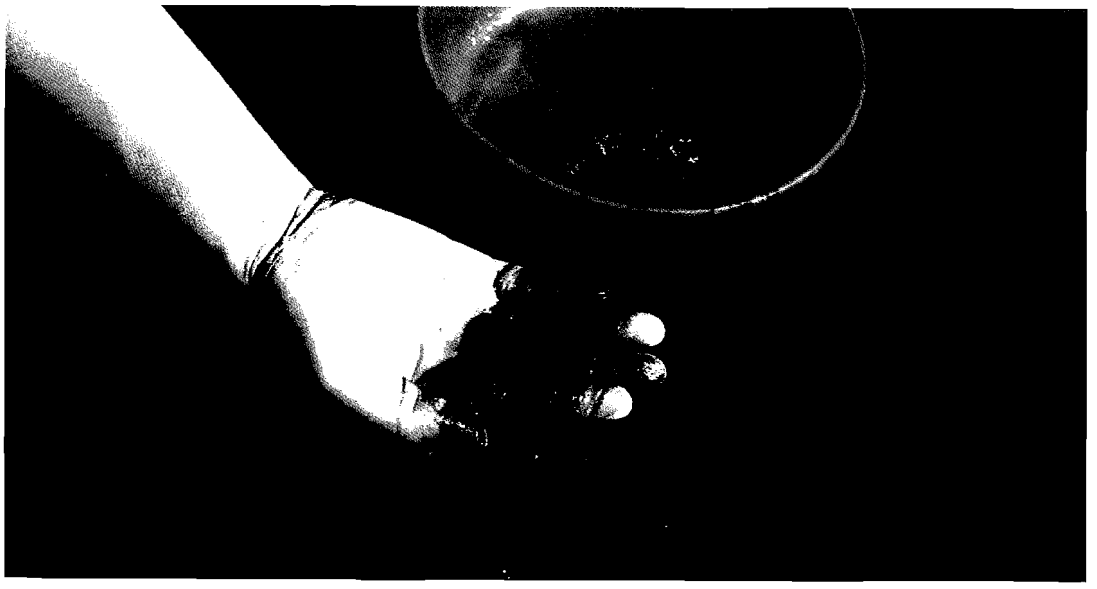


ภาพที่ 81 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ภาพที่ 82 สาหร่ายไก ขณะเริ่มเกิดการเจริญแทนที่สาหร่ายเทาน้ำในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

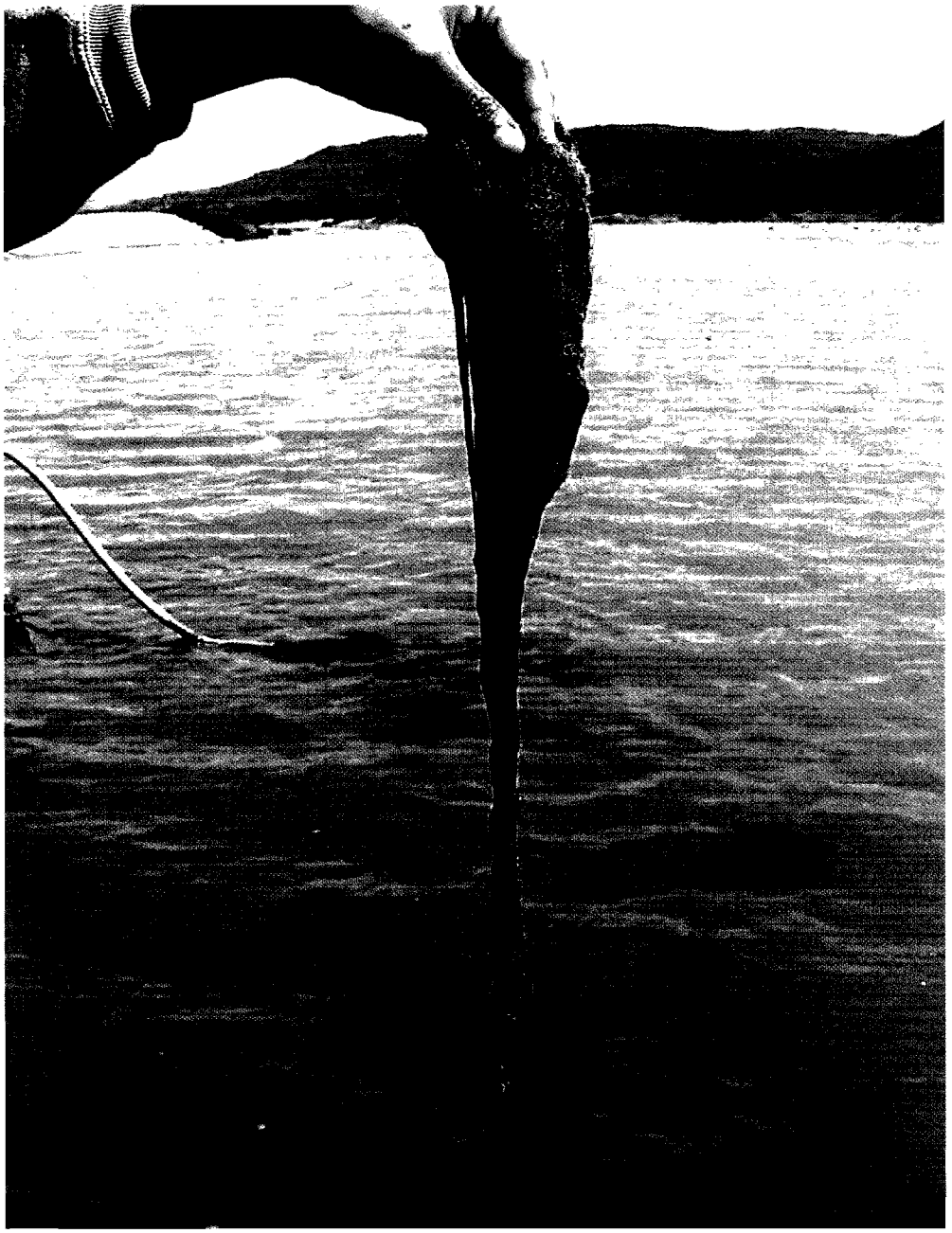


ภาพที่ 83 สาหร่ายไก ขณะเริ่มเกิดการเจริญแทนที่สาหร่ายเทาน้ำในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ 84 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

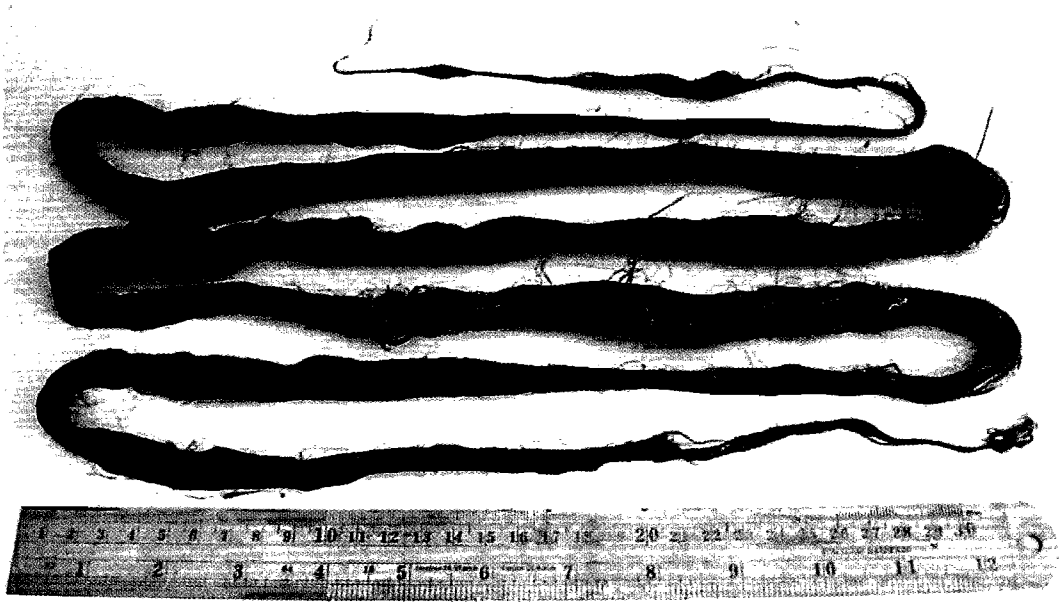
ภาพที่ 85 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี



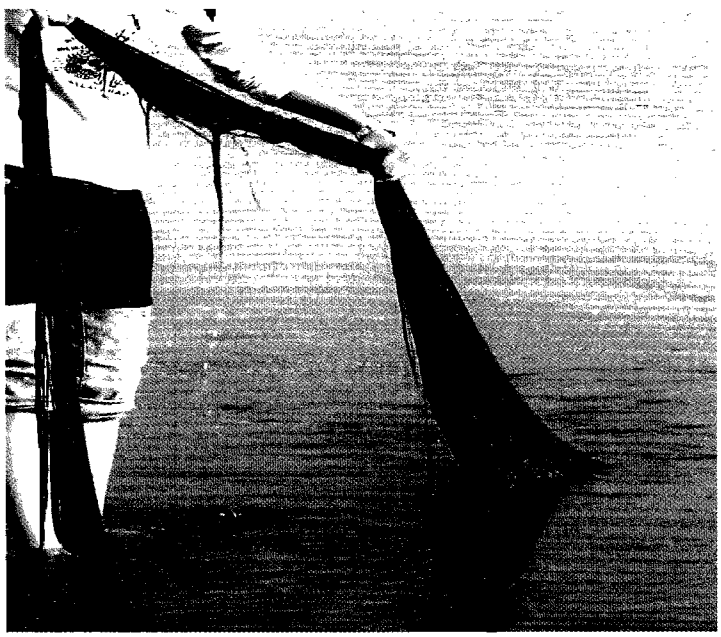
ภาพที่ 86 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ภาพที่ 87 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ภาพที่ 88 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนมีนาคม 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

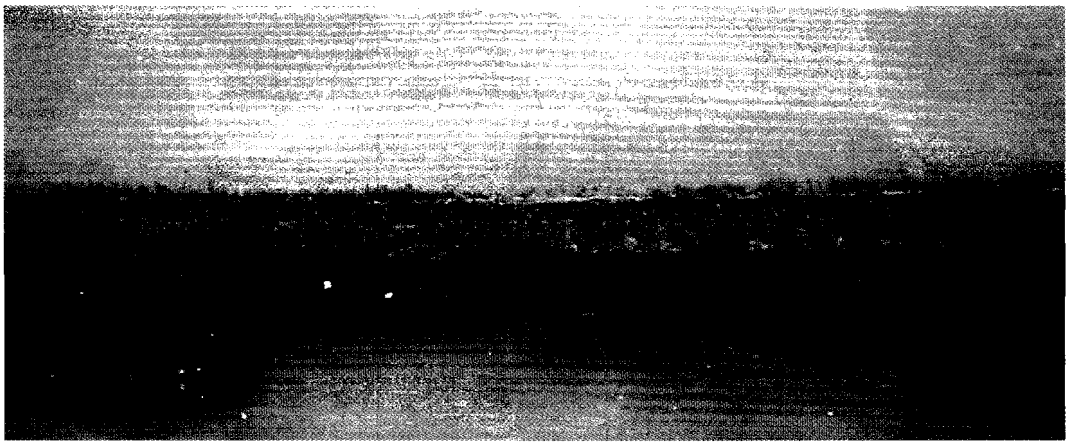


ภาพที่ 89 *Spirogyra* spp.ที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ในเดือนมีนาคม 2550



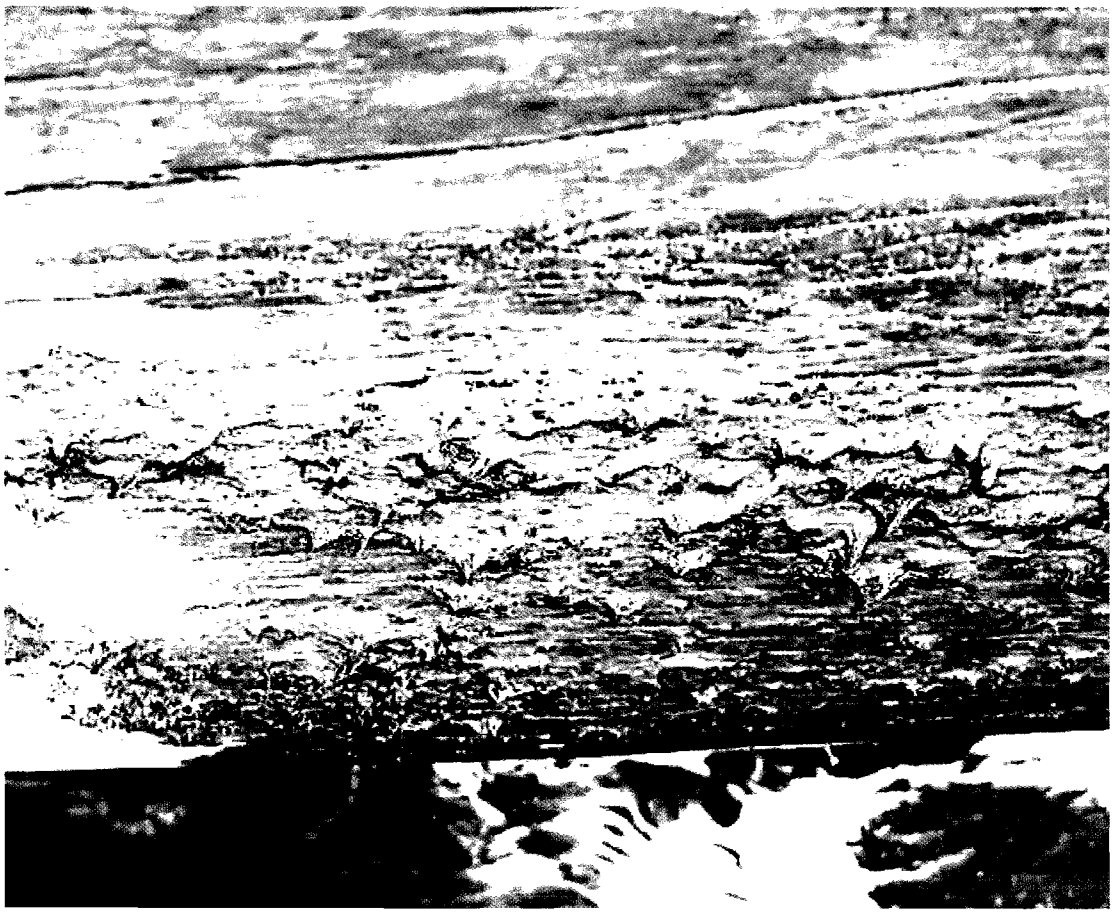
ภาพที่ 90 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนมีนาคม 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ภาพที่ 91 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Oscillatoria princeps* Vaucher ที่พบในเดือนเมษายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ 92 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora* spp. และ *Oscillatoria princeps* Vaucher ที่พบในเดือนเมษายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหล ผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ภาพที่ 93 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่เจริญลดลงและเริ่มตาย บริเวณพื้นท้องน้ำ และ *Oscillatoria princeps* Vaucher ที่เจริญปกคลุมสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มอื่น และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเมื่อพื้นท้องน้ำถูกรบกวน โดยพบในเดือนเมษายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ 94 สาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora* spp. ที่พบในเดือนพฤศจิกายน 2550 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ตารางที่ 15 สาหร่ายขนาดใหญ่ตามดิวิชันต่างๆที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

ดิวิชัน	ชนิด
Chlorophyta	*Cladophora glomerata* Kützing
	Microspora pachyderma (Wille) Lagerheim
	Microspora sp.1 UBU MK5
	Microspora sp.2
	Mougeotia scaralis Hassell
	Oedogonium sp.
	Rhizoclonium hieroglyphicum (C.Agardh) Kützing
	Spirogyra sp.1
	Spirogyra sp.2
	Spondylosium sp
	Ulothrix sp.
	Zygogonium ericetorum Kützing
Chrysophyta	*Tribonema viride* Pascher
	Vaucheria sp.
Cyanophyta	*Anabaena* sp.1
	Anabaena sp.2
	Cylindrospermopsis sp.
	Limnothrix planctonica (Woloszynska) Meffert
	Lyngbya truncicola Ghose
	Oscillatoria guttulata van Goor

ตารางที่ 15 สาหร่ายขนาดใหญ่ตามดิวิชันต่างๆที่พบในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

ดิวิชัน	ชนิด
Cyanophyta	*Oscillatoria princeps* Vaucher
	Oscillatoria sp.1
	Oscillatoria sp.2
	Oscillatoria symplocarioides P.L.Crouan & H.M.Crouan ex Gomont
	Oscillatoria rusea Uterm
	Phormidium cortianum (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komárek
	Phormidium formosum (Bory de Saint-Vincent ex Gomont) Anagnostidis & Komárek
	Phormidium retzii (C.Agardh) Kützing ex Gomont
	Phormidium jenkelianum G.Schmid
	Phormidium submembranaceum (Ardissone & Strafforello) Gomont
	Planktothrix rubescens (De Candolle ex Gomont) Anagnostidis & Komárek
	Pseudanabaena sp.
	Schizothrix vaginata (Nägeli) Gomont
	Spirulina subsalsa Oerst
	Spirulina labyrinthiformis Gomont
Bacillaliophyta	*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) simonsen
	Melosira varians C.Agardh
	Melosira sp.1

4.4 อินเดกซ์ของไดอะตอมในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี (Me Kong River in Ubon Ratchanthani Index, MKUI)

ผลการจัดทำอินเดกซ์ซึ่งยึดหลักตาม The Saprobic Index ของ Rott *et al.* (Rott *et al.*, 1997) โดยใช้สูตรของ van Dam (1994) และ The Mekong River and its tributaries Diatom Index (Suphan, 2010) (modified from Kelly (2000), Lorraine and Vollenweider (1983), Wetzel (1983) และ ค่าคะแนนมาตรฐานคุณภาพน้ำของ AARL-PP Score และ AARL-PC Score แสดงในตารางที่ 16 และ 17

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกัน (Percent similarity coefficient) ของตัวอย่างโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Percent similarity coefficient} = 2 \times \frac{\sum \min}{\sum \text{sample 1} + \sum \text{sample 2}}$$

4.5 คะแนน AARL-PC Score และ AARL-PP Score

แนวโน้มของคุณภาพน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพบว่ามีค่าคะแนนทั้ง AARL-PC Score และ AARL-PP Score ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือเมื่อนำค่าคะแนนของทุกจุดเก็บตัวอย่างมาพิจารณาร่วมกัน พบว่าสามารถเรียงลำดับจุดเก็บตัวอย่างจากคุณภาพดีที่สุดไปจนถึงไม่ดีที่สุด ได้ดังนี้ จุดที่มีคุณภาพน้ำดีที่สุดมีค่าคะแนน AARL-PP score 5 คะแนน มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) ได้แก่ จุดที่ 4 จุดที่ 5 จุดที่ 6 จุดที่ค่าคะแนน AARL-PP score 5.3 คะแนน มีสารอาหารปานกลาง ได้แก่ จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 7 จุดที่มี ค่าคะแนน AARL-PP score 6.3 คะแนนเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic to eutrophic) ได้แก่ จุดที่ 1 จุดที่ 8 และจุดที่ 10 และจุดที่มีค่าคะแนน AARL-PP score มากที่สุดคือ 6.7 คะแนน มีสารอาหารปานกลางถึงสูง คือจุดที่ 9

ตารางที่ 16 ค่าคะแนน AARL-PC score ของจุดเก็บตัวอย่างน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 7	จุดที่ 1	จุดที่ 8	จุดที่ 10	จุดที่ 9
AARL-PC score	5	5	5	5.3	5.3	5.3	6.3	6.3	6.3	6.7
Ttophic status	meso	meso	meso	meso	meso	meso	Meso-eutro	meso-eutro	Meso-eutro	meso-eutro

4.6 ความสัมพันธ์ของไดอะตอมและคุณภาพน้ำ

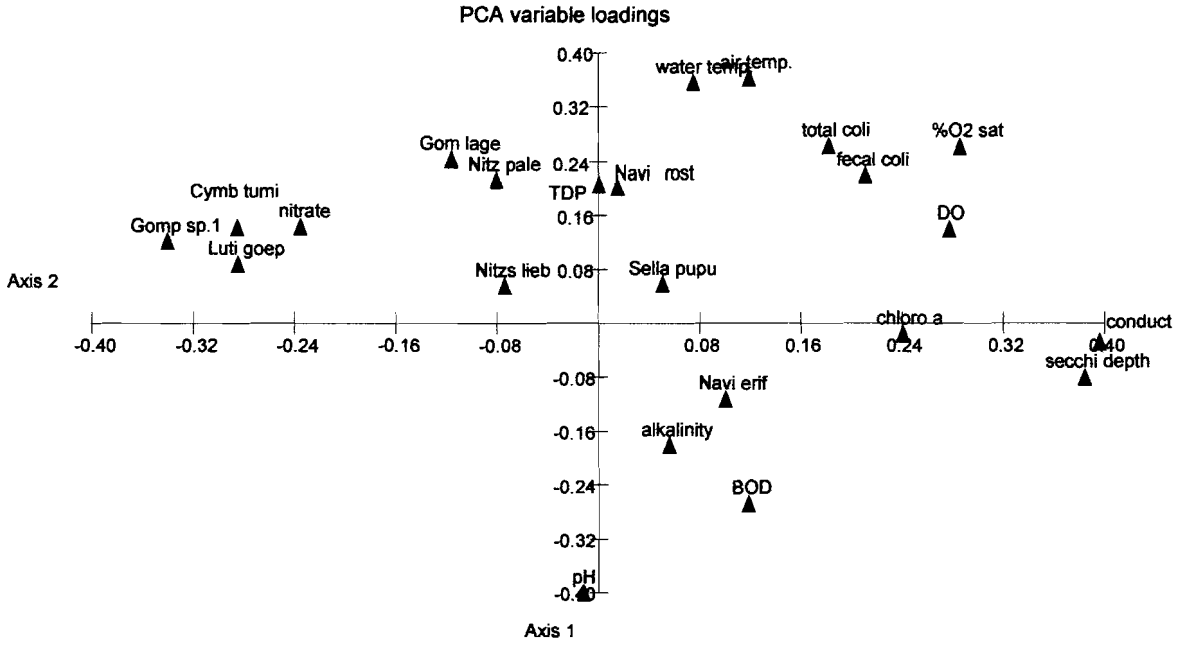
เมื่อนำข้อมูลร้อยละของไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมดที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ทุกซ้ำ และทุกเดือน พบว่าไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำของแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีระหว่างเดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2551 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้แก่ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck และ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot ที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีสารอาหารปานกลาง และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Luticula goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst และ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีสารอาหารปานกลางถึงมากได้ (ดังตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนมกราคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2551 ที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้

ไดอะตอมชนิดเด่น	สารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	ปานกลาง (mesotrophic)	ปานกลาง
Navicula erifuga Lange-Bertalot	ปานกลาง (mesotrophic)	ปานกลาง
Cymbella turgidula Grunow	ปานกลางถึงสูง (meso - eutrophic)	ปานกลางถึงไม่ดี
Gomphonema clevei v. *javanica* Hustedt	ปานกลางถึงสูง (meso - eutrophic)	ปานกลางถึงไม่ดี
Luticula goeppertiana (Bleisch) D. C. Mann	ปานกลางถึงสูง (meso - eutrophic)	ปานกลางถึงไม่ดี
Nitzschia liebetruthii Rabenhorst	ปานกลางถึงสูง (meso - eutrophic)	ปานกลางถึงไม่ดี
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith	ปานกลางถึงสูง (meso - eutrophic)	ปานกลางถึงไม่ดี

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่น และคุณภาพน้ำบางประการพบว่า *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Gomphonema clevei* var. *javanica Hustedt* และ *Luticula goeppertiana* (Bleisch) D.G. Mann มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำ รองลงมาคือ *Gomphonema lagenula* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith และ *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst ที่ผันแปรตามปริมาณของไนเตรทเช่นกัน โดยจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณไนเตรทที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า *Navicula erifuga* Lange-Bertalot มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปริมาณ BOD และค่าความเป็นด่างของแหล่งน้ำ โดยพบว่าเมื่อค่า BOD และค่าความเป็นด่างมีค่าสูงมากขึ้นแล้วจะพบ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot เพิ่มมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า *Navicula erifuga* Lange-Bertalot มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่าความลึกที่แสงส่องถึงและค่าการนำไฟฟ้าของแหล่งน้ำแต่เป็นความสัมพันธ์ไม่ชัดเท่า BOD และค่าความเป็นด่าง

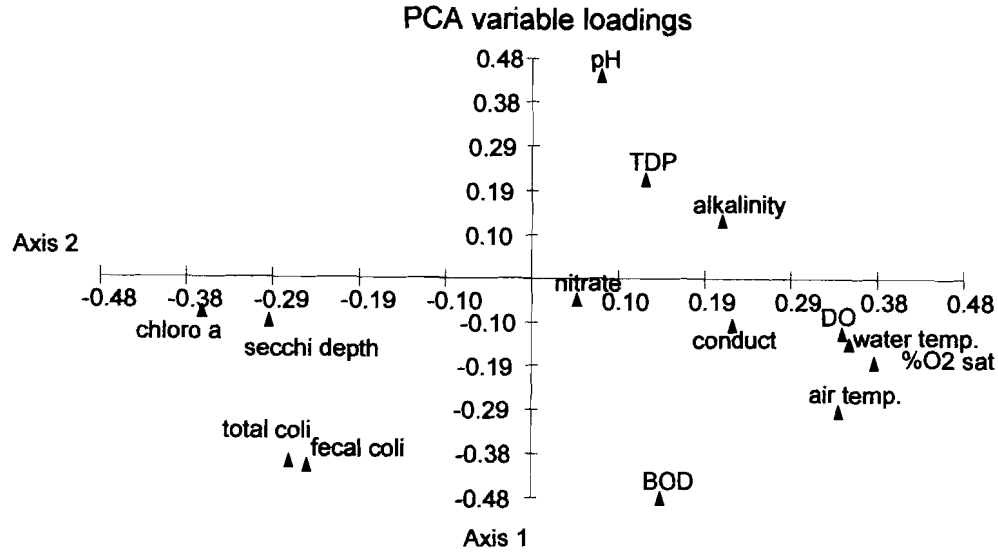
ส่วน*Navicula rostellata* Kützing และ *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับปริมาณ DO เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่อิ่มตัวในน้ำ อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ดังภาพที่ 90



ภาพที่ 95 ความสัมพันธ์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่น และคุณภาพน้ำในแต่ละเดือนในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

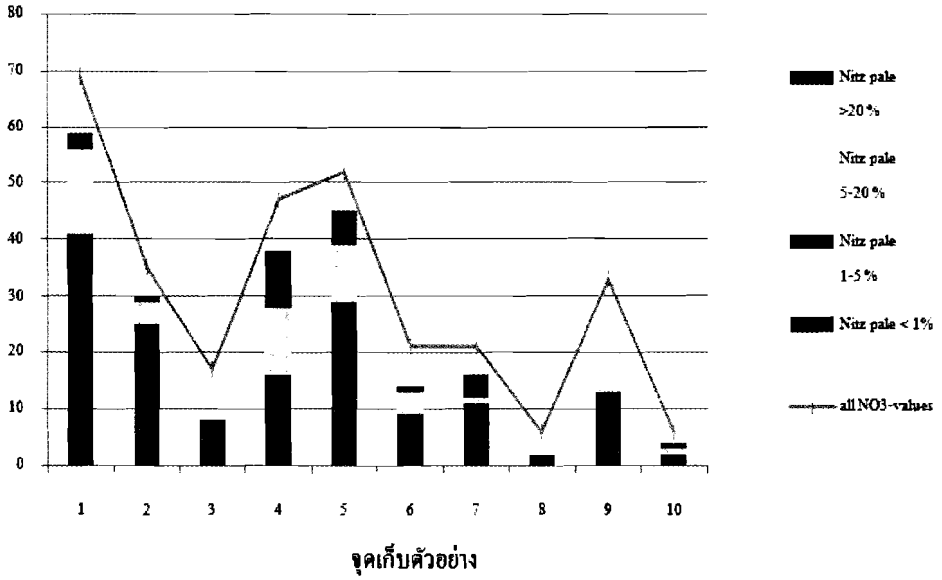
4.7 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ ในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

พารามิเตอร์กลุ่มแรก ได้แก่ ค่า pH ค่าความเป็นด่าง และปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีความสัมพันธ์แปรผันตรงซึ่งกันและกัน แต่มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับคุณภาพน้ำกลุ่มที่ 2 ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่าความลึกที่แสงส่องถึง ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยที่คุณภาพน้ำกลุ่มที่ 2 นี้มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงซึ่งกันและกัน สำหรับคุณภาพน้ำกลุ่มที่ 3 ได้แก่ปริมาณไนเตรท ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณ DO เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนที่อิ่มตัวในน้ำ อุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิอากาศ และค่า BOD มีความสันพันธ์แบบแปรผันตรงซึ่งกันและกัน



ภาพที่ 96 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

ไดอะตอมชนิดเด่น *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith มีจำนวนแปรผันตามปริมาณของไนเตรทโดยพบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 4 และ 5 ซึ่งมีปริมาณไนเตรทสูงนั้นจะพบร้อยละของจำนวน *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith สูงตาม ดังภาพที่ 97



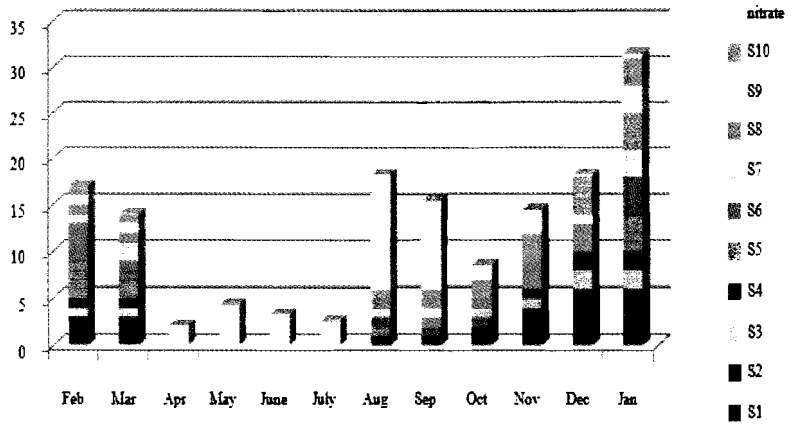
ภาพที่ 97 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith และปริมาณไนเตรทไนโตรเจนของน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นและคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นและคุณภาพน้ำบางประการในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี 10 จุดเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 พบว่าสามารถสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นมีลำดับการเจริญ ดังนี้

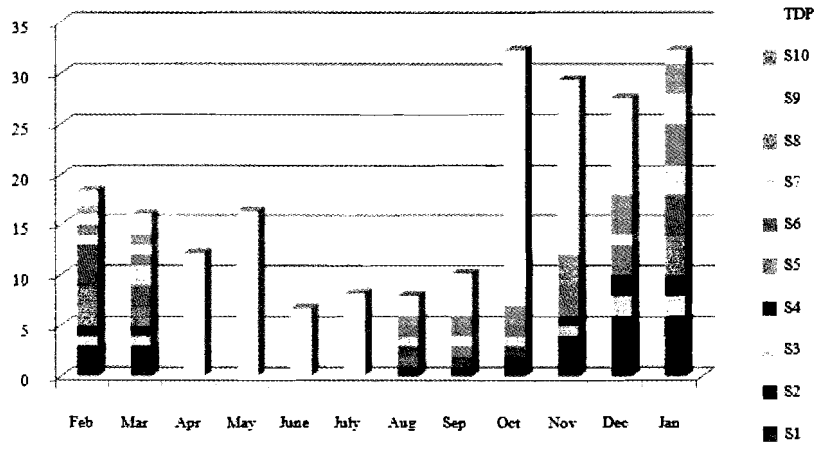
การเจริญของ *Spirogyra* sp.1

การเจริญของ *Spirogyra* sp.1 ความสัมพันธ์กับปริมาณของไนเตรทในแหล่งน้ำอย่างชัดเจน โดยพบว่าในช่วงปลายของฤดูฝนเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม ปริมาณไนเตรทมีค่าสูงขึ้น ทำให้ *Spirogyra* sp.1 เริ่มมีการเจริญมากขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง และจำนวนของ *Spirogyra* sp.1 จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนมกราคม และหลังจากนั้นในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนจะเริ่มลดต่ำลงอีกครั้งส่งผลให้มีการเจริญของ *Spirogyra* sp.1 ลดลงตามไปด้วย ต่อมาในเดือนเมษายนเมื่อ *Spirogyra* sp.1 เริ่มมีการตายอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของไนเตรทกลับเข้ามายังแหล่งน้ำอีกครั้ง ดังภาพที่ 98



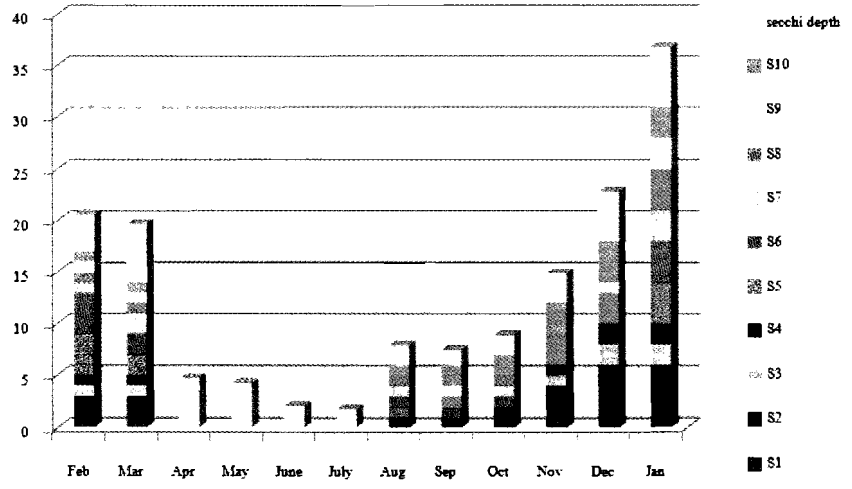
ภาพที่ 98 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1 ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Spirogyra* sp.1 ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณของออร์โธฟอสเฟต โดยพบว่า ในช่วงปลายฤดูฝนเข้าสู่ต้นฤดูหนาวในเดือนตุลาคมออร์โธฟอสเฟตมีค่าสูงจึงกระตุ้นให้เกิดการเจริญของ *Spirogyra* sp.1 มากขึ้นในฤดูหนาว และจำนวนของ *Spirogyra* sp.1 จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนมกราคม และหลังจากนั้นในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม ปริมาณออร์โธออร์โธฟอสเฟตจะเริ่มลดต่ำลงอีกครั้งส่งผลให้มีการเจริญของ *Spirogyra* sp.1 ลดลงตามไปด้วย ต่อมาในเดือนเมษายนเมื่อ *Spirogyra* sp.1 เริ่มมีการตายอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของออร์โธฟอสเฟตกลับเข้ามายังแหล่งน้ำอีกครั้ง ดังภาพที่ 99



ภาพที่ 99 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1 ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Spirogyra* sp.1 มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึง โดยพบว่าเมื่อน้ำใส มีค่าความลึกที่แสงส่องถึงลงไปยังแหล่งน้ำได้มากขึ้น ในช่วงปลายของฤดูฝนเข้าสู่ช่วงต้นของฤดูหนาวจะส่งผลให้เกิดการเจริญของ *Spirogyra* sp.1 มากขึ้นและค่าความลึกที่แสงส่องถึงสูงที่สุดในเดือนมกราคมจะพบว่ามีการเจริญของ *Spirogyra* sp.1 สูงสุดด้วยเช่นกัน สำหรับในฤดูฝนที่แหล่งน้ำมีค่าความลึกที่แสงส่องถึงต่ำนั้นจะไม่พบการเจริญของ *Spirogyra* sp.1 ในแหล่งน้ำ ดังภาพที่ 100



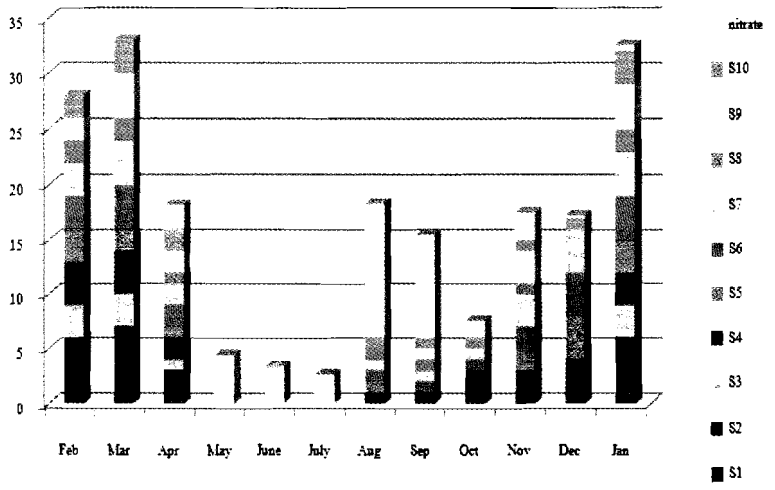
ภาพที่ 100 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1 ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim

การเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟตและค่าความลึกที่แสงส่องถึงคล้ายกันกับ *Spirogyra* sp.1 แต่มีข้อแตกต่างตรงช่วงเวลาของการเจริญสูงสุดคือ *Cladophora glomerata* Kützing และ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim จะมีการเจริญสูงสุดในเดือนมีนาคม แสดงในภาพที่ 101 ถึงภาพที่ 106

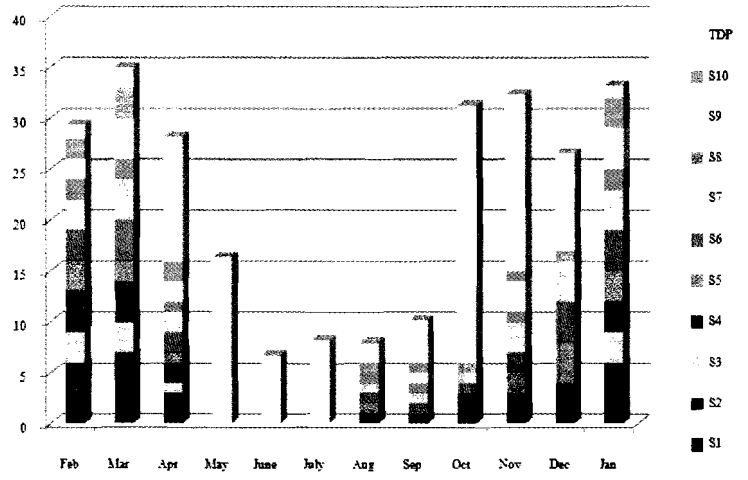
การเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing ความสัมพันธ์กับปริมาณของไนเตรทในแหล่งน้ำอย่างชัดเจน โดยพบว่าในช่วงปลายของฤดูฝนเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม ปริมาณไนเต

รทมีค่าสูงขึ้นทำให้ *Cladophora glomerata* Kützing เริ่มมีการเจริญมากขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง และจำนวนของ *Cladophora glomerata* Kützing จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนมีนาคม ซึ่งส่งผลให้มีการนำไนเตรทไปใช้โดยสาหร่ายมากขึ้น ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณไนเตรทลดต่ำลงอีกครั้งส่งผลให้มีการเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing ลดลงตามไปด้วยและเริ่มตายและถูกย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของไนเตรทกลับเข้ามายังแหล่งน้ำอีกครั้ง ดังภาพที่ 101



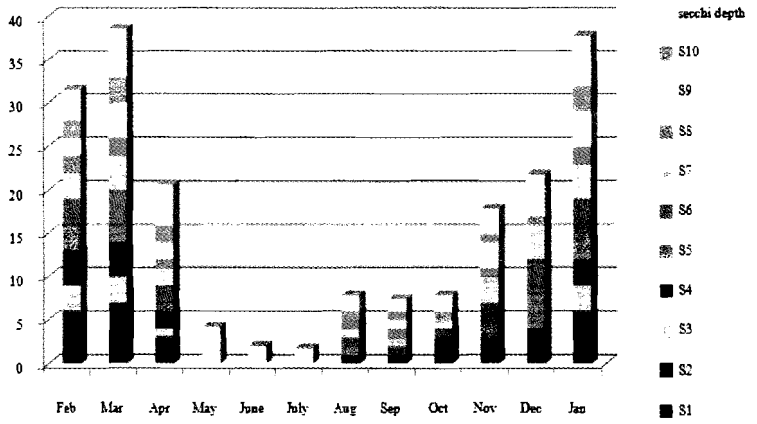
ภาพที่ 101 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing มีความสัมพันธ์กับปริมาณของออร์โธฟอสเฟต โดยพบว่า ในช่วงปลายฤดูฝนเข้าสู่ต้นฤดูหนาวในเดือนตุลาคมออร์โธฟอสเฟตมีค่าสูงจึงกระตุ้นให้เกิดการเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing มากขึ้นในฤดูหนาว และจำนวนของ *Cladophora glomerata* Kützing จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงต้นฤดูร้อนในเดือนมีนาคม เมื่อมีการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากจะส่งผลให้มีการนำเอาออร์โธฟอสเฟตจากแหล่งน้ำไปใช้มากตามมา ดังนั้นปริมาณออร์โธฟอสเฟตจึงลงต่ำลง ต่อมาในเดือนเมษายน *Cladophora glomerata* Kützing จะเริ่มมีการตายอย่างต่อเนื่องและถูกย่อยสลาย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของออร์โธฟอสเฟตกลับเข้ามายังแหล่งน้ำอีกครั้ง ดังภาพที่ 102



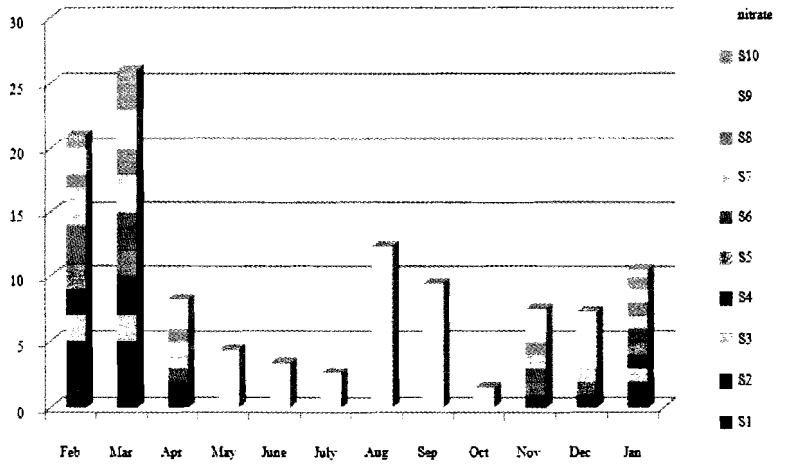
ภาพที่ 102 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความลึกที่แสงส่องถึง โดยพบว่าเมื่อน้ำใส มีค่าความลึกที่แสงส่องถึงลงไปยังแหล่งน้ำได้มากขึ้น ในช่วงปลายของฤดูฝนเข้าสู่ช่วงต้นของฤดูหนาวจะส่งผลให้เกิดการเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing มากขึ้นและเจริญมากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งมีค่าความลึกที่แสงส่องถึงสูงจะพบว่ามีการเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing สูงสุดด้วยเช่นกัน สำหรับในฤดูฝนที่แหล่งน้ำมีค่าความลึกที่แสงส่องถึงต่ำนั้นจะไม่พบการเจริญของ *Cladophora glomerata* Kützing ในแหล่งน้ำ ดังภาพที่ 103



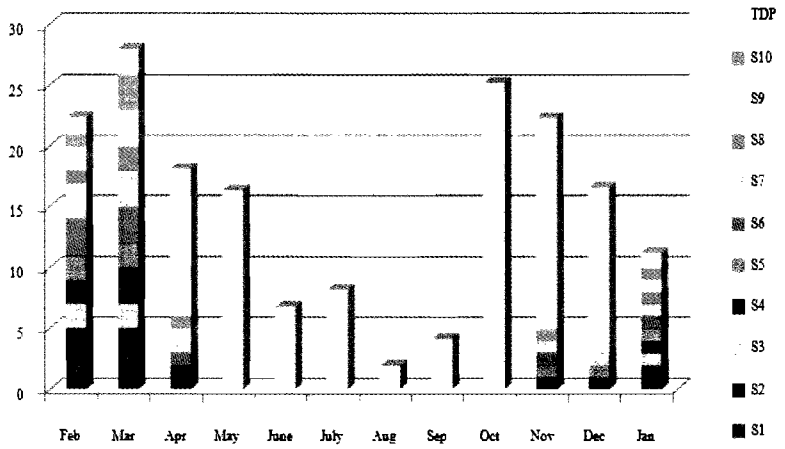
ภาพที่ 103 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Cladophora glomerata* Kützing ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ความสัมพันธ์กับปริมาณของไนเตรทในแหล่งน้ำอย่างชัดเจน โดยพบว่าในช่วงปลายของฤดูฝนเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม ปริมาณไนเตรทมีค่าสูงขึ้นทำให้ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim เริ่มมีการเจริญมากขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง และจำนวนของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในเดือนมีนาคม ซึ่งส่งผลให้มีการนำไนเตรทไปใช้โดยสาหร่ายมากขึ้น ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณไนเตรทลดต่ำลงอีกครั้งส่งผลให้มีการเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ลดลงตามไปด้วยและเริ่มตายและถูกย่อยสลายอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของไนเตรทกลับเข้ามายังแหล่งน้ำอีกครั้ง ดังภาพที่ 104



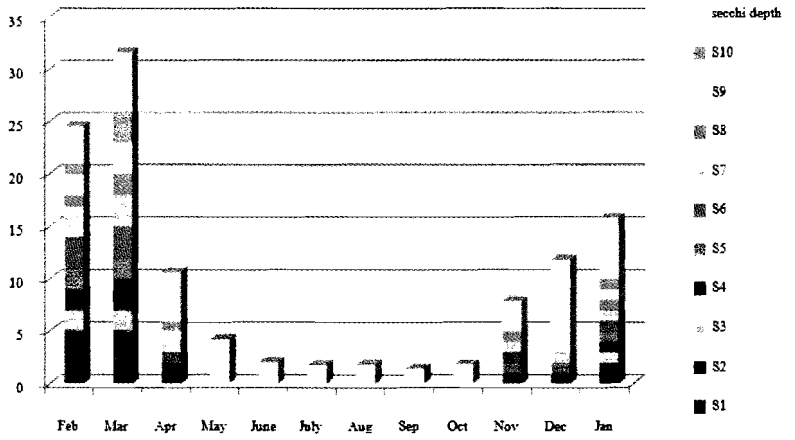
ภาพที่ 104 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim มีความสัมพันธ์กับปริมาณของออร์โธฟอสเฟต โดยพบว่า ในช่วงปลายฤดูฝนเข้าสู่ต้นฤดูหนาวในเดือนตุลาคมออร์โธฟอสเฟตมีค่าสูงจึงกระตุ้นให้เกิดการเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim มากขึ้นในฤดูหนาว และจำนวนของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงต้นฤดูร้อนในเดือนมีนาคม เมื่อมีการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากจะส่งผลให้มีการนำเอาออร์โธฟอสเฟตจากแหล่งน้ำไปใช้มากตามมา ดังนั้นปริมาณออร์โธฟอสเฟตจึงลงต่ำลง ต่อมาในเดือนเมษายน *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim จะเริ่มมีการตายอย่างต่อเนื่องและถูกย่อยสลาย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของออร์โธฟอสเฟตกลับเข้ามายังแหล่งน้ำอีกครั้ง ดังภาพที่ 105



ภาพที่ 105 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออร์โธฟอสเฟตในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

การเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความลึกที่แสงส่องถึง โดยพบว่าเมื่อน้ำใส มีค่าความลึกที่แสงส่องถึงลงไปยังแหล่งน้ำได้มากขึ้น ในช่วงปลายของฤดูฝนเข้าสู่ช่วงต้นของฤดูหนาวจะส่งผลให้เกิดการเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim มากขึ้นและเจริญมากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งมีค่าความลึกที่แสงส่องถึงสูงจะพบว่ามีการเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim สูงสุดด้วยเช่นกัน สำหรับในฤดูฝนที่แหล่งน้ำมีค่าความลึกที่แสงส่องถึงต่ำนั้นจะไม่พบการเจริญของ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ในแหล่งน้ำ ดังภาพที่ 106



ภาพที่ 106 ปริมาณสาหร่ายขนาดใหญ่ *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความลึกที่แสงส่องถึงในแม่น้ำโขง ส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

4.9 ลักษณะพื้นท้องน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

สภาพโดยทั่วไปของพื้นท้องน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 โดยทั่วไปพื้นท้องน้ำของตลอดความยาวของแม่น้ำโขงประกอบด้วยโขดหินที่เป็นหินประเภทหินทรายก้อนใหญ่ที่ปกคลุมด้วยโคลน และมีทรายปนบ้างเล็กน้อย แต่มีข้อยกเว้นในจุดที่ 5 และ 7 ที่พื้นท้องน้ำประกอบด้วยโคลน ปนทราย เป็นส่วนใหญ่ มีก้อนหินขนาดเล็กบ้างเล็กน้อย ในฤดูฝน ระดับน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้แสงไม่สามารถส่องลงถึงพื้นท้องน้ำได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับในฤดูร้อนที่ระดับน้ำลงต่ำลงมากเช่นกันและบางจุดเก็บตัวอย่างน้ำลดลงจนกระทั่งเข้าไปอยู่ในเกาะแก่งทำให้กระแสน้ำไหลช้าลง ส่งผลให้เกิดความเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ได้ ลักษณะของพื้นท้องน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่มีความแตกต่างกัน คือ สาหร่ายเทาน้ำจะเจริญได้ดีบนพื้นท้องน้ำที่มีลักษณะเป็นโคลนเลนเป็นส่วนใหญ่มีทรายปนเล็กน้อย สาหร่ายขนาดใหญ่ไกจะเจริญได้ดีบนพื้นท้องน้ำที่เป็นก้อนหินที่เคลือบด้วยโคลนเลน สำหรับ สาหร่ายตาข่ายน้ำ (*Hydrodictyon* sp.) นั้นจะเจริญได้ร่วมกับสาหร่ายไก โดยเจริญยึดเกาะแบบไม่แน่นบนโคลนเลน นอกจากนี้ยังพบว่า *Oscillatoria princeps* Vaucher จะเจริญบนซากของสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดอื่นซึ่งตายและจมตัวอยู่บนพื้นท้องน้ำที่มีโคลนเลนปกคลุม โดย *Oscillatoria princeps* Vaucher จะเจริญโดยยึดเกาะแบบไม่แน่นบนซากสาหร่ายขนาดใหญ่อื่นและโคลนเลน และเมื่อชาวประมงลากอวนหรือเดินบนพื้นจะสังเกตเห็นกลุ่มของเส้นสายของ *Oscillatoria princeps* Vaucher ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ แสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ลักษณะของพื้นท้องน้ำของจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	พื้นท้องน้ำ (substrate)	หิน	โคลน	ทราย	ดินเหนียวปนดินร่วน	สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เจริญดีที่สุด
1	ส่วนใหญ่เป็นหิน มีดินโคลนเลน	95%	5%	0%	0%	ทุกชนิด
2	ส่วนใหญ่เป็นหิน มีดินโคลนเลน	80%	15%	5%	0%	ไก
3	ส่วนใหญ่เป็นหิน มีดินโคลนเลน	80%	15%	5%	0%	ไก
4	ส่วนใหญ่เป็นหิน มีดินโคลนเลน	80%	15%	5%	0%	ไก
5	ส่วนใหญ่เป็นทราย มีดินโคลนเลน	0%	50%	50%	0%	เทาน้ำ
6	ส่วนใหญ่เป็นหิน มีดินทรายปนโคลนเลน	90%	5%	5%	0%	ทุกชนิด
7	ทรายปนโคลนเลน	0%	50%	50%	0%	ไก
8	หิน ดินร่วนปนเหนียวปนโคลนเลน	10%	30%	0%	60%	ไก
9	ส่วนใหญ่เป็นทรายรองลงมาเป็นเลนรองลงมาเป็นหิน	95%	20%	70%	0%	ไก
10	ส่วนใหญ่เป็นดินเลนและดินร่วนรองลงมาเป็นหิน	10%	70%	0%	20%	ทุกชนิด

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

5.1 ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ

ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมด 307 ชนิด จำนวนของไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบมีจำนวนใกล้เคียงกับไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่พบในแม่น้ำอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับแม่น้ำโขงทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ Holmes and Whitton (1981) พบไดอะตอม 230 ชนิดในแม่น้ำ Tees ประเทศอังกฤษ งานของ Archibald (1983) พบไดอะตอม 310 ชนิดในแม่น้ำ Sundays and Great Fish ในอาฟริกาใต้ Chessman (1986) พบไดอะตอม 267 species ในแม่น้ำและแม่น้ำสาขาของแม่น้ำ LaTrobe ในประเทศออสเตรเลีย ยุวดี และทัตพร (2548) ศึกษาไดอะตอมในแม่น้ำโขงระหว่างปี 2546-2547 พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 186 ชนิด Leelahakriengkrai *et al.*(2009) ศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดเชียงราย ประเทศไทย พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 79 ชนิด Suphan (2010) พบไดอะตอม 252 ชนิดในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่าน ประเทศพม่า ไทยและลาว สุภัทรธิรา (2551) ศึกษาไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงใน 5 จังหวัดของประเทศไทย พบไดอะตอมพื้นท้องน้ำ 168 ชนิด แต่เนื่องจากผลงานการศึกษาความหลากหลายของไดอะตอมในแม่น้ำโขงดังกล่าวข้างต้นได้ทำการเก็บตัวอย่างเป็นฤดูกาล แต่ไม่ได้เก็บตัวอย่างทุกเดือน จึงทำให้พบจำนวนชนิดของไดอะตอมน้อยกว่างานวิจัยครั้งนี้ ทั้งนี้เพราะงานวิจัยนี้ทำการเก็บทุกเดือนๆ ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 10 จุดเก็บตัวอย่าง จึงส่งผลให้พบจำนวนชนิดของไดอะตอมพื้นท้องน้ำมากกว่าในงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้ศึกษาไดอะตอมพื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ผลการวิจัยครั้งนี้ยังพบว่ามีไดอะตอมที่มีแนวโน้มจะเป็นชนิดใหม่ 3 ชนิด ได้แก่ *Geissleria* sp. UBU-MK1, *Gomphonema* sp.1 UBU-MK2 และ *Gomphonema* sp.2 UBU-MK3 และไดอะตอมที่มีแนวโน้มเป็น variety ใหม่ 1 variety คือ *Pinnularia divergentissima* var. UBU-MK4

ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นที่พบในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ *Gomphonema lagenula* Kützing รองลงมาคือ *Navicula rostellata* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D.G.Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst, *Sellaphora pupula*

(Kützing) Mereschkowsky, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot, *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema pseudosphaerophorum* Kobayasi, *Pinnularia subcapitata* Gregory, *Amphora montana* Krasske, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller, *Nitzschia filiformis* (W.Smith) Hustedt, *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot และ *Gomphonema* sp.2 โดยที่เมื่อนำจำนวนของไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่างทุกซ้ำ และทุกเดือนมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยวิธี Cluster analysis สามารถแบ่งกลุ่มของไดอะตอมชนิดเด่นได้เป็น 7 กลุ่มซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำตั้งแต่คุณภาพน้ำปานกลาง หรือ มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic status) และน้ำที่มีคุณภาพปานกลางถึงเสีย หรือ มีสารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic-eutrophic status) กลุ่มที่ 1 ได้แก่ *Pinnularia subcapitata* Gregory และ *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst กลุ่มที่ 2 ได้แก่ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Navicula symmetrica* Patrick, *Melosira varians* C. Agardh, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller, *Encyonema vulgare* Krammer, *Navicula rostellata* Kützing, *Encyonema minutum* (Hilse) D.G. Mann และ *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot กลุ่มที่ 3 ได้แก่ *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann, *Gomphonema insigne* Gregory, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot, *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williums & Round, *Navicula heimansoides* Lange-Bertalot, *Navicula rostellata* Kützing, *Gomphonema* sp.1, *Navicula cataractarheni* Lange-Bertalot และ *Nitzschia capitellata* Hustedt กลุ่มที่ 4 ได้แก่ *Navicula menisculus* Schumann, *Nitzschia filiformis* (W. Smith)Van Heurck, *Cymbella turgidula* Grunow, *Surirella splendida* Kützing และ *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller กลุ่มที่ 5 ได้แก่ *Cymbella turgidula* Grunow, *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, *Navicula krasskei* Hustedt และ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot กลุ่มที่ 6 ได้แก่ *Gomphonema designatum* Reichardt, *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller, *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Round & L. Bukhtiyarova, *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema subclavatum* (Grunow) Grunow และ *Luticola nivalis* (Ehrenberg) D. G. Mann in Round, Crawford & Mann และกลุ่มที่ 7 ได้แก่ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith, *Luticola nivalis* (Ehrenberg) D. G. Mann in Round, Crawford & Mann, *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst, *Navicula rhynchocephala* Kützing, *Navicula menisculus* Schumann

ฤดูกาลที่ไดอะตอมพื้นท้องน้ำเจริญได้ดีที่สุดคือฤดูหนาว โดยที่ไดอะตอมพื้นท้องน้ำจะเริ่มมีการเจริญในช่วงปลายของฤดูฝนเข้าสู่ช่วงต้นของฤดูหนาว และปัจจัยที่มีผลกระตุ้นการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำได้ดี คือ ปริมาณสารอาหารฟอสเฟต ไนเตรท และความใสของน้ำ ทั้งนี้เพราะในฤดูฝนจะมีการชะล้างปุ๋ยมูลสัตว์ที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่ง เมื่อฝนตกจึงเกิดการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำทำให้ปริมาณของฟอสเฟตที่ละลายในน้ำทั้งหมดและไนเตรทเพิ่มมากขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนเข้าสู่ต้นฤดูหนาวส่งผลกระตุ้นการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ และพบว่าในฤดูหนาว ไดอะตอมพื้นท้องน้ำจะมีการเจริญได้ดีที่สุด

ไดอะตอมพื้นท้องน้ำที่สามารถนำมาใช้เพื่อบ่งชี้คุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงได้กลุ่มที่ 1 คือ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck และ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง หรือ มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) กลุ่มที่ 2 คือ *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst และ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี หรือ มีสารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic-eutrophic) ได้

ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดที่พบได้ทั่วไป เช่น *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema lagenula* Kützing และ *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson เป็นไดอะตอมที่ได้เคยมีการรายงานว่าพบได้ทั่วไปแม่น้ำหลายแห่งในประเทศไทย (Pekthong, 1998 และ 2002; Waiyaka, 1998, Kunpradid, 2000 and 2005;Peerapornpisal et al., 2000; Suphan, 2004; Inthasotti, 2006a and 2006b;Leelahakriengkrai, 2007 and 2008 ; Pruetiworanan, 2008; and Suphan,2010)

5.2 ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่

สาหร่ายขนาดใหญ่จะมีการเจริญได้ดีที่สุดในช่วงฤดูนาว และช่วงต้นของฤดูร้อน โดยการเจริญจะเริ่มในช่วงปลายของฤดูฝนซึ่งน้ำเริ่มไหลช้า ในเดือนตุลาคมจะเริ่มสังเกตเห็นลักษณะเป็นเส้นสั้นๆ สาหร่ายขนาดใหญ่ที่เจริญเต็มที่ก่อนกลุ่มอื่น คือ เทาน้ำ (*Spirogyra* spp.) โดยมีการเจริญเต็มที่ในเดือนมกราคม ส่วน สาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มที่ 2 คือสาหร่ายไก (*Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim, *Microspora* sp.1UBU MK5) และสาหร่ายตาข่ายน้ำ (*Hydrodictyon* sp.) จะเริ่มมีการเจริญในช่วงเดือนตุลาคม และจะเจริญสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม สำหรับสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มที่ 3 คือ *Oscillatoria princeps* Vaucher จะมีการเจริญแทนที่ภายหลังจากสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มอื่นๆ ตายลงไป โดยเจริญบนซากของสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มอื่นๆ ปัจจัยที่ส่งผลกระตุ้นการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ พบว่าใน

เดือนที่สาหร่ายขนาดใหญ่เจริญได้ดีนั้น แม่น้ำมีกระแสน้ำที่ไหลช้าลง มีความใสของน้ำมากขึ้น และมีสารอาหารประเภท ฟอสเฟตทั้งหมดที่ละลายในน้ำสูงขึ้น และมีไนเตรทสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของยุวดี (2548); Kunpradid (2005) Leelahakriengkrai (2007a) และ Leelahakriengkrai *et al.* (2009) ซึ่งพบว่าสาหร่ายขนาดใหญ่จะมีการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงเวลาเดียวกับช่วงเวลาที่พบในงานวิจัยนี้คือในช่วงปลายของฤดูฝน และเจริญสูงสุดในฤดูหนาว และฤดูร้อน ในงานวิจัยนี้พบสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีแนวโน้มเป็นชนิดใหม่คือ *Microspora* sp.1 UBU-MK5

จุดเก็บตัวอย่างที่พบเทาน้ำมากที่สุด คือ จุดที่ 5 รองลงมาคือจุดที่ 1, 6 และ 7 ตามลำดับ โดยพบว่าลักษณะของวัตถุพื้นท้องน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญของเทาน้ำคือ โคลนปนทราย และน้ำไหลเอื่อย หรือมีพื้นที่ลักษณะเป็นแอ่งน้ำยื่นเข้าหาริมฝั่ง สำหรับสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มสาหร่ายไกจะเจริญได้ดีที่สุดในจุดที่ 1 รองลงมาคือ 7, 6, 4 และ 8 ตามลำดับ ลักษณะของวัตถุพื้นท้องน้ำที่เหมาะสมในการเจริญคือก้อนหิน โดยไกจะใช้เซลล์ที่อยู่บริเวณล่างสุดของเส้นสายเปลี่ยนรูปร่างเพื่อการยึดเกาะ สาหร่ายขนาดใหญ่อีกชนิดหนึ่งที่เจริญขึ้นปะปนกับไก คือ *Hydrodictyon* sp. ที่จะมีลักษณะเป็นโคโลนีที่เกิดจากเรียงตัวของเซลล์อย่างต่อเนื่องเป็นถุงตาข่ายปิด นอกจากนี้เมื่อสาหร่ายขนาดใหญ่ส่วนมากตายลงไปจะมีการเจริญของ *Oscillatoria princeps* Vaucher เจริญขึ้นมาแทนที่บนซากของสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มอื่นในระยะต่อมา

5.3 ความสัมพันธ์ของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ สาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำ

ปัจจัยที่มีผลกระตุ้นการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ ได้แก่ ปริมาณของไนเตรทและฟอสเฟตที่ละลายในน้ำทั้งหมดที่มีปริมาณสูงมากขึ้น และค่าความลึกที่แสงส่องถึงที่มากขึ้น โดยลักษณะพื้นท้องน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มเทาน้ำจะเจริญได้ดีที่สุดบนพื้นท้องน้ำที่เป็นดินโคลนเลนส่วนใหญ่และปนทรายเล็กน้อย กระแสน้ำค่อนข้างนิ่ง หรือไหลเอื่อยเล็กน้อย สาหร่ายกลุ่มไกจะเจริญได้ดีที่สุดบนพื้นท้องน้ำที่เป็นก้อนหินและกระแสน้ำที่ไหลเอื่อย สำหรับสาหร่ายไกทนต่อกระแสน้ำที่ไหลแรงได้มากกว่าสาหร่ายเทาน้ำ ทั้งนี้เพราะสาหร่ายไกมีการยึดเกาะกับพื้นท้องน้ำแน่นมากว่าสาหร่ายเทาน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่า *Hydrodictyon* sp.และ *Oscillatoria princeps* Vaucher มีการเจริญโดยยึดเกาะค่อนข้างหลวมๆ กับพื้นท้องน้ำที่เป็นโคลนได้

5.4 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างและแต่ละเดือน ดังนี้

อุณหภูมิของน้ำและอากาศมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามฤดูกาล และอุณหภูมิอาจเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญทางอ้อมของสาหร่ายขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะสาหร่ายขนาดใหญ่จะเจริญได้ดีมากในฤดูหนาว และเกิดการตายในฤดูร้อน

ค่าความลึกที่แสงส่องถึงจะมีค่าต่ำในฤดูฝนและสูงในฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีการเจริญได้ดีในช่วงช่วงฤดูหนาวและช่วงต้นฤดูร้อนซึ่งมีค่าความลึกที่แสงส่องถึงสูง ทั้งน้ำเพราะเมื่อน้ำมีความใสมากขึ้นจะส่งผลให้แสงสามารถส่องลงไปในน้ำได้อย่างเพียงพอและเหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ได้ดีขึ้น

ค่าความเร็วของกระแสน้ำมีค่าสูงในฤดูฝน ลดลงในฤดูหนาวและต่ำสุดในฤดูร้อนทั้งนี้เพราะในฤดูฝนมีฝนตกในปริมาณมาก ส่งผลให้มีกระแสน้ำที่ไหลเร็วและแรงมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้สาหร่ายขนาดใหญ่เจริญได้น้อยหรือไม่พบการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ เนื่องจากกระแสน้ำทำให้สาหร่ายขนาดใหญ่ถูกพัดพาให้หลุดลอยจากพื้นท้องน้ำ นอกจากนี้ค่าความเร็วของกระแสน้ำยังมีผลต่อการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำเช่นกัน แต่ไม่มากเท่ากับสาหร่ายขนาดใหญ่ทั้งนี้เพราะไดอะตอมพื้นท้องน้ำนั้นมีการยึดเกาะกับพื้นท้องน้ำแน่นมากกว่าสาหร่ายขนาดใหญ่

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ในฤดูฝนมีค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดการเจือจางของอิออนของสารอนินทรีย์ ค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มสูงมากขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวและและสูงที่สุดในฤดูร้อน โดยพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่

ค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าสูงในฤดูหนาวซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นด่าง และสัมพันธ์กับการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีการเจริญมากขึ้นในฤดูหนาว ทั้งนี้เพราะสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีการเจริญมากนั้นจะนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดในน้ำลดลง และมีผลในทางตรงกันข้ามทำให้ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มสูงมากขึ้นในฤดูหนาว

ค่าความเป็นด่าง พบว่ามีค่าสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างและการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ และการเจริญของไดอะตอมพื้นท้องน้ำ โดยพบว่ามีค่าสูงในฤดูหนาวและรองลงมาคือฤดูร้อนและต่ำที่สุดคือฤดูฝน

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในแหล่งน้ำมีค่าสูงในฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจุดเก็บที่มีการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่มาก และพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในแหล่งน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนที่อิ่มตัวในน้ำ อย่างไรก็ตาม พบว่าช่วงปลายของฤดูหนาวในเดือนกุมภาพันธ์ที่สาหร่ายขนาดใหญ่กลุ่มเทาน้ำเริ่มตายลง จะมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดต่ำลง ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์นำเอาออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายซากของเทาน้ำมากขึ้น ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนลดลง

ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ พบว่ามีค่าสูงในช่วงปลายของฤดูหนาวและช่วงปลายของฤดูร้อนซึ่งสัมพันธ์กับสาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีการตายเกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการย่อยสลายซากของสาหร่ายขนาดใหญ่ในปริมาณมาก

ปริมาณไนเตรท มีค่าสูงในฤดูฝนในเดือนสิงหาคม และกันยายนเนื่องจากมีการชะล้างปุ๋ยคอกที่ชุมชนใช้เพื่อการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งที่ไหลลงสู่แม่น้ำโขง ในช่วงเวลาต่อมาเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายฤดูฝนต่อกับช่วงต้นฤดูหนาวนั้นสาหร่ายขนาดใหญ่จะค่อยๆเจริญเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เพราะสาหร่ายขนาดใหญ่ได้รับสารอาหารเพียงพอและเหมาะสมต่อการเจริญ ในช่วงเวลาต่อมาเมื่อสาหร่ายขนาดใหญ่เจริญสูงสุดปริมาณไนเตรทจะเริ่มลดน้อยลง เพราะไนเตรทถูกนำไปใช้ในการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่ ทำให้สาหร่ายขนาดใหญ่เริ่มตายลงในช่วงเวลาปลายของฤดูร้อน ซึ่งซากสาหร่ายจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เพื่อหมุนเวียนปริมาณไนเตรทกลับสู่แหล่งน้ำอีกครั้ง

ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำทั้งหมด มีค่าสูงที่สุดในช่วงปลายของฤดูฝนในเดือนตุลาคมเนื่องจากมีการชะล้างปุ๋ยคอกที่ชุมชนใช้เพื่อการเพาะปลูกบริเวณริมฝั่งและสิ่งซักล้างจากชุมชนที่ไหลลงสู่แม่น้ำโขง ในช่วงเวลาต่อมาเมื่อเข้าสู่ช่วงปลายฤดูฝนต่อกับช่วงต้นฤดูหนาวนั้นสาหร่ายขนาดใหญ่จะค่อยๆเจริญเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เพราะสาหร่ายขนาดใหญ่ได้รับสารอาหารเพียงพอและเหมาะสมต่อการเจริญ และช่วงเวลาปลายฤดูร้อนสาหร่ายขนาดใหญ่เริ่มตาย จะเกิดการย่อยสลายหมุนเวียนฟอสเฟตที่ละลายในน้ำทั้งหมดจะกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีปริมาณมากในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการเจริญของสาหร่ายขนาดใหญ่มาก เดือนที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดคือ เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายขนาดใหญ่บางส่วนมีการหลุดลอยขึ้นสู่มวลน้ำมากขึ้น และประกอบกับมีแพลงก์ตอนพืชเจริญได้ดีในแหล่งน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว

ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีปริมาณมากที่สุดในจุดที่ 10 ซึ่งเป็นจุดที่มีชุมชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นและมีแพร้านอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าในฤดูร้อนช่วงที่มีประเพณีสงกรานต์และหลังสงกรานต์ซึ่งมีประชาชนนิยมเล่นน้ำในแหล่งน้ำในจุดที่ 7,

8, 9,10 ในเดือนพฤษภาคม จะพบปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำในปริมาณสูง

5.5 การใช้ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ชนิดและปริมาณของไดอะตอมและสาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่หลายชนิดสามารถนำมาใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ โดยไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck และ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot ที่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีสารอาหารปานกลาง และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst และ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีสารอาหารปานกลางถึงสูงได้ สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1, *Spirogyra* sp.2, *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim, และ *Microspora* sp., สามารถใช้เพื่อบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางได้ *Oscillatoria princeps* Vaucher สามารถใช้เพื่อบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางถึงสูงได้

จุดเก็บตัวอย่างที่มีคุณภาพน้ำดีที่สุด มีคุณภาพน้ำปานกลางหรือ มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) ได้แก่ จุดที่ 4 จุดที่ 5 จุดที่ 6 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 7 จุดที่จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดี หรือ มีสารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic to eutrophic) ได้แก่ จุดที่ 1 จุดที่ 8 จุดที่ 10 และ จุดที่ 9

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบไดอะตอมพื้นท้องน้ำทั้งหมด 307 ชนิด ไดอะตอมพื้นท้องน้ำชนิดเด่นที่พบในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ *Gomphonema lagenula* Kützing รองลงมาคือ *Navicula rostellata* Kützing, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D.G.Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst, *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot, *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema pseudosphaerophorum* Kobayasi, *Pinnularia subcapitata* Gregory, *Amphora montana* Krasske, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. F. Müller, *Nitzschia filiformis* (W.Smith) Hustedt, *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T.Marsson, *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot และ *Gomphonema* sp.2 ตามลำดับ ไดอะตอมที่มีแนวโน้มจะเป็นชนิดใหม่มีทั้งหมด 3 ชนิด และ 1 variety และพบสาหร่ายขนาดใหญ่ 37 ชนิด สาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดเด่นคือ *Spirogyra* spp. รองลงมาคือ*Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim และ *Microspora* sp.1 ตามลำดับ สาหร่ายขนาดใหญ่ที่มีแนวโน้มเป็นชนิดใหม่มี 1 ชนิด คือ *Microspora* sp.1UBU-MK5

คุณภาพน้ำในทุกจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานีมีคุณภาพน้ำใกล้เคียงกัน คือมีคุณภาพน้ำปานกลางหรือ มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) ได้แก่ บ้านนาเมือง วัดปากแซง บ้านตามุย บ้านนาสนาม หลังตลาดในเทศบาลอำเภอเขมราฐ และหาดวิจิตรา จุดที่จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงไม่ดีหรือ มีสารอาหารปานกลางถึงสูง (mesotrophic to eutrophic) ได้แก่ แก่งช้างหมอบ บ้านกุ่ม บ้านด่านและบ้านห้วยไผ่

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ชนิดและปริมาณของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ร่วมกับคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่หลายชนิดสามารถนำมาใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ โดยไดอะตอมพื้นท้องน้ำ *Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck และ *Navicula erifuga* Lange-Bertalot สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีสารอาหารปานกลาง และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ *Cymbella turgidula* Grunow, *Gomphonema clevei* var. *javanica* Hustedt, *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. C. Mann, *Nitzschia liebetruthii* Rabenhorst และ *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้น้ำที่มีสารอาหาร

ปานกลางถึงมากได้ สาหร่ายขนาดใหญ่ *Spirogyra* sp.1, *Spirogyra* sp.2, *Cladophora glomerata* Kützing, *Microspora pachyderma* (Wille) Lagerheim, และ *Microspora* sp.1, สามารถใช้เพื่อบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางได้ *Oscillatoria princeps* Vaucher สามารถใช้เพื่อบ่งชี้แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลางถึงสูงได้

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. การควบคุมคุณภาพน้ำดื่ม. กรุงเทพมหานคร : กรมวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2538.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2525.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. สาหร่าย. กรุงเทพมหานคร : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527.

กุศยา สุวรรณวิหค. ปริมาณการแพร่กระจายของสาหร่ายและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบางประการของลำน้ำแม่กลางและแม่กวง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

จิระ เครือทราย. การศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกงจากสะพานไปถึงวัดบางกรูด. ชลบุรี : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2535.

ชาญณรงค์ แก้วเล็ก. การศึกษาสาหร่ายที่เป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำในลุ่มน้ำชีในจังหวัดขอนแก่น เลย ชัยภูมิ อุดรธานี มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532.

ณัฏฐิกา เหมภัทรสุวรรณ. นิเวศวิทยาของไดอะตอมในแม่น้ำป่าสัก: ความสัมพันธ์ระหว่างไดอะตอมกับปริมาณน้ำท่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2544.

ตรัย เป็กทอง. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและเบนทิคแอลจีในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระดับความสูง 330 ถึง 550 เมตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.

ทัตพร คุณประดิษฐ์. ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายขนาดใหญ่ในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543.

นันทนา คชเสนี. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ มหาวิทยาลัย, 2536.

บัญญัติ มณเฑียรอาสน์. แพลงก์ตอนพืชวิทยาเบื้องต้น. เชียงใหม่ : คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, 2533.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์. เอกสารคำสอนวิชาชลธีวิทยา. กรุงเทพมหานคร : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.

ประเสริฐ ไวยะกา. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและเบนทิคแอลจี ในลำน้ำแม่สา อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2541.

ประเสริฐ ไวยะกา และศรีวรรณ ไชยสุข. "ความหลากหลายและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชน้ำจืดในเขตจังหวัดเชียงราย", ใน ชมรมสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งประเทศไทย (บก), โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) น. 30. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

ปรีดามน คำวชิรพิทักษ์ และลัดดา วงศ์รัตน์. "นิเวศวิทยา การจำแนกชนิดของไดโนแฟลกเจลเลต-น้ำจืดจากอ่างเก็บน้ำพาน จังหวัดอุดรธานี และการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ", ใน ชมรมสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งประเทศไทย (บก), โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT), น. 12. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 2539.

พิษณุ วรรณธง. การสำรวจชนิด นิเวศวิทยาของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในลุ่มน้ำภาคเหนือบางแห่งและการเพาะเลี้ยง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

รัฐชา ชัยชนะ. การตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biomonitoring). http://www.thaibryozoans.com/news_articles/bioindicator_th. shtm. 17 กันยายน , 2549.

ยุวดี พีรพรพิศาล. สาหร่าย : ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียว. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.

_____."ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่", นานาสัตว์น้ำ. 8(32) : 20-21, 2548.

_____.สาหร่ายวิทยา. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

_____.สาหร่ายวิทยา. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

ยุวดี พีรพรพิศาล และจีรพร เพกเกาะ. "ความหลากหลาย สายพันธุกรรม และสารพิษของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างสารพิษในประเทศไทย", ใน ชมรมสาหร่ายและ แพลงก์ตอนแห่งประเทศไทย (บก)", โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) น.2. กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

ยุวดี พีรพรพิศาล. และทัตพร คุณประดิษฐ์. "การใช้สาหร่ายยึดเกาะในการติดตามตรวจสอบคุณภาพของแม่น้ำโขง ปี 2546-2547", ใน ชมรมสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งประเทศไทย (บก), โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT). น. 18. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

ยุวดี พีรพรพิศาล, และคณะ. "ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในลำน้ำน่านที่ใช้เป็นอาหารและยา ปีที่ 2 และ 3", ใน ชมรมสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งประเทศไทย (บก), โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) น. 18. กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

ลัดดา วงศ์รัตน์. แพลงก์ตอนวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523.

_____. คู่มือการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

_____. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพมหานคร : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.

ลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์. คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

วีระชัย โชควิญญู. เทคนิคการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านแบคทีเรีย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2530.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. สาหร่ายวิทยาประยุกต์. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537.

ศรีวรรณ ไชยสุข. การศึกษาระบบนิเวศของไก. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. เชียงราย, 2545.

สมสุข มัจฉาชีพ. นิเวศวิทยา. ชลบุรี : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2538.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สมใจ กาญจนวงศ์. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยา. เชียงใหม่ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2532.

สรวิศ เผ่าทองสุข. ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สุทธวรรณ สุพรรณ. ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำ ในพื้นที่โครงการทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

สุภัทรธิรา พฤฒิวรนันทน์. ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอม พื้นท้องน้ำในแม่น้ำโขงที่ไหลผ่านประเทศไทยและการประยุกต์ใช้เพื่อการติดตาม ตรวจสอบคุณภาพน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต :มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.

เสน่ห์ โรจนดิษฐ์. อุทกภูมิศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2530.

เอกชัย ญาณะ. ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดใหญ่และไดอะตอมพื้นท้องน้ำและการประเมิน คุณภาพน้ำในลำน้ำสาขาแม่น้ำโขงบางแห่งของไทยและลาวปี 2007-2008. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรปริญญามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

Barber, H.G. and Haworth, E.Y. A Guide to the Morphology of the Diatom Frustule. The Freshwater Biological Association. Scientist Publication, 1981.

Biggs, B.J.F. "Periphyton communities and their environmental gradients in New Zealand Rivers", New Zeal and Journal of Marine and FreshwaterResearch. (24): 367-386, 1990.

Bold, H. C. and Wynne, M. J. Introduction to the Algae : Structure and Reproduction. Englewood Cliff: Prentice-Hall, 1985.

Bold, H. C. and Wynne, M. J. Introduction to the Algae (2nd ed.). London: Printice-Hall, Inc, 1998.

Branco, L.H.Z., Necchi, J.O. and Branco, C.C. "Cyanophyceae from lotic Ecosystem of Sao Paulo State. South Eastern Brazil", Algological Studies (94): 63-8, 1999.

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

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Descy, J.P. and Coste, M. "A test of methods for assessing water quality based on diatoms. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte", Limnologie. 24(4): 2112-2116, 1991.

Dixit, S.S. "Diatoms : Powerful Indicators of Environmental Change", Environ. Sci. Technol., 26(1): 23-32, 1992.

Entwilse, T.J. "Phenology of the Cladophora - Stigeoclonium community in two urban creeks of Melbourne", Australia Journal of Freshwater Research. (40): 236-248, 1989.

Foged, N. Freshwater Diatoms in Thailand. Germany: Odense Publisher, 1971.

Goldman, C.R. and Horne, A.J. Limnology. New York: McGraw-Hill Book Company, 1983.

Greenberg, A.E., and et al. Standard Method for Examination of Water and Waste Water (20th edition). Washington DC. American: Public Health Association (APHA), 2005.

Minoru, H. "Freshwater Algae collected by Joint Thai-Japaneses Biological Expedition to Southeast Asia", Natural Life in Southeast Asia.196-1992, 1967.

Hugh, B.N.H. The ecology of running waters. Liverpool: Liverpool University Press, 1970.

Jones, W. and Medrano, S. "School of Public and Environmental Affairs", In Indiana Lake Water Quality Assessment Report for 1999-2003. USA: Indiana Univeristy. Bloomington, 2006.

Jüttner I., and et al. "Diatoms as indicators of stream quality inthe Kathmandu Valley and Middle Hills of Nepal and India", Freshwater Biology. 48 (20): 65-84, 2003.

Kelly, M,G. "Use of the Trophic Diatom Index to Monitor Eutrophication in Rivers", Water Research. (32): 236-242; 1998.

Kelly, G.M. "Identification of Common benthic Diatomes in Rivers", J. Field Studies. (9): 583-700, 2000.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Kelly, M.G. and Haworth, E.Y. Phylum Bacillariophyta. In : John D.M., Whitton, B.A. and Brook, A.J. (eds). The Fresh Water Algae Flora of the British Isles : An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. United Kingdom: Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

Kowe, R., and et al. "Modelling phytoplankton dynamics in the River Swale, an upland river in NE England", The Science of the Total Environment. (210/211): 535-546, 1998.

Krammer, K. And Lange-Bertalot, H. "Bacillariophyceae.1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. and Mollenhauer, D. (eds.) " in Süβwasserflora a von Mitteleuropa. Band 2/1. Germany, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1986.

_____. "Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae and Surirellaceae", Süβwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2. Germany, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1988.

_____. "Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae and Eunotiaceae", in Süβwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Germany, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1991a.

_____. "Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae", in Süβwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4. Germany, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1991b.

Kunpradid T. Diversity of Macroalgae and Benthic Diatoms and Their Relationships with Nutrient Compounds in the Ping and Nan Rivers. Ph.D. Thesis: Chiang Mai University, 2005.

Lange-Bertalot, H. Diatoms of Europe. Stuttgart, Germany, Koeltz Scientific Books, 2001.

_____. Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs. FL 9491 Ruggell, Germany A.R.G. Ganter Verlag Kommanditgesellschaft, 2007.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Leelahakriengkrai, P. and Peerapornpisal, Y. "Diversity of Phytoplankton and Water quality in Mae Kuang River, Lamphun Province Thailand", Journal of the International Phycological Society, Phycologia. 44(4): 61-62, 2005.

Leelahakriengkrai, P. and Peerapornpisal, Y. "Diversity of benthic diatoms and water quality of the Ping River, Northern Thailand", Environment Asia, 3(a): 82-94, 2010.

Leelahakriengkrai, P., Pruetiworanan, S. and Peerapornpisal, Y. "Diversity of benthic diatoms and macroalgae and water quality in the Mekong River passing Chiang Rai Province, Thailand". KKU Science Journal. 37: 143-152, 2009.

Leelahakriengkrai, P. and Peerapornpisal, Y. "Water Quality and Trophic Status in Main Rivers of Thailand". Chiang Mai Journal of Science. 38(2): 28-29, 2011.

Lenoir, A. and Coste, M. "Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board network", in Use of Algae for Monitoring Rivers II. Innsbruck: Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 1996.

Lorraine, L.J. and Vollenweider, R.A. Summary report, the OECD cooperative programme on eutrophication. Burlington USA: National Water Research Institute, 1981.

Necchi, O. and Pascoaloto, D. "Morphometry of *Comsopogon coeruleus* (Compsopogonaceae, Rhodophyta) population in a tropical river basin of southeastern Brazil", Journal of Phycologia. 32: 150-168, 1995.

Niiyama, Yuko. "Morphology and classification of *Cladophora aegagropila* (L.) Rabenhorst (Cladophora, Cholrophyta) in Japanese lake", Journal of Phycologia. 28: 70-76, 1989.

Nusch, E. A. "Comparision of Different Methods for Chlorophyll and Phaeopigment Determination", Arch Hydrobiol. Ergebn Limnol. 14: 14-36, 1980.

Odum, P.E. Fundamental of Ecology. 3rd edition. USA: Saunders, W.B. Philadelphia, 1971.

Pan, Y., and et al. "Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages in Mid Atlantic Highland streams", Journal of Phycology. 35: 460-468, 1999.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Patrick R. "A taxonomic and distribution study of some diatoms from Siam and the Federated Malay States. Proc. Acad", Nat. Sci. Philadelphia. 88, 1939.

Peerapornpisal, Y. and et al. "AARL-PC Monitoring of water quality in Ang Kaew reservoir of Chiang Mai University using phytoplankton as bioindicator from 1995-2002", Chiang Mai Journal of Science. 31(1): 85-94, 2004.

Peerapornpisal, Y. and et al. "Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score)", J. fisheries technology research. 1(1): 71-81, 2007.

Pekthong, T. Biodiversity of Benthic Diatoms and Their Application in Monitoring Water Quality of Mae Sa Stream, Doi Suthep - Pui National Park, Chiang Mai. Ph.D. Thesis: Chiang Mai University, 2002.

Pfister, P. "Phytobenthos communities from 2 Tyrolean mountain streams", in Arbeitsgemeinschaft Limnologie. Austria: Telfs, Österreich, 1992.

Pinkayan, S. Evaluation of Environmental Change Study of Environmental Empact at Nam Pong Project Northeast Thailand. Thailand: Prepare of Nation Energy Administration by SEATEC Consulting Engineer, 1978.

Pipp, E. and Rott, E. "Classification of running - water sites in Austria based on benthic algal community structure", Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. (25): 1610-1613, 1994.

Pipp, E. "A regional diatom-based trophic state indication system for running water sites in Upper Austria and its over regional applicability", Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie. (27): 3376–3380, 2002.

Pollution Control Department. "Survey, collection and analysis of water samples and living organisms in the standing water" in Final report, Vol. 2. Thailand, Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok, 2010.

Potapova, M. and Charles, D.F. "Distribution of benthic diatoms in US rivers in relation to conductivity and ionic composition", Freshwater Biology. 48: 1311-1328, 2003.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Prescott, G.W. Algae of the Western Great Lake Area. Iowa: W.M.C. Brown Company Publishers, 1951.

Prygiel, J. and Coste M. "The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices", Hydrobiologia. (269): 343–349, 1993.

Reavie, E.D. and Smol, J.P. "Epilithic diatoms of the St. Lawrence River and their relationships to water quality", Canadian Journal of Botany. (76): 251-257, 1998.

Reid, M. A. and et al. "The use of diatoms to assess past and present water quality", Aus. Ecology. (20): 57-64, 1995.

Rott, E. "Methodological aspects and perspectives of the use of periphyton for monitoring and protecting rivers", In The use of algae for monitoring rivers. Inst.f.Botanik, Univ. Innsbruck, 1991.

Rott, E. "Diatoms of the Grand River, Ontario, Canada restudied after 25 years", Limnologica. (25): 165-192, 1995.

Rott, E., Pfister, P. and Pipp, E. Use of Diatom for Environmental monitoring. Austria: Institute für Botanik der Universiät Innsbruck, 1997.

Rott, E., Duthie, H. and Pipp, E. "Diatoms for monitoring organic pollution and eutrophication in Grand River, Ontario", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. (55): 1443-1453, 1998.

Rott, E., Pipp, E. and Pfister, P. "Diatom methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe", Algological Studies. (110): 91-115; November, 2003

Round, F.E. The Biology of the Algae. Great Britain: Edward Arnold Limited, 1973.

_____. "Diatoms in river water monitoring studies", Journal of Applied Phycology. (3):129-145, 1991.

_____. A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality. London: HMSO Publications Centre, 1991.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Sheath, G.R. and Cole, M.K. "Biogeography of stream macroalgae in North America", Journal of Phycologia. (28): 448-460, 1992.

Soininen, J. "Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some Finnish river", International Review of Hydrobiology. (87): 11-24, 2002.

Suphan, S. Benthic diatoms and their application in water quality monitoring of Mekong River in the part of Thailand. Ph.D.Thesis: Chiang Mai University, 2009.

Van Dam, H., Mertens, A. and Sinkeldam, J. "A Coded Checklist and Ecological Indicators Values of Freshwater Diatoms from the Netherlands", Netherlands Journal of aquatic ecology. 28(1): 117-133, 1997.

Wetzel, R.G. Limnology. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1983.

_____. "Lake and River Ecosystems", in Limnology. New York: Academic Press, 2001.

Whitton, B.A., Rott, E. and Friedrich, G. Use of Algae for Monitoring Rivers. Innsbruck: Institute für Botanic. Innsbruck University, 1991.

Whitton, B. A. and Kelly, M. G. "Use of Algae and Other Plants for Monitoring Rivers", Australian J. Ecology, 20: 45-56, 1995.

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้วิธีของ Azide Modification (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

1.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำด้วยขวด BOD ด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศในขวดตัวอย่าง และต้องทำการวิเคราะห์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง เพื่อไม่ให้ปริมาณออกซิเจนในตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลง

1.1.2 เติมสารละลายแมงกานีสออกไซด์ ($MnSO_4$) ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตรและสารละลายอัลคาไลไอโอไดด์เอไซด์ (Alkali iodide azide reagent) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในตัวอย่างน้ำตามลำดับ โดยการจุ่มปีเปตลงไปใต้ผิวน้ำเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศแล้วรีบปิดฝาโดยเร็ว จากนั้นจับขวด BOD ที่มีตัวอย่างน้ำนั้นพลิกกลับไปกลับมาประมาณ 20 ครั้ง เพื่อให้สารละลายและตัวอย่างน้ำผสมกัน แล้วตั้งทิ้งไว้จนตกตะกอนแล้วจับขวดพลิกกลับไปมาซ้ำอีก แล้วปล่อยให้ตกตะกอนอีกครั้ง

1.1.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ลงในขวดตัวอย่างน้ำ แล้วพลิกขวดกลับไปมาเพื่อละลายตะกอน

1.1.4 ตวงตัวอย่างน้ำจากข้อ 1.1.3 ปริมาตร 101 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่เพื่อนำมาไทเทรต (ส่วนที่เกินมา 1.0 มิลลิลิตร เพื่อเป็นการชดเชยน้ำที่ไหลออกมาขณะที่มีการเติมสารละลาย) ก่อนจะตวงตัวอย่างน้ำออกมาไทเทรตต้องเขย่าขวดทุกครั้ง

1.1.5 ไทเทรตตัวอย่างน้ำด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตจนตัวอย่างน้ำมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน หลังจากนั้นจึงหยดน้ำแป้งลงไปในตัวอย่างน้ำ 8 หยด แล้วไทเทรตต่อจนตัวอย่างน้ำใส

1.1.6 จดบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ทั้งหมด

1.1.7 คำนวณหาความเข้มข้นของปริมาตรออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิลิตร/ลิตร)} = \frac{(V_1)(N)(8)(1{,}000)}{V_2}$$

V_1 = ปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต

V_2 = ปริมาตรของตัวอย่างน้ำ

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไทโอซัลเฟต

1.2 การวิเคราะห์หาค่า BOD ด้วยวิธี Azide Modification (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

1.2.1 การเก็บน้ำตัวอย่างน้ำจะทำเช่นเดียวกับการหาค่า DO โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 2 ขวด ซึ่งขวดที่ 1 จะทำการวัดค่า DO ทันที โดยวิธี Azide modification (DO_5) ส่วนขวดที่ 2 จะเก็บไว้ที่ตู้ BOD ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

1.2.2 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ นำมาวิเคราะห์ค่า DO

1.2.3 คำนวณหาสารที่ละลายในน้ำ มาคำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำ จากสูตร BOD_5 (mg/l) = $DO_0 - DO_5$

1.3 การวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำ โดยวิธี Phenolphtalein methyl orange indicator (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

1.3.1 ตวงน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.3.2 เติม Phenolphtalein indicator 3 หยด ลงในขวดรูปชมพู่แล้วเขย่าให้เข้ากัน

1.3.3 ถ้าตัวอย่างเป็นสีชมพูอ่อน ให้ไทเทรตด้วย 0.02 N H_2SO_4 จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจางหายไปและบันทึกปริมาณที่ใช้

1.3.4 เติม Methyl orange indicator 3 หยด ลงในขวดรูปชมพู่

1.3.5 ถ้าตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ให้ไทเทรตด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจาก blank และค่อยๆ ไทเทรตทีละหยดจนได้จุด end point เป็นสีส้มและแดง จดปริมาตรที่ใช้แล้วนำไปคำนวณในสูตร (methyl orange จะให้สีเหลืองในสารละลายที่เป็นด่าง สีส้มในสารละลายที่เป็นกลาง และสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด)

Total alkalinity (mg /l^{-1} ของ $CaCO_3$) = จำนวนกรดที่ใช้เป็น มิลลิลิตร x 10

1.4 การวิเคราะห์หาปริมาณของฟอสเฟต โดยใช้วิธีมาตรฐาน (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

1.4.1 ตัวอย่างที่ 1 กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง แล้วตวงน้ำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

1.4.2 ตัวอย่างที่ 2 นำตัวอย่างน้ำที่ยังไม่กรองมาตวงให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

1.4.3 เติมผงแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 0.4 กรัม ลงในตัวอย่างทั้งสอง

1.4.4 ต้มบนเตาไฟฟ้าในเครื่องดูดควันเป็นเวลา 30 หรือ 40 นาที จนกระทั่งปริมาตรเหลือ 10 มิลลิลิตร ทิ้งส่วนผสมไว้ให้เย็น แล้วเจือจางเป็น 30 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลาย ฟีนอฟธาลีนอินดิเคเตอร์ และปรับพีเอชด้วยสารละลาย NaOH จนได้สีชมพูอ่อน

1.4.5 ปรับปริมาตรสารละลายเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.4.6 เติมสารละลายโมลิบเดต (เขย่าผสมทันทีหลังจากเติมสารในแต่ละครั้ง) 4.0 มิลลิลิตร และสารละลายสแตนนัสคลอไรด์ 0.5 มิลลิลิตร (10 หยด) เก็บตัวอย่างสารและสารมาตรฐานไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส (± 2 องศาเซลเซียส)

1.4.7 จากนั้นทิ้งไว้ 10 นาที แต่ต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 690 นาโนเมตร ภายใน 12 นาที แล้วนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank แล้วบันทึกค่า

1.5 การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท โดยใช้วิธีมาตรฐาน (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

1.5.1 กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองแล้วดูดตัวอย่างน้ำที่ใสมา 2 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบ

1.5.2 เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์แรกซึ่งจะเป็น blank และเติมสารละลาย บรูซีน- ซัลฟานิลิก 1 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ที่ 2

1.5.3 เติมกรดซัลฟิวริก 10 มิลลิลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ นำบีกเกอร์มาอีก 2 ใบ และเท blank และตัวอย่างกลับไปกลับมาในแต่ละบีกเกอร์อย่างน้อย 6 ครั้ง เพื่อมั่นใจว่าเกิดการผสมเข้ากันดี

1.5.4 ทิ้งให้ตัวอย่างตกตะกอนอย่างน้อย 3 นาที แต่ไม่เกิน 10 นาที เพื่อให้เกิดสี

1.5.5 วัดค่าดูดกลืนแสงของสีบรูซีน - ไนเตรท โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร (หรือ 400 ถึง 425 นาโนเมตร กรณีใช้ฟิลเตอร์โฟโตมิเตอร์)

1.6 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ดัดแปลงวิธีการโดยยุวดี พีรพรพิศาล และฉมาภรณ์ นิวาศะบุตร, 2538)

1.6.1 นำน้ำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษ GF / C ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

1.6. นำกระดาษกรองมาบด แล้วเติมสารละลายเอทานอล ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา แล้วนำไปเก็บในตู้เย็น 6-24 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 1 พยายามอย่าให้ถูกแสง จากนั้นเติมสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

1.6.3 นำสารละลายในข้อ 1.6.2 ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายเอทานอลความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์เป็น bank แล้วใช้ cuvette ขนาด 4 เซนติเมตร

1.6.4 เติมสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 นอร์มอล ปริมาตร 0.06 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ 30 นาที

1.6.5 นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงอีกครั้ง

1.6.6 ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ นำไปคำนวณหาค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จากสูตร

$$\text{Chlorophyll a (ไมโครกรัมต่อลิตร)} = \frac{29.6 \times (A-B) \times v}{V \times l}$$

A = ค่าดูดกลืนแสงก่อนเติมกรด HCl

B = ค่าดูดกลืนแสงหลังเติมกรด HCl

V = ปริมาณน้ำตัวอย่าง

v = ปริมาณของเอทานอล

l = ขนาดความยาวของ cuvette (เซนติเมตร)

1.7 การตรวจหาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด พีคัลโคลิฟอร์ม และ *E.coli* โดยวิธี Standard multiple tube fermentation technique

โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียที่มีแหล่งอาศัยปกติในท่อทางเดินอาหารของคนและสัตว์เลือดอุ่น การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียจึงแสดงว่ามีการปนเปื้อนของอุจจาระโดยตรง โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ปนเปื้อนจากอุจจาระโดยตรง เรียกว่า Fecal coliform ส่วนแบคทีเรีย โคลิฟอร์ม อื่นๆ เช่น *Enterobacter aerogenes* ซึ่งไม่อาจใช้เป็นดัชนีแสดงการปนเปื้อนจากอุจจาระ

โดยตรง จึงเรียกกลุ่มนี้ว่าเป็น non-fecal coliform เนื่องจาก *E.coli* มีคุณสมบัติต่างจาก *Enterobacter* sp. คือ

1. *E. coli* สามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลแลกโทส แล้วเกิดแก๊สที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง ซึ่งการทดสอบทำได้ง่าย

2. *E.coli* ให้ผลการทดสอบปฏิกิริยา IMVIC (indole,methyl red, Voges-Proskauer,citrate test) เป็น+ + - - ส่วน *Enterobacter aerogenes* ให้ผลเป็น - - + + แต่การตรวจวิเคราะห์ยุ่งยากและสิ้นเปลืองกว่าวิธีที่ 1

ด้วยเหตุนี้จึงใช้ปฏิกิริยาการเฟอร์เมนต์น้ำตาลแลกโทสแล้วเกิดแก๊สที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียสเป็นการแยกกลุ่มแบคทีเรียโคลิฟอร์มเป็น 2 พวกคือ Fecal coliform และ non-fecal coliform

การทำ Coliform test กระทำได้ 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. Presumptive test เป็นการทดสอบคร่าวๆ ว่าในน้ำจะมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่หรือไม่

2. Confirmed test เป็นการยืนยันผลการตรวจ Presumptive

3. Complete test เป็นการทดสอบว่าในน้ำมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่หรือไม่อย่างสมบูรณ์ ปกติการทดสอบขั้นนี้จะไม่ทำกันเว้นแต่บางกรณีที่จำเป็นเท่านั้น

การทดสอบสามารถทำได้หลายวิธี เช่น Shake plate หรือ dilution plate count, multiple-tube techique และ membrane filter technique

วัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถนับจุลินทรีย์ และตรวจนับโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ โดยวิธี Multiple-tubetechique และ membrane filter technique

การตรวจวิเคราะห์ Coliform

1. การตรวจคร่าวๆ ว่าเป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (presunmptive coliform test)

1.1 เตรียมตัวอย่างน้ำให้มีความเจือจางระดับละ 10 เท่าด้วยความเจือจางที่ต่างๆ กัน

1.2 ใส่ตัวอย่างน้ำแต่ละระดับความเจือจางลงในหลอดอาหาร lauryl tryptose broth ระดับความเจือจางละ 1 มิลลิลิตร. 3 หลอด เพื่อดูความสามารถของแบคทีเรียในการใช้น้ำตาลแลกโทส และให้แก๊ส

1.3 บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

1.4 ตรวจผลโดยสังเกตการเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊สของหลอดอาหาร ถ้าเกิดแก๊สแสดงว่าผลเป็นบวก

1.5 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกแล้วนำไปหาค่า MPN จากตารางค่า MPN ค่าที่ได้คือปริมาณมากที่สุดของแบคทีเรียโคลิฟอร์มซึ่งอาจพบในตัวอย่างน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ขั้นตรวจคร่าวๆ

2. การตรวจเพื่อยืนยันว่าเป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (confirmed coliform test)

การยืนยันนั้นกระทำได้โดยใช้ brilliant green lactose bile broth ซึ่งจะมีทั้ง brilliant green dye และ bile ที่เป็นสารสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก ดังนั้นจึงเป็นการคัดเลือกให้แบคทีเรียกลุ่มที่อยู่ในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ คือ แบคทีเรียโคลิฟอร์มเท่านั้นเจริญได้ การทดลองมีดังนี้

2.1 จากหลอดที่ให้ผลบวกเท่านั้นใน presumptive test ถ่ายเชื้อลงในหลอดอาหาร brilliant green lactose bile broth หลอดละ 1 ลูป

2.2 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2.3 ตรวจผลโดยสังเกตการเกิดแก๊สในหลอดดักแก๊ส ถ้าเกิดแก๊ส แสดงว่าผล Confirmed test เป็นบวก ยืนยันว่าเป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์ม

2.4 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก นำไปหาค่า MPN จากตาราง ค่าที่ได้คือปริมาณมากที่สุดของแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ซึ่งอาจพบในตัวอย่างน้ำที่ตรวจวิเคราะห์ในขั้นยืนยัน

3. การตรวจ Fecal coliform

3.1 อุ่นหลอดอาหาร EC broth ที่อุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส ถ่ายเชื้อ 1 ลูป จากหลอดที่ให้ผลบวกใน presumptive test ข้อ 1.1.4 ลงในอาหาร (ในกรณีที่ทำ Confirmed test ให้ถ่ายเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกในขั้น Confirmed test ข้อ 1.2.3 จะดีกว่า)

3.2 รีบบ่มที่ 44.5 ± 0.2 องศาเซลเซียส (ภายใน 30 นาที หลังการถ่ายเชื้อในข้อ 1.4.1 เสร็จเป็นเวลา 24 ชั่วโมง)

3.3 ตรวจผลโดยสังเกตการณ์เกิดแก๊สในหลอดดักแก๊สของหลอดอาหาร ถ้าเกิดแก๊สแสดงว่าผลการทดลองเป็นบวก

3.4 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกนำไปหาค่า MPN จากตาราง ค่าที่ได้คือปริมาณมากที่สุดของ fecal coliform ซึ่งอาจพบในตัวอย่างน้ำที่ตรวจวิเคราะห์

1.8 การหาค่าเอ็มพีเอ็น (MPN)

MPN ย่อมาจาก Most Probable Number เป็นจำนวนสูงสุดของจุลินทรีย์ที่มีได้ในตัวอย่างค่านี้ได้จากการประเมินโดยใช้หลักทางสถิติ

สำหรับการหาค่า MPN โดยวิธี Multiple tube fermentation technique นับเป็นเทคนิคหรือวิธีการประเมินสูงสุดของจุลินทรีย์ในตัวอย่าง โดยเฉพาะจุลินทรีย์จากตัวอย่างนั้นในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว ซึ่งเป็นอาหารที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่ต้องการประเมินจำนวน ดังนั้นจำนวนจุลินทรีย์ที่ประเมินได้ จึงเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่และสามารถเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่านั้น

วิธีการตรวจวิเคราะห์ทั่วไป

1. เจือจางน้ำตัวอย่างระดับละ 10 เท่า เลือกใช้ความเจือจาง 3 ระดับ ใส่ตัวอย่างน้ำที่ความเจือจางระดับต่างๆ 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเหลวที่เหมาะสมสำหรับเพาะเชื้อ ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

2. บ่มหลอดอาหารทั้งหมดที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม บันทึกจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกทุกระดับความเจือจางที่เลือก นำผลที่ได้ไปหาค่า MPN ของจุลินทรีย์ต่อ 100 มิลลิลิตร ของน้ำตัวอย่าง (โดยเทียบกับตาราง)

ตารางที่ 19 ค่าดัชนี MPN ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของหลอดที่ให้ผลบวกเมื่อใช้ระบบ 3 หลอด ของน้ำตรวจวิเคราะห์ 10 มิลลิลิตร 1.0 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก	ดัชนี MPN/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
0-0-0	<3	-	-
0-0-1	3	<0.5	9
0-1-0	3	<0.5	13
1-0-0	4	<0.5	20
1-0-1	7	1	21
1-1-0	7	1	23
1-1-1	11	3	36
1-2-0	11	3	36
2-0-1	14	3	37

ตารางที่ 19 ค่าดัชนี MPN และความเชื่อมั่น 95 % ของหลอดที่ให้ผลบวกเมื่อใช้ ระบบ 3 หลอด ของน้ำตรวจวิเคราะห์ 10 มิลลิลิตร 1.0 มิลลิลิตร และ 0.1 มิลลิลิตร (ต่อ) (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก	ดัชนี MPN/100 มิลลิลิตร	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
		ต่ำกว่า	สูงกว่า
2-1-0	15	3	44
2-1-1	20	7	89
2-2-0	21	4	47
2-2-1	28	10	149
3-0-0	23	4	120
3-0-1	39	7	130
3-0-2	64	15	379
3-1-0	43	7	210
3-1-1	75	14	230
3-1-2	120	30	380
3-2-0	93	15	380
3-2-1	150	30	440
3-2-2	210	35	470
3-3-0	240	36	1,300
3-3-1	460	71	2,400
3-3-2	1,100	150	1,800
3-3-3	>2,400	-	-

ในบางครั้งผลที่ได้ไม่สามารถเทียบหาค่าจากตาราง MPN ได้ จึงต้องทำการคำนวณหาค่าโดยใช้สูตรของโธมัส (Thomas simple formula)

$$\text{MPN/100 ml} = \frac{\text{จำนวนหลอดที่ให้ผลบวกทั้งหมด} \times 100}{\sqrt{(\text{ปริมาณน้ำตัวอย่างเป็น ml ในหลอดที่ให้ผลลบ}) \times (\text{ปริมาณน้ำตัวอย่างเป็น ml ในทุกหลอด})}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟต

2.1.1 กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง แล้วตวงน้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน cuvette 2 อัน อันแรกใส่สาร Phosphate Acid Reagent ที่มีลักษณะเป็นน้ำ โดยใช้ 1 มิลลิลิตร และ Reduc. Rgt. 1 ช้อน อีกอันหนึ่งเอาไว้เปรียบเทียบ ไม่ต้องเติมสารใดๆ

2.2.2 เปิดเครื่อง Smart spectro Spectrophotpmeter รุ่น Lamotte, 1997 ทิ้งไว้สักครู่ เลือก PROGRAM TESTS/ENTER เลือก ALL TESTS/ENTER เลือก 78 Phosphate L/ ENTER

2.2.3 นำน้ำตัวอย่างจากข้อ 1 ที่ไม่ได้เติมสารใดๆ ใส่ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องให้สนิท เลือกที่ SCAN BLANK/ENTER จะได้ค่า blanking wait แล้วจะปรากฏเมนูที่มี Scan sample แล้วให้เปลี่ยนเอา cuvette ที่มีสารเคมีใส่ลงไปแทน เลือกที่ Scan sample / ENTER จะได้ค่าที่มีหน่วยเป็นพีพีเอ็ม

2.2.4 เมื่อเสร็จสิ้นให้กด Exit เมนูจะเปลี่ยนมาเป็นเมนูแรก แล้วทำการปิดเครื่องได้เลย (OFF)

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

2.2.1 กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง แล้วตวงน้ำตัวอย่าง ใส่ลงใน cuvette 2 อัน อันแรกใส่ 5 ml ใส่สาร Nitrate Acid Reagent ที่มีลักษณะเป็นน้ำ โดยใช้ 5 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที เติมสาร Nitrate Acid Reagent ที่มีลักษณะเป็นผง 1 ช้อน เขย่าเป็นเวลา 4 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที อันที่ 2 ใส่น้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ไม่ต้องเติมสารใดๆ

2.2.2 เปิดเครื่อง Smart spectro Spectrophotpmeter รุ่น Lamotte, 1997 ทิ้งไว้สักครู่ เลือก PROGRAM TESTS/ENTER เลือก ALL TESTS/ENTER เลือก 64 Nitrate LR/ ENTER

2.2.3 นำน้ำตัวอย่างจากข้อ 1 ที่ไม่ได้เติมสารใดๆ ใส่ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องให้สนิท เลือกที่ SCAN BLANK/ENTER จะได้ค่า blanking wait แล้วจะปรากฏเมนูที่มี Scan sample แล้วให้เปลี่ยนเอา cuvette ที่มีสารเคมีใส่ลงไปแทน เลือกที่ Scan sample / ENTER จะได้ค่าที่มีหน่วยเป็น ppm.

2.2.4 เมื่อเสร็จสิ้นให้กด Exit เมนูจะเปลี่ยนมาเป็นเมนูแรก แล้วทำการปิดเครื่องได้เลย (OFF)

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยวิธี Azide modification (APHA et al., 1992)

2.3.1 ล้างขวด DO ด้วยน้ำตัวอย่าง (rinse) 2-3 ครั้ง เก็บน้ำตัวอย่างด้วยขวด DO ที่ระดับน้ำลึก 30 เซนติเมตร โดยไม่ให้มีฟองอากาศ และปิดฝาขวดให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ

2.3.2 เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 มิลลิลิตร (ห้ามเขย่า) และสารละลาย alkali-iodide azide reagent 1 มิลลิลิตร ปิดฝา

2.3.3 เขย่าขวดแล้วตั้งทิ้งไว้จนได้ตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายทั้งหมด เขย่าอีกครั้งแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายใหม่

2.3.4 เติม conc. H_2SO_4 1 มิลลิลิตรปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน

2.3.5 นำสารละลายจากข้อ 5 มา 100 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วย $Na_2S_2O_3$ 0.025 นอร์มอล จนได้สีเหลืองจาง แล้วเติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน ไตเตรทต่อไปเรื่อยๆ ทีละหยดจนสีน้ำเงินจางหายไป จดปริมาตรที่ใช้และนำไปคำนวณในสูตร DO (mg/l) = จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน 0.025 N $Na_2S_2O_3 \times 2$

2.4 การวิเคราะห์หาค่า BOD ด้วยวิธี Azide Modification (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

2.4.1 ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง BOD เช่นเดียวกับการหาค่า DO จำนวน 2 ขวดๆ แรกทำการวัดค่า DO ทันที โดยวิธี Azide modification (DO_5) ขวดที่ 2 นำเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาหาค่า DO

2.4.2 คำนวณหาสารที่ละลายในน้ำ มาคำนวณหาค่า BOD_5 ของน้ำจากสูตร

$BOD_5\ (mg.l^{-1}) = DO_0 - DO_5$

2.5 การวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำโดยวิธี Phenolphthalein methyl orange indicator (APHA, AWWA, WPCF, 1998)

2.5.1 ตวงน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein indicator 3 หยด ลงในขวดรูปชมพู่แล้วเขย่าให้เข้ากัน

2.5.2 ถ้าตัวอย่างเป็นสีชมพูอ่อน ให้ไทเทรตด้วย 0.02 N H_2SO_4 จนสังเกตเห็นสี การเปลี่ยนแปลงจางหายไปและบันทึกปริมาณที่ใช้

2.5.3 เติม methyl orange indicator 3 หยด ลงใน flask

2.5.4 ถ้าตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีเหลืองให้ไทเทรตด้วย 0.02 นอร์มอล H_2SO_4 จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจาก blank และค่อยๆ ไทเทรตทีละหยดจนได้จุด end point เป็นสีส้มและแดง จดปริมาตรที่ใช้แล้วนำไปคำนวณในสูตร (methyl orange จะให้สีเหลืองในสารละลายที่เป็นด่าง สีส้มในสารละลายที่เป็นกลาง และสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด) Total alkalinity (mg /l as $CaCO_3$) = จำนวนกรดที่ใช้เป็น ml × 10

2.6 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า

2.6.1 เปิดเครื่องประมาณ 5-10 นาที เครื่องจะแสดงเมนู เลือกที่ค่า pH / ENTER แช่ Probe ในบัฟเฟอร์ 7 รอจนเครื่องปรากฏค่าได้ 6.87-7 นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น จุ่มลงในน้ำตัวอย่าง เครื่องจะทำการอ่านค่า

2.6.2 ในการหาค่าอื่นๆ จะกด Mode เพื่อหาเมนูเริ่มต้น

2.6.3 ในการหาค่าการนำไฟฟ้า จะเลือกที่ conductivity ที่มีหน่วยเป็น µs/cm ENTER แล้วเครื่องก็จะทำการอ่านค่า

2.6.4 เมื่อต้องการให้เครื่องกลับมาที่เมนูเริ่มต้นให้กด Mode

2.6.5 เมื่อใช้เสร็จให้กด OFF

ภาคผนวก ข
อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1 Lauryl sulfate tryptose broth (LSTB) มีสูตรอาหาร ดังนี้

ทริพโตส (tryptose)	20	กรัม
แลกโตส (Lactose)	5	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	2.75	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	2.75	กรัม
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	5.0	กรัม
โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate)	0.1	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ก่อนทำการนึ่งฆ่าเชื้อ บรรจุหลอดดักแก๊สลงในหลอดอาหารในลักษณะคว่ำหลอดแล้ว ปรับ pH ให้ได้ 6.8 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ 12 ^{0}C 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์

1.2 สูตราอาหาร BGLB (Brillant green Lactose bile broth)

Peptone	10	กรัม
Lactose	10	กรัม
Oxagall (Bile salt)	20	กรัม
Briliant green (เกลือสีเขียว)	0.0133	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	กรัม

ก่อนทำการนึ่งฆ่าเชื้อ บรรจุหลอดดักแก๊สลงในหลอดอาหารในลักษณะคว่ำหลอดแล้ว ปรับ pH ให้ได้ 7.2 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ 121^{0}C 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์

1.3 สูตรอาหาร EC (*E. coli* broth)

Tryptone หรือ Trypticase	20	กรัม
Lactose	5.0	กรัม
Bile salt no.3 หรือ Bite salt mixture	1.5	กรัม
K_2HPO_4	4.0	กรัม
KH_2PO_4	1.5	กรัม
NaCl	5.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	กรัม

ก่อนทำการนึ่งฆ่าเชื้อ บรรจุหลอดดักแก๊สลงในหลอดอาหารในลักษณะคว่ำหลอดแล้ว ปรับ pH ให้ได้ 6.9 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ 121 ^{0}C 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์

ภาคผนวก ค

ตารางมาตรฐาน

ตารางที่ 20 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในสถานภาพชั้นน้ำ ตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร

GENERAL LAKE TROPHY	WATER CHARATERISTICS	DOMINANT ALGAE	OTHER COMMONLY OCCURRUNG ALGAE
Oligotrophic	Slightly acidic;very low salinity	Desmids, *Staurodesmus*, *Staurastum*	*Sphaerocystis*, *Gloeocystis*, *Rhizosolenia*, *Tabellaria*
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline nutrient-poor lakes	Diatom, especiall, *Cyclotella* and *Tabellaria*	Some *Asterionella* spp.some *Melosira* spp, *Dinobryon*
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline nutrient-poor lakes or more productive lake at season nutrient reduction	Chrysophycean algae Especially *Dinobryon*; some *Mallomonas*	Other Chrysophyceans.e.g., *Synedra,Uroglena*; Diatom *Tabellaria*
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline nutrient-poor lakes	Chlorococcal *Oocystis* or Chrysophycean *Botryococcus*	Oligotrophic diatom
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline : general nutrient poor; common in shallow Arctic lakes	Dinoflagellates, especially some *Peridinium* and *Ceratium* spp.	Small chrysophytes Crytophytes and diatom.,
Mesotrophic or Eutrophic	Neutral to slightly alkaline;annual dominants or in eutrophic lakes at certain seasons	Dinoflagellates, some *Peridium* and *Ceratium* spp.	*Glenodinium* and many other algae
Eutrophic	Usually alkaline lakes with nutrient enrichment	Diatom much of year, Especially *Asterionella* spp., *Crotonensis*, *Synedra*, *Stephanodiscus* and *Melosira granulata*	Many other algae, especially green and blue-greens during warmer periods of year;desmids of dissolved organic matter is

ตารางที่ 20 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในสถานภาพชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของสารอาหาร (Wetzel, 1975) (ต่อ)

GENERAL LAKE TROPHY	WATER CHARATERISTICS	DOMINANT ALGAE	OTHER COMMONLY OCCURRUNG ALGAE
Eutrophic	Usally alkaline; nutrent enriched; common in warmer periods of temperature lakes or perennially in enriched tropical lakes	Blue-green algae, especially *Anacystis* (= *Microcystis*), *Aphanizomenon*, *Anabaena*	Other blue-green; *Euglena* ophytes if organically enriched or polluted

ตารางที่ 21 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง (Lorraine and Volleneweider, 1981)

Variable (Annaul Mean Values)		Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Hypereutrophic
Total phosphorus	X	8.0	26.7	84.4	
(mg./m^3)	X ± 1 SD	4.85-13.3	14.5-49	38-189	
	X ± 1 SD	2.9-22.1	7.9-90.8	16.8-424	
	Range	3.0-17.7	10.9-95.6	16.2-386	750-1200
	N	21	19(21)	17(72)	2
Total nitrogen	X	661	753	1875	
(mg./m^3)	X ± 1 SD	371-1180	485-1170	861-4081	
	X ± 1 SD	208-2103	313-1816	395-8913	
	Range	307-1630	361-1387	393-6100	
	N	11	8	37(38)	
Chlorophyll a	X	1.7	4.7	14.3	
(mg./m^3)	X ± 1 SD	0.8-3.4	3.0-7.4	6.7-31	
	X ± 1 SD	0.47-7.1	1.9-11.6	3.1-66	
	Range	0.3-4.5	3.0-11	2.7-78	100-150
	N	22	16(17)	70(72)	2

ตารางที่ 21 การจัดชั้นน้ำตามระดับความมากน้อยของฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ เอ และความลึกที่แสงส่องถึง (Lorraine and Volleneweider, 1981) (ต่อ)

Variable (Annaul Mean Values)		Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic	Hypereutrophic
Chlorophyll a peak	X	4.2	16.1	42.6	
($mg./m^3$)	X ± 1 SD	2.6-7.6	8.9-29	16.9-107	
	X ± 1 SD	1.5-13	4.9-52.5	6.7-370	
	Range	1.3-10.6	4.9-49.5	9.5-275	
	N	16	12	46	
Secchi depth	X	9.9	4.2	46	
(m.)	X ± 1 SD	5.9-16.5	2.4-7.4	1.5-4.0	
	X ± 1 SD	3.6-27.5	1.4-13	0.9-6.7	
	Range	5.4-28.3	1.5-8.1	0.8-0.7	0.4-0.5
	N	13	20	70(72)	2

X = geometric mean SD = standard deviation

() = value in bracker refers to the number of variables

(n) = employed in the calculation

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน

มาตรา 32 (1) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติมีอำนาจในการประกาศในราชกิจจานุเบกษากำหนดมาตรฐานคุณภาพในแม่น้ำลำคลอง หนองบึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำและ แหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆ ที่อยู่ในแผ่นดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แบ่งประเภทของแหล่งน้ำผิวดินออกเป็น 5 ประเภท

ประเภทที่ 1 ได้แก่แหล่งน้ำที่มีคุณภาพตามธรรมชาติ โดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติเสียก่อน
2. การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
3. การอนุรักษ์ระบบนิเวศแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติเสียก่อน และผ่านกระบวนการปรับปรุงด้านคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

2. การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

3. การประมง

4. การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติเสียก่อน และผ่านกระบวนการ
ปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปเสียก่อน

2. การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อ

1. การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติเสียก่อน และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำพิเศษเสียก่อน

2. การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ตารางที่ 22 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดฤดู ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1	สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ	ธ	ธ	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)	-	°ซ	ธ	ธ	ธ	ธ	-
3	ความเป็นกรดด่าง (pH)	-	-	ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4	ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)[2/]	P20	มก./ล.	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	P80	มก./ล.	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6	แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล	ธ	5,000	20,000	-	-

ตารางที่ 22 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ต่อ)

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	ค่าทางสถิติ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสุด ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
7	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิ-ฟอร์ม (Fecal coliform bacteria)	P80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	ธ	1,000	4,000	-	-
8	ไนเตรต (NO_3) ในหน่วยไนโตรเจน	-	มก./ล.	ธ	5.0	5.0	5.0	-
9	แอมโมเนีย (NH_3) ในหน่วยไนโตรเจน	-	มก./ล.	ธ	0.5	0.5	0.5	-
10	ฟีนอล (Phenols)	-	มก./ล.	ธ	0.005	0.005	0.005	-
11	ทองแดง (Cu)	-	มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
12	นิคเกิล (Ni)	-	มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
13	แมงกานีส (Mn)	-	มก./ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
14	สังกะสี (Zn)	-	มก./ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
15	แคดเมียม (Cd)	-	มก./ล.	ธ	0.005*	0.005*	0.005*	-
					0.05**	0.05**	0.05**	-
16	โครเมียมชนิดเฮกซาวาเลนท์ (Cr Hexavalent)	-	มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
17	ตะกั่ว (Pb)	-	มก./ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)	-	มก./ล.	ธ	0.002	0.002	0.002	-
19	สารหนู (As)	-	มก./ล.	ธ	0.01	0.01	0.01	-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)	-	มก./ล.	ธ	0.005	0.005	0.005	-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	-	มก./ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
	-ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)	-	เบคเคอเรล/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
	-ค่ารังสีเบตา (Beta)	-	เบคเคอเรล/ล.	ธ	0.05	0.05	0.05	-
22	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด	-	มก./ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
23	ดีดีที (DDT)	-	ไมโครกรัม/ล.	ธ	1.0	1.0	1.0	-
24	บีเอชทีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	-	ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.02	0.02	0.02	-
25	ดิลดริน (Dieldrin)	-	ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
26	อัลดริน (Aldrin)	-	ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.1	0.1	0.1	-
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์	-	ไมโครกรัม/ล.	ธ	0.2	0.2	0.2	-
28	เอนดริน (Endrin)	-	ไมโครกรัม/ล.	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	-

หมายเหตุ;

1/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

2/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ' อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต($CaCO_3$) ไม่เกินกว่า 100 mg/l

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เกินกว่า 100 mg/l

P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น. หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบนี้เป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำ และน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนด

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาเล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

ตารางที่ 23 การจัดชั้นน้ำตามความมากน้อยของสารอาหาร คุณสมบัติน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางประการ และกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดเด่นในชั้นน้ำระดับต่างๆ (Wetzel, 1975)

TROPHIC TYPE	MEAN PRIMARY PRODUCTIVITY ($mg.\ cm^{-2}\ DAY^{-1}$)	PHYTO PLANKTON DENSITY ($cm^{-3}.cm^{-3}$)	PHYTOPLANKTON BIOMASS ($mg.cm^{-3}$)	CHOROPHYLL A ($mg.\ m^{-3}$)	DOMINANT PHYTOPLANKTON	LIGHT EXTINCTION COEFFICIENTH (nm^{-1})
Ultraoligotrophic	>50	<1	<50	0.01-0.5		0.03-0.8
Oligotrophic	50-300		20-100	0.3-3	Chrysophyceae	0.05-1.0
Oligomesotrophic		1-3			Dinophyceae Bacillariophyceae	
Mesotrophic	250-1000		100-300	2.15		0.1-2.0
Mesoeutrophic		3-5				
Eutrophic	>1000		>300	10-500	Bacillariophyceae Cyanophyceae	0.5-4.0
Hypereutrophic		>10			Chorophyceae Euglenophyceae	
Dystrophic	50-500		<50-200	0.1-10		1.0-4.0

ภาคผนวก ง

คุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหลผ่านจังหวัดอุบลราชธานี

ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือน มกราคม 2551

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551

จุดเก็บตัวอย่าง	air temp. (°C)	water temp. (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	secchi depth (cm)	conductivity (µs/cm)	alkalinity (mg/l) as $CaCO_3$	chlorophyll a (µg/l)	total coliform bacteria (MPN/100ml)	fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	SRP (mg/l)	Nitrate N (mg/l)
กุมภาพันธ์													
จุดที่1	25	24	9.35	6.65	6.95	36	228.9	47.7	1.06	<300	<300	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่2	28	26	9.17	3.4	5.44	49	223	43.4	0.35	15,000	15,000	0.0695	< 0.0001
จุดที่3	27	26	9	4.29	5.64	38	229.5	53.2	2.27	<300	<300	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่4	26	25	8.83	5.86	6.55	35	229.5	52	2.57	700	700	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่5	26	26	9.49	7	8.44	48	219.9	53.4	2.16	<300	<300	0.0121	< 0.0001
จุดที่6	24.2	23	11.5	7.93	2.6	19	305	32.4	2.04	2,400	2,400	0.0541	< 0.0001
จุดที่7	25	22.9	10.2	6.67	1.07	37	205	31.6	2.58	430	430	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่8	28	22.6	10.6	6.2	2.4	32	285	31.6	2.03	230	230	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่9	22.5	21	11.1	5.33	2.37	32	224	29.6	1.98	230	230	< 0.0001	0.0465
จุดที่10	21.7	21	10.9	4.67	1.53	31	219	32.4	2.03	2,400	2,400	< 0.0001	0.0370
มีนาคม													
จุดที่1	36.5	33	7.35	8.25	1.86	37.5	263	45.3	1.036	2,100	70	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่2	34	35	7.37	9.0	2.2	54	274	42.4	0.592	280	750	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่3	34	33	7.48	9.06	1.2	40.5	280	42.4	0.74	11,000	11,000	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่4	37	35	7.62	9.25	5.03	41.2	237	42.8	0.89	11,000	11,000	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่5	39	34	7.42	7.7	2.4	75	275	26.9	0.59	230	750	< 0.0001	< 0.0001
จุดที่6	31	29	7.26	8.84	0.46	70	219.7	21.22	1.332	430	430	0.0202	< 0.0001
จุดที่7	30	29	7.26	11.73	3.8	70	257	22.22	0.888	<30	<30	0.0345	0.0247
จุดที่8	30	28	7.47	9.17	4.02	38	230	21.55	0.935	230	40	0.0677	0.0670
จุดที่9	30	29	7.14	8.84	1.69	73	194	19.44	1.184	230	40	0.0280	0.0461
จุดที่10	33	28	7.18	8.7	3.2	65	230	22.44	0.346	2,400	2,400	0.0500	0.0542

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	air temp. (°C)	water temp. (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	secchi depth (cm)	conductivity (µs/cm)	alkalinity (mg/l) as $CaCO_3$	chlorophyll a (µg/l)	total coliform bacteria (MPN/100ml)	fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	SRP (mg/l)	Nitrate N (mg/l)
เมษายน													
จุดที่1	32	33	7.35	8.22	0.98	41.2	241	45.18	0.88	<30	<30	ND	1.9560
จุดที่2	30	29	7.35	10	2.29	57	247	42.44	0.642	<30	750	ND	0.7572
จุดที่3	31	30	7.48	8.95	1.09	46	252	42.77	1.234	11,000	11,000	ND	< 0.0001
จุดที่4	31	30	7.62	9.38	1.07	52	251	42.77	0.346	11,000	11,000	ND	1.2465
จุดที่5	29	28	7.42	7.66	0.2	16.5	193	26.89	0.844	230	750	ND	0.6090
จุดที่6	32	29	6.13	7.43	0.4	38	253	25.16	1.776	2,400	2,400	0.2785	2.7210
จุดที่7	32	29	6.12	8.03	0.2	46	252	19.83	1.234	1,500	4,600	0.1952	4.7910
จุดที่8	31	29	6.14	7.86	2.66	53	251	22.63	0.592	11,000	11,000	0.3962	3.9530
จุดที่9	31	28	5.14	9.24	2.36	56	192	25.42	1.628	430	930	0.1801	3.6220
จุดที่10	31	28	6.19	8.82	1.67	60	246	25.50	4.44	<30	<30	0.1651	2.3040
พฤษภาคม													
จุดที่1	34	33	6.88	8.7	0.72	39	245	22	0.888	150	<30	0.1588	2.5805
จุดที่2	34	33	7.06	10.13	1.67	46	246	23	1.184	2,400	2,400	0.1980	2.7200
จุดที่3	35	32.5	6.95	9.53	3.40	41	245	22	2.368	1,500	4,600	0.1951	2.7965
จุดที่4	36	32.5	6.92	8.86	2.94	44	245	22.33	0.592	450	430	0.1376	3.4135
จุดที่5	36	32.5	6.81	7.8	1.40	20	187	20.33	0.888	<30	<30	0.3351	4.9300
จุดที่6	36	34	6.65	6.77	1.13	36	248	71.66	0.74	2,400	2,400	0.267	5.8285
จุดที่7	34	32	6.67	7.07	1.27	39	248	70.66	0.592	≥24,000	≥24,000	0.0762	5.3265
จุดที่8	35	32.5	6.62	6.93	2.05	45	242	70.33	0.1	≥24,000	≥24,000	0.0876	6.2070
จุดที่9	35	32.5	6.81	7.4	3.5	50	196	57	4.44	≥24,000	≥24,000	0.0908	4.3010
จุดที่10	35	31	6.71	6.2	1.1	63	244	70	5.624	≥24,000	≥24,000	0.0892	4.6190

*ND หมายถึง ปริมาณสารที่น้อยจนเครื่องไม่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	air temp. (°C)	water temp. (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	secchi depth (cm)	conductivity (µs/cm)	alkalinity (mg/l) as $CaCO_3$	chlorophyll a (µg/l)	total coliform bacteria (MPN/100ml)	fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	SRP (mg/l)	Nitrate N (mg/l)
มิถุนายน													
จุดที่1	31.5	31	7.5	6.97	0.1	18.5	230	43.66	0.011	>2,400	>2,400	0.0776	3.846
จุดที่2	29.5	28	6.7	7.07	0.9	28	230	59.5	0.013	>2,400	>2,400	0.0368	3.280
จุดที่3	34	31	6.5	7.37	0.9	13	231	81.5	0.010	>2,400	>2,400	0.0698	3.7665
จุดที่4	32	31	6.8	6.77	0.03	18	232	82	0.020	>2,400	>2,400	0.0556	2.2855
จุดที่5	35.5	31.5	7	7.33	0.7	21	234	55	0.0001	>2,400	>2,400	0.1050	3.8511
จุดที่6	26.9	28	7.33	6.5	3.43	18.5	141	48	0.013	2,400	2,400	0.0264	3.8570
จุดที่7	26	28	7.31	6.43	4.27	38	132	38.66	0.0001	2,400	2,400	0.1688	2.9560
จุดที่8	26	28	.34	6.2	5.76	13	129	58	0.012	2,400	30	0.0332	3.5360
จุดที่9	26	28	7.36	5.67	2.7	18	124	54.66	0.019	2,400	2,400	0.0392	3.0895
จุดที่10	26	28	7.37	5	3.15	21	128	41.33	0.024	2,400	2,400	0.0612	2.1470
กรกฎาคม													
จุดที่1	36	29	7.43	7.17	1.0	9	154	20.6	0.0001	2,400	2,400	0.0792	2.3725
จุดที่2	31	29	7.52	8.1	1.8	27	135	25.6	0.0001	2,400	2,400	0.1536	2.6610
จุดที่3	32	30	7.55	8.0	0.85	10	142	18.3	0.0001	2,400	2,400	0.0826	2.2335
จุดที่4	35	30	7.54	8.07	1.09	19	140	18.3	0.0001	2,400	2,400	0.1044	2.039
จุดที่5	30	29	7.52	7.2	1.3	25	145	35	0.0001	930	930	0.0852	2.3490
จุดที่6	28	29	7.55	7.17	0.7	18	141	47.6	0.003	2,100	2,100	0.0358	3.2250
จุดที่7	33	31	7.53	6.83	1.0	15	135	50	0.001	210	210	0.0756	3.8470
จุดที่8	28	29	7.2	6.83	0.2	19	138	36.3	0.0001	110	110	0.0722	2.8425
จุดที่9	27	29	7.39	7.83	0.6	19	106	21.3	0.002	110	110	0.0562	2.3185
จุดที่10	28	29	7.52	6.47	0.1	17	138	36.3	0.0001	110	110	0.0756	2.4565

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	air temp. (°C)	water temp. (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	secchi depth (cm)	conductivity (µs/cm)	alkalinity (mg/l) as $CaCO_3$	chlorophyll a (µg/l)	total coliform bacteria (MPN/100ml)	fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	SRP (mg/l)	Nitrate N (mg/l)
สิงหาคม													
จุดที่1	29	28	7.38	6.43	1.30	26	105	31.3	0.004	390	390	0.0499	3.67
จุดที่2	29	28	7.40	6.37	1.80	16	106	53	0.0001	2,400	2,400	0.0319	7.358
จุดที่3	30	29	7.48	6.4	0.50	26.5	111	36	0.0001	930	930	0.0260	7.807
จุดที่4	33	29	7.43	6.17	0.95	21	108	43.3	0.0001	430	430	0.0376	6.3924
จุดที่5	31	28.5	7.52	6.06	0.75	20	113	47.6	0.0001	430	430	0.0317	8.06675
จุดที่6	29	28	7.26	6.33	2.23	15	123	53.3	0.0001	4,600	460	0.0024	5.3683
จุดที่7	33	28	7.20	6.65	2.23	16	119	37.6	0.001	430	150	ND	6.775
จุดที่8	31	28	7.25	6.60	2.0	16	120	39	0.001	930	930	0.0061	3.8288
จุดที่9	32	28	7.21	6.77	2.67	15	100	24.6	0.002	2,400	2,400	0.0093	7.0374
จุดที่10	30	28	7.33	6.77	2.15	14	119	35	0.001	2,300	2,300	ND	4.2947
กันยายน													
จุดที่1	30.5	26.5	7.54	6.63	0.1	2.05	79	57.3	0.0004	2,400	2,400	0.0070	1.98
จุดที่2	36.5	31.5	7.5	6.60	0.7	15.5	82	50	0.0002	11,000	11,000	0.1092	4.248
จุดที่3	28.5	27.5	7.49	6.70	0.8	21.8	83	44	0.0007	230	230	0.0712	4.2465
จุดที่4	32.0	27.5	7.51	6.77	0.7	18	90	49.3	0.0001	11,000	4,600	0.0586	4.1128
จุดที่5	29.0	26.8	7.51	6.67	0.1	18	92	55.6	0.0001	4,600	4,600	0.0588	4.88625
จุดที่6	36	27	6.8	6.67	2.53	15	76	47	0.0002	930	930	.0306	7.5115
จุดที่7	34	26	6.92	6.67	2.63	15	77	48.5	0.0001	430	430	0.0162	9.7080
จุดที่8	25	26	7.02	6.83	1.83	13	72	51.5	0.0002	4,600	4,600	ND	4.8105
จุดที่9	33	26	7.03	7.0	2.27	14	74	53.5	0.0001	2,400	2,400	0.0432	11.756
จุดที่10	29	26	7.02	8.07	1.80	11	78	51.5	0.001	2,400	2,400	0.0196	6.1325

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	air temp. (°C)	water temp. (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	secchi depth (cm)	conductivity (µs/cm)	alkalinity (mg/l) as $CaCO_3$	chlorophyll a (µg/l)	total coliform bacteria (MPN/100ml)	fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	SRP (mg/l)	Nitrate N (mg/l)
ตุลาคม													
จุดที่1	32	25	7.7	6.88	0	15	140	55.66	0.00074	2,400	2,400	0.224	0.29
จุดที่2	34	25	7.6	6.8	0	15	140	56	0.00592	2,400	2,400	0.3016	1.1375
จุดที่3	27	25	7.5	7	0.13	17	140	54.33	0.00044	2,400	2,400	0.1188	0.686
จุดที่4	31	25	7.6	7	0.3	15	141	54.33	0.0001	2,400	2,400	0.3144	1.8335
จุดที่5	27	25	7.5	7.43	0.65	16	140	55.66	0.00044	930	930	0.2944	1.7105
จุดที่6	32.5	26	7.7	7.5	0.5	17	138	54.33	0.0001	430	430	0.146	0.991
จุดที่7	32.5	25	7.7	7.63	0.8	26	135	53.66	0.0001	230	230	0.5842	0.583
จุดที่8	30	27	7.6	7.8	0.73	18	127	55	0.0001	230	230	0.2175	5.138
จุดที่9	32	24.5	6.7	7.96	0.9	22	114	45.33	0.0001	40	40	0.1462	2.5685
จุดที่10	27	25	7.4	7.8	0.83	23	140	54.66	0.00015	230	230	0.176	0.497
พฤศจิกายน													
จุดที่1	24	23.5	6	7.7	4.23	29	187	76.66	0.0001	930	930	0.2006	0.2509
จุดที่2	27	23	5.9	7.86	2.06	22	181	75.33	0.0004	430	430	0.1096	0.9585
จุดที่3	30.5	27	5.8	7.8	0.1	24	171	62	0.0003	430	430	0.221	3.5035
จุดที่4	27.5	23	5.8	7.9	1.6	21	187	78.66	0.0004	230	230	0.1518	3.546
จุดที่5	25	22	5.8	8.13	0.57	33	177	78	0.0001	430	430	0.2929	0.576
จุดที่6	29	25	6.8	8.9	1.1	28	191	80.66	0.0003	430	430	0.1204	0.3755
จุดที่7	30	24	7	9.1	1.4	23	173	80.33	0.0001	930	930	0.1545	3.75
จุดที่8	35	26	6.8	8.3	0	22	180	81.66	0.00011	230	230	0.2755	3.7935
จุดที่9	38	27	6.7	8.73	0.63	48	109	50	0.00029	1,500	1,500	0.1959	3.582
จุดที่10	26	24	6.7	8.43	0.4	35	179	77	0.0001	1,500	1,500	0.013	4.54025

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการในแม่น้ำโขง บริเวณเขตอำเภอเขมราฐ กิ่งอำเภอนาตาล และอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนมกราคม 2551 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	air temp. (°C)	water temp. (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	secchi depth (cm)	conductivity (µs/cm)	alkalinity (mg/l) as $CaCO_3$	chlorophyll a (µg/l)	total coliform bacteria (MPN/100ml)	fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	SRP (mg/l)	Nitrate N (mg/l)
ธันวาคม													
จุดที่1	32	25	9.1	8	0	55	222	100	0.00015	40	40	0.07974	0.0981
จุดที่2	30.5	25	8.5	8.67	0.67	50	227	91.77	0.0001	230	230	0.10104	0.061
จุดที่3	33.5	25	8.4	7.4	2.32	40	228	32.5	0.0001	430	430	0.07848	0.9777
จุดที่4	37	26	8.5	8.9	3	56	223	95	0.0001	430	430	0.08603	0.1134
จุดที่5	27	24	8.3	7.57	0.35	65	199	92	0.0001	70	70	0.12154	0.0547
จุดที่6	26	24	6.6	9.27	1.6	26.5	214	95.33	0.0001	430	430	0.09814	0.0096
จุดที่7	28	25	6.5	7.87	0.2	44	230	86.66	0.0001	230	230	0.13054	0.85
จุดที่8	32	25	6.5	8.33	0.93	41	216	74	0.0001	110	110	0.11562	0.1186
จุดที่9	28	24	6.4	8.67	0.2	45	112	89	0.0001	430	430	0.0789	0.0158
จุดที่10	30	24	6.1	7.73	1.5	59	208	75.66	0.0001	750	750	0.06499	0.3073
มกราคม													
จุดที่1	25	21.5	8	11.6	1.75	60	220	99.33	0.00074	430	430	0.008985	0.2351
จุดที่2	28.5	22	8.1	9.7	3.57	47	224	96	0.00089	150	150	0.01149	0.37315
จุดที่3	34.5	23	8.3	8.67	4.27	53	227	95.66	0.00059	4,600	4,600	0.02694	0.1786
จุดที่4	29	23.5	3.4	9.47	0.73	43	221	100.33	0.00118	430	430	0.001	0.2996
จุดที่5	29.5	22.5	8.6	9.53	1.33	60	219	97.33	0.00163	110	110	0.00207	0.5917
จุดที่6	31	21	8.7	8.47	0.2	61	236	95.66	0.000296	230	230	0.022955	0.4827
จุดที่7	30	22	8.14	8.57	1.1	55	249	120.66	0.000148	750	750	0.00331	0.60665
จุดที่8	28	22	8.2	8.73	0.83	105	222	90.66	0.000296	750	750	0.0029375	1.5541
จุดที่9	31	23	8.3	8.17	1	26	180	79	0.000148	2,400	2,400	0.001	0.31565
จุดที่10	32	22	8.2	9.13	0.9	70	217	101.33	0.000296	24,000	24,000	0.043545	0.68285

ภาคผนวก จ

การประเมินคุณภาพน้ำโดยวิธีAARL-PP Score

และ AARL-PC Score

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศน้ำนิ่งโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PP score

(AARL = Applied Algal Research Laboratory, PP = Phytoplanktons)

AARL – PP Score ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ

ส่วนที่ 1 เป็นคะแนนคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร (trophic status) และคุณภาพน้ำทั่วไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ ดี: สารอาหารต่ำ ดีถึงปานกลาง: สารอาหารต่ำถึงปานกลาง ปานกลาง: สารอาหารปานกลาง ปานกลางถึงไม่ดี: สารอาหารปานกลางถึงสูง ไม่ดี: สารอาหารสูง และไม่ดีมาก: สารอาหารสูงมาก โดยใช้คะแนน 1 – 10 แบ่งออกเป็นระดับย่อยๆ 6 ระดับแสดงในตารางที่ 1 คะแนนย่อยทั้ง 6 ระดับนี้ได้มาจากผลงานวิจัยซึ่งศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับปริมาณสารอาหาร 3 ชนิด คือ ไนเตรทไนโตรเจน แอมโมเนียม ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต

ตารางที่ 25 คะแนนคุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร (trophic status) และคุณภาพน้ำทั่วไป

คะแนน	คุณภาพน้ำตามสถานะสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
1.0-2.0	สารอาหารต่ำ (Oligotrophic status)	ดี (Clean)
2.1-3.5	สารอาหารต่ำถึงปานกลาง (Oligo-mesotrophic status)	ดีถึงปานกลาง (Clean- moderate)
3.6-5.5	สารอาหารปานกลาง (Mesotrophic status)	ปานกลาง (Moderate)
5.6-7.5	สารอาหารปานกลางถึงสูง (Meso-eutrophic status)	ปานกลางถึงไม่ดี (Moderate- polluted)
7.6-9.0	สารอาหารสูง (Eutrophic status)	ไม่ดี (Polluted)
9.1-10.0	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic status)	ไม่ดีมาก (Very polluted)

ส่วนที่ 2 คือคะแนนของแพลงก์ตอนพืชที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำ ซึ่งจะเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่เจริญอย่างมากในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพต่าง ๆ กัน กำหนดคะแนนในช่วง 1-10 โดยคะแนนน้อยแสดงถึงสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนปานกลางบ่งชี้คุณภาพน้ำปานกลาง และคะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี การตัดสินว่าแพลงก์ตอนพืชสกุลใดได้คะแนนเท่าไรและบ่งชี้น้ำคุณภาพอย่างไรนำมาจากงานวิจัยในอดีตของห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ดังกล่าว โดยดูความสัมพันธ์ของการเจริญอย่างมากของแพลงก์ตอนพืชสกุลนั้นๆ กับคุณภาพน้ำ

ทางด้านกายภาพและเคมี คะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำต่างๆ แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 26 คะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำต่างๆ (1-10 คะแนน) (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี)

สกุล	คะแนน	สกุล	คะแนน
Achnanthes	6	*Gymnodinium*	6
Actinastrum	5	*Gyrosigma*	7
Acanthoceras	5	*Hantzchia*	8
Amphora	6	*Isthmochloron*	5
Anabaena	8	*Kirchneriella*	5
Ankistrodesmus	7	*Melosiera*	5
Aphanocapsa	5	*Merismopedia*	9
Aphanothece	5	*Micractinium*	7
Aulacoseira	6	*Micrasterias*	2
Bacillaria	7	*Microcystis*	8
Botryococcus	4	*Monoraphidium*	7
Centritractus	4	*Navicula*	5
Ceratium	4	*Nephrocytium*	5
Chlamydomonas	6	*Nitzschia*	9
Chlorella	6	*Oocystis*	6
Chroococcus	6	*Oscillatoria*	9
Closterium	6	*Pandorina*	6
Cocconeis	6	*Pediastrum*	7
Coelastrum	7	*Peridiniopsis*	6
Cosmarium	2	*Peridinium*	6
Crucigenia	7	*Phacus*	8
Crucigeniella	7	*Phormidium*	9
Cryptomonas	8	*Pinnularia*	5
Cyclotella	2	*Planktolyngbya*	7

ตารางที่ 26 คะแนนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลที่บ่งชี้คุณภาพน้ำต่างๆ (1-10 คะแนน) (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี) (ต่อ)

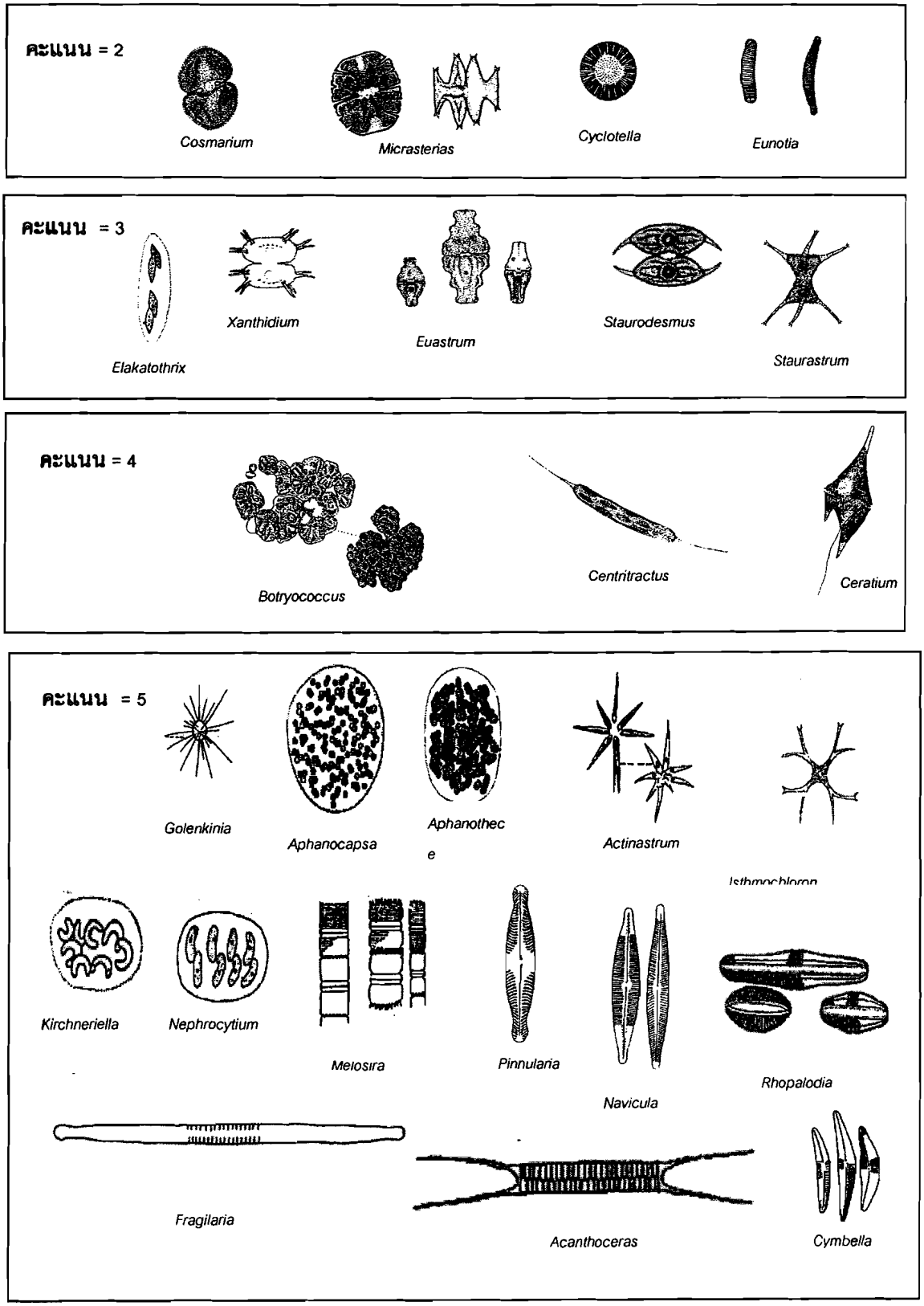
สกุล	คะแนน	สกุล	คะแนน
Cylindrospermopsis	7	*Pseudanabaena*	7
Cymbella	5	*Rhizosolenia*	6
Dictyosphaerium	7	*Rhodomonas*	8
Dimorphococcus	7	*Rhopalodia*	5
Dinobryon	1	*Scenedesmus*	8
Elakatothrix	3	*Spirulina*	9
Encyonema	6	*Staurastrum*	3
Epithemia	6	*Staurodesmus*	3
Euastrum	3	*Stauroneis*	5
Eudorina	6	*Strombomonas*	8
Euglena	10	*Surirella*	6
Eunotia	2	*Synedra*	6
Fragilaria	5	*Synura*	8
Golenkinia	5	*Tetraedron*	6
Gomphonema	6	*Trachelomonas*	8
Gonium	6	*Volvox*	6

ภาพที่ 107 แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระดับคะแนน (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี)

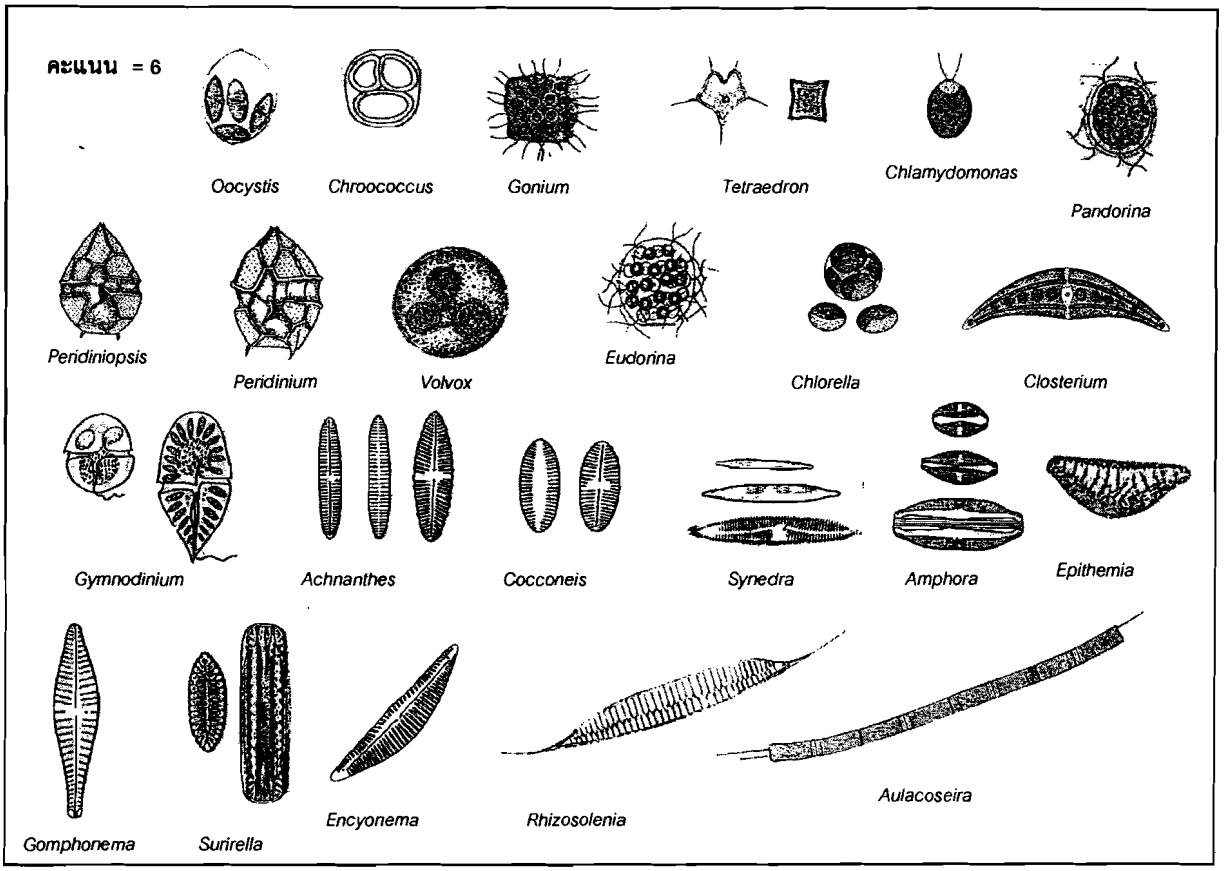
คะแนน = 1

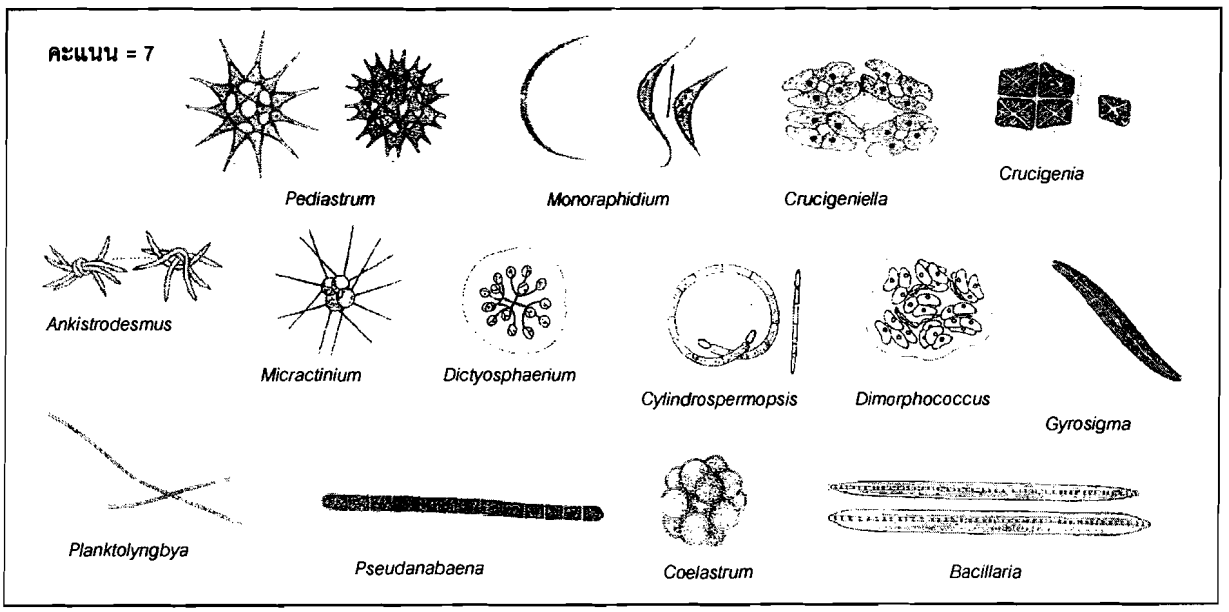
Dinobryon

ภาพที่ 107 แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระดับคะแนน (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมาก บ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี) (ต่อ)

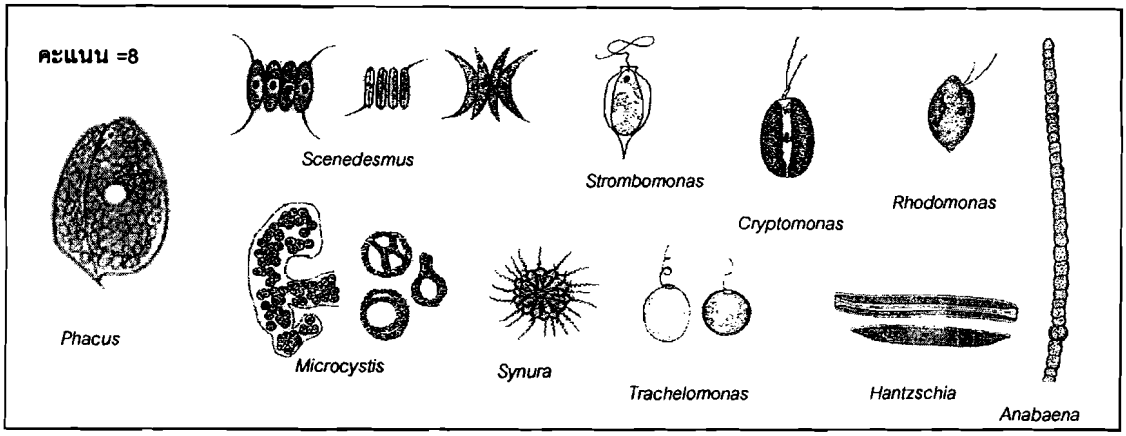


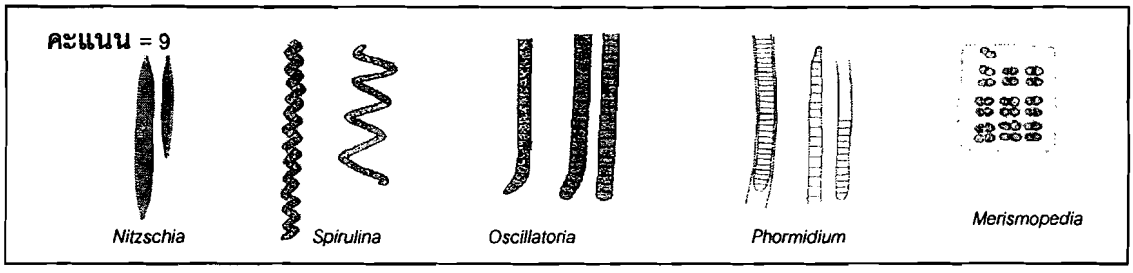
ภาพที่ 107 แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระดับคะแนน (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี) (ต่อ)

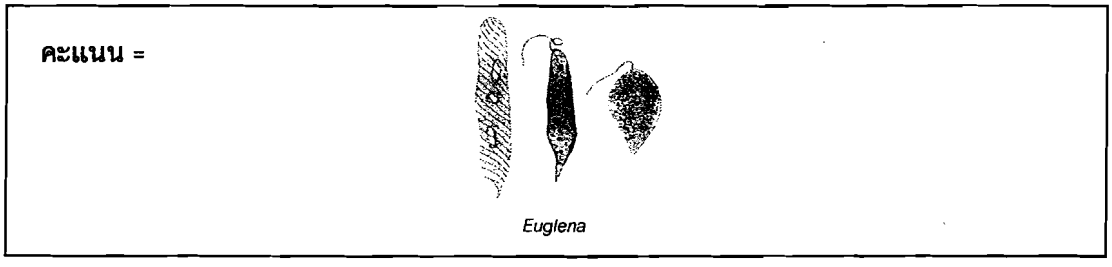




ภาพที่ 107 แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นบ่งชี้คุณภาพน้ำตามระดับคะแนน (คะแนนน้อยบ่งชี้คุณภาพน้ำดี คะแนนมากบ่งชี้คุณภาพน้ำไม่ดี) (ต่อ)







วิธีการใช้ AARL – PP Score

เมื่อเลือกแหล่งน้ำที่จะศึกษาได้แล้ว ดำเนินการวิจัยตามลำดับต่อไปนี้

1. เก็บแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำที่ศึกษา ถ้ามีปริมาณมากอาจใช้วิธีเก็บจากแหล่งน้ำโดยใช้ภาชนะตักขึ้นมาจากน้ำโดยตรง ถ้ามีปริมาณไม่มากควรใช้ถุงเก็บแพลงก์ตอน ที่มีขนาดตา 10 – 20 ไมโครเมตร

2. นำแพลงก์ตอนพืชในน้ำนั้นมาศึกษา โดยการวินิจฉัยหรือพิสูจน์เอกลักษณ์ (identify) ถึงระดับสกุล ด้วยเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3. นับจำนวนแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสกุล เลือกสกุลเด่นที่สุดและรองลงมา 2 สกุล โดยแต่ละสกุลต้องมีปริมาณมากกว่า 30 % ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ในกรณีนี้บางแหล่งน้ำอาจจะเหลือเพียง 1-2 สกุลก็เป็นได้

4. นำสกุลที่เลือกแล้วในข้อ 3 ไปหาคะแนนของแพลงก์ตอนพืชที่บ่งชี้คุณภาพน้ำจากตารางที่ 2 รวมคะแนนที่ได้ทั้ง 3 สกุลหรือน้อยกว่า 3 สกุลแล้วหาคะแนนเฉลี่ย

5. นำคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากข้อ 4 ไปหาคุณภาพน้ำจากตารางที่ 1 จะได้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่ศึกษา

ตัวอย่าง ในคูเมืองเชียงใหม่ช่วงเดือนตุลาคม 2550 พบแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น 3 สกุล คือ *Euglena* sp., *Trachelomonas* sp. และ *Nitzschia* sp.

จะหาคุณภาพน้ำจาก AARL – PP Score ได้ดังนี้

คะแนนของแพลงก์ตอนพืชที่บ่งชี้คุณภาพน้ำจากตารางที่ 2 ได้ผลดังนี้

Euglena sp. = 10 คะแนน

Trachelomonas sp. = 8 คะแนน

Nitzschia sp. = 9 คะแนน

รวมคะแนนจาก 3 สกุลได้ 27 คะแนน หาค่าเฉลี่ยได้ 9 คะแนน นำคะแนนที่เฉลี่ยได้ไปหาคุณภาพน้ำจากตารางที่ 1 พบว่าอยู่ในสถานะสารอาหารสูง (Eutrophic status) คุณภาพน้ำไม่ดี

.....

เอกสารอ้างอิง : Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007. Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). J. fisheries technology research,1(1):pp. 71-81.

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศน้ำนิ่งโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PC score

(AARL = Applied Algal Research Laboratory, PC = Physical and Chemical)

โดย: รองศาสตราจารย์ ดร. ยุวดี พีรพรพิศาลและคณะ

สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

e-mail: scboi017@chiangmai.ac.th

การประเมินคุณภาพน้ำดังกล่าวนี้ ได้ใช้พารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี และ ชีวภาพบางประการ โดยประยุกต์มาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) Wetzel (2001) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 มาประเมินร่วมกัน โดยพารามิเตอร์ที่เป็นพื้นฐานทั่วไปของการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งได้แก่

1. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)
2. ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ (BOD)
3. ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity)
4. ปริมาณสารอาหาร ได้แก่
   - 4.1 ไนเตรท ไนโตรเจน
   - 4.2 แอมโมเนียมไนโตรเจน
   - 4.3 ออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorus
5. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ว่ามีมากน้อยเพียงใด แต่อย่างไรก็ตามในแหล่งน้ำแหล่งหนึ่งๆ ตลอดการวิจัยควรจะใช้ค่ามาตรฐานจากการคำนวณนี้ให้เหมือนกันทุกครั้ง วิธีการมีดังนี้ จากค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) Wetzel (2001) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 จะทำให้ทราบว่าในแหล่งน้ำที่ทำการศึกษา แต่ละพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ควรมีค่าสูงสุด และต่ำสุดเท่าใด ในที่นี้อาจใช้ตำราที่เขียนเกี่ยวกับคุณภาพของแหล่งน้ำในประเทศไทย ประเภทต่างๆ จะมีความเหมาะสมมาก

เมื่อได้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละพารามิเตอร์แล้วนำมาจัดเป็นลำดับตัวเลขซึ่งจะใช้เป็นคะแนนมาตรฐาน โดยค่าที่แสดงคุณภาพน้ำด้านที่ดีสูงสุด จะมีคะแนนเป็น 0.1 และค่าที่แสดง

คุณภาพน้ำด้านที่เสียต่ำสุดเป็น 1 หรืออาจจะใช้คะแนนมากกว่าคะแนนด้านที่ดีสูงสุดเป็น 0.1 และคะแนนน้อยกว่าคะแนนด้านที่เสียต่ำสุดเป็น 1 ก็ได้ ในกรณีที่มีตัวเลขในแต่ละพารามิเตอร์มาก แต่คะแนนมาตรฐานมีเพียง 10 ชั้น คือ 0.1-1.0 ให้จัดกลุ่มตัวเลขในพารามิเตอร์นั้นๆ ให้เป็น อันตรภาคชั้นแต่ละชั้น ให้มีความเหมาะสมแล้วจึงจัดคะแนนมาตรฐานของแต่ละอันตรภาคชั้น

ตารางที่ 27 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำและคะแนนมาตรฐาน

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
มากกว่า 9	0.1
8-9	0.2
7-8	0.3
6-7	0.4
5-6	0.5
4-5	0.6
3-4	0.7
2-3	0.8
1-2	0.9
น้อยกว่า 1และมากกว่า 9 ในการเก็บตัวอย่างช่วงบ่าย	1.0
ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.3	0.1
0.3-0.8	0.2
0.8-1.5	0.3
1.5-3	0.4
3-5	0.5
5-8	0.6
8-15	0.7
15-30	0.8
30-50	0.9
มากกว่า 50	1.0

ตารางที่ 27 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ และคะแนนมาตรฐาน (ต่อ)

ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu S.cm^{-1}$)	คะแนนมาตรฐาน
น้อยกว่า 10	0.1
10-30	0.2
30-50	0.3
50-70	0.4
70-90	0.5
90-120	0.6
120-180	0.7
180-250	0.8
250-500	0.9
มากกว่า 500	1.0
ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.05	0.1
0.05-0.1	0.2
0.1-0.3	0.3
0.3-0.8	0.4
0.8-1.5	0.5
1.5-3.0	0.6
3.0-10.0	0.7
10.0-20.0	0.8
20.0-40.0	0.9
มากกว่า 40.0	1.0
ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.01	0.1
0.01-0.03	0.2
0.03-0.06	0.3
0.06-0.10	0.4
0.10-0.20	0.5

ตารางที่ 27 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ และคะแนนมาตรฐาน (ต่อ)

ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน (mg.l-1)	คะแนนมาตรฐาน
0.20-0.40	0.6
0.40-0.60	0.7
0.60-1.0	0.8
1.0-5.0	0.9
มากกว่า 5.0	1.0
ปริมาณ Soluble Reactive Phosphorus ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.01	0.1
0.01-0.04	0.2
0.04-0.08	0.3
0.08-0.15	0.4
0.15-0.25	0.5
0.25-0.35	0.6
0.35-0.50	0.7
0.50-1.25	0.8
1.25-2.5	0.9
มากกว่า 2.5	1.0
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu g.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.5	0.1
0.5-1.0	0.2
1.0-2.0	0.3
2.0-5.0	0.4
5.0-25.0	0.5
25.0-50.0	0.6
50.0-100.0	0.7
100.0-250.0	0.8
250.0-500.0	0.9
มากกว่า 500.0	1.0

จากนั้นจะทำการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ โดยใช้ตัวเลขต่ำสุดที่ควรจะเป็นได้ คือ 0.1 และสูงสุดที่ควรจะเป็นซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้วัด เช่น ถ้าใช้ 6 พารามิเตอร์ ตัวเลขสูงสุดจะเป็น 6.0 ถ้าใช้ 5 พารามิเตอร์ ตัวเลขสูงสุดจะเป็น 5.0 เป็นต้น แล้วนำมาจัดอันตรภาคชั้นออกเป็น 7 ลำดับ โดยมีความถี่เท่ากัน แล้วจัดคุณภาพน้ำแต่ละลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 28 คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป

คะแนน	คุณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
น้อยกว่า 1.2	สารอาหารน้อยมาก (Ultraoligotrophic status)	คุณภาพน้ำดีมาก
1.2-2.0	สารอาหารน้อย (Oligotrophic status)	คุณภาพน้ำดี
2.1-2.9	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status)	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง
3.0-3.8	สารอาหารปานกลาง Mesotrophic status	คุณภาพน้ำปานกลาง
3.9-4.7	สารอาหารปานกลางถึงมาก (Mesotrophic-eutrophic status)	คุณภาพน้ำปานกลางค่อนถึงไม่ดี
4.8-5.6	สารอาหารมาก (Eutrophic status)	คุณภาพไม่ดี
มากกว่า 5.6	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic status)	คุณภาพน้ำไม่ดีมาก

วิธีการใช้ AARL – PC Score

ตัวอย่าง ในการศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในเดือนพฤษภาคม 2550 ได้ผลดังนี้

ค่า DO 6.8 $mg.l^{-1}$

ค่า BOD 0.4 $mg.l^{-1}$

ค่าการนำไฟฟ้า 91 $\mu S.cm^{-1}$

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน 0.25 $mg.l^{-1}$

ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน 0.48 $mg.l^{-1}$

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต หรือ Soluble reactive phosphorus 0.19 $mg.l^{-1}$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 7.8 $mg.l^{-1}$

เมื่อนำค่าจากพารามิเตอร์ต่างๆ มาเปรียบเทียบกับคะแนนมาตรฐานที่จัดทำขึ้น จะได้ดังนี้

คะแนนค่า DO = 0.4

คะแนนค่า BOD = 0.2

คะแนนค่าการนำไฟฟ้า = 0.6

คะแนนปริมาณไนเตรทไนโตรเจน = 0.3

คะแนนปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน = 0.7

คะแนนปริมาณออร์โธฟอสเฟต หรือ Soluble reactive phosphorus = 0.5

คะแนนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ = 0.5

เอาคะแนนมาตรฐานทั้งหมดมารวมกัน จะได้ = 3.2

ดังนั้นคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จะอยู่ในช่วง 3.0-3.8 นั่นคือคุณภาพน้ำปานกลาง สารอาหารปานกลาง (Mesotrophic status)

.....

ดัดแปลงโดย ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง : ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์. 2549. การประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศน้ำนิ่งโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PC Score. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

หรือถ้าต้องการอ้างอิงงานที่ตีพิมพ์แล้วให้ใช้เอกสารอ้างอิงด้านล่าง

Peerapornpisal, Y., Chaiubol, C., Pekkoh, J., Kraibut, H., Chorum, M., Wannathong, P., Ngearnpat, N., Jusabul, K., Thammathiwat, A., Chuananta, J. and Inthasotti, T. 2004. Monitoring of Water Quality in Ang Kaew Reservoir of Chiang Mai University Using Phytoplankton as Bioindicator from 1995-2002. Chiang Mai Journal of Science, 31(1): 85-94.

การประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศน้ำไหลโดยใช้ลำดับคะแนนอย่างง่าย AARL-PC score

(AARL = Applied Algal Research Laboratory, PC = Physical and Chemical)

โดยทั่วไปการประเมินคุณภาพน้ำมักจะใช้พารามิเตอร์เดี่ยวๆ หลายพารามิเตอร์ แล้วนำมาประเมินขั้นสุดท้าย โดยดูความมากน้อยของแต่ละพารามิเตอร์ว่ามีความสอดคล้องกับค่ามาตรฐานที่ใช้เพียงใด โดยวิธีการนี้ทำให้ผู้ประเมินขาดความเชื่อมั่นในบางครั้ง เนื่องจากค่าบางพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์ที่ควรจะตัดสินใจว่าอยู่ในระดับนั้นๆ ได้ แต่ก็มีบางพารามิเตอร์ที่แตกต่างออกไปอย่างมาก คณะผู้วิจัยได้พยายามคิดวิธีการที่จะนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการจัดคุณภาพน้ำหาค่าเฉลี่ยร่วมกัน เพื่อให้ได้เป็นตัวเลขที่ควรจะใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำได้อย่างมั่นใจ

พารามิเตอร์ที่ใช้อาจแปรเปลี่ยนไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาคุณภาพน้ำและลักษณะของแหล่งน้ำ เช่น อาจมีการใช้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มมาร่วมด้วย สำหรับในแหล่งน้ำที่ต้องการศึกษาการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ หรือในแหล่งน้ำไหล เช่น แม่น้ำ ลำธารนั้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อาจไม่เหมาะสมในการใช้ ก็สามารถตัดออกไปได้ หรืออาจจะนำค่าฟอสฟอรัสรวมไนโตรเจนรวมมาคำนวณร่วมก็เป็นไปได้ ดังนั้นคะแนนมาตรฐานที่คำนวณออกมา จากพารามิเตอร์ที่ใช้แต่ละครั้งไม่เท่ากัน

การประเมินคุณภาพน้ำดังกล่าวนี้ ได้ใช้พารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยทางด้านกายภาพ เคมี และ ชีวภาพบางประการ โดยประยุกต์มาจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) Wetzel (2001) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 มาประเมินร่วมกัน โดยพารามิเตอร์ที่เป็นพื้นฐานทั่วไปของการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งได้แก่

1. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)
2. ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ (BOD)
3. ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity)
4. ปริมาณสารอาหาร ได้แก่
   - 4.1 ไนเตรท ไนโตรเจน
   - 4.2 แอมโมเนียมไนโตรเจน
   - 4.3 ออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorus

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ว่ามีมากน้อยเพียงใด แต่อย่างไรก็ตามในแหล่งน้ำแหล่งหนึ่งๆ ตลอดการวิจัยควรจะใช้ค่ามาตรฐานจากการคำนวณนี้ให้เหมือนกันทุกครั้ง วิธีการมีดังนี้ จากค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของ Lorraine and Vollenweider (1981) Wetzel (2001) และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537 จะทำให้ทราบว่าในแหล่งน้ำที่ทำการศึกษา แต่ละพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ควรมีค่าสูงสุด และต่ำสุดเท่าใด ในที่นี้อาจใช้ตำราที่เขียนเกี่ยวกับคุณภาพของแหล่งน้ำในประเทศไทย ประเภทต่างๆ จะมีความเหมาะสมมาก

เมื่อได้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละพารามิเตอร์แล้วนำมาจัดเป็นลำดับตัวเลขซึ่งจะใช้เป็นคะแนนมาตรฐาน โดยค่าที่แสดงคุณภาพน้ำด้านที่ดีสูงสุด จะมีคะแนนเป็น 0.1 และค่าที่แสดงคุณภาพน้ำด้านที่เสียต่ำสุดเป็น 1 หรืออาจจะใช้คะแนนมากกว่าคะแนนด้านที่ดีสูงสุดเป็น 0.1 และคะแนนน้อยกว่าคะแนนด้านที่เสียต่ำสุดเป็น 1 ก็ได้ ในกรณีที่มีตัวเลขในแต่ละพารามิเตอร์มาก แต่คะแนนมาตรฐานมีเพียง 10 ชั้น คือ 0.1-1.0 ให้จัดกลุ่มตัวเลขในพารามิเตอร์นั้นๆ ให้เป็นอันตรภาคชั้นแต่ละชั้น ให้มีความเหมาะสมแล้วจึงจัดคะแนนมาตรฐานของแต่ละอันตรภาคชั้น

ในงานวิจัยครั้งนี้ในแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้ได้จัดเป็นอันตรภาคชั้นและให้คะแนนมาตรฐานตามตารางที่ 1

ตารางที่ 29 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหล และคะแนนมาตรฐาน

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ($mg.l^{-1}$)	คะแนนมาตรฐาน
มากกว่า 9	0.1
8-9	0.2
7-8	0.3
6-7	0.4
5-6	0.5
4-5	0.6
3-4	0.7
2-3	0.8
1-2	0.9
น้อยกว่า 1	1.0

ตารางที่ 29 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหล และคะแนนมาตรฐาน (ต่อ)

ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ($mg.l^{-1}$)	คะแนนมาตรฐาน
น้อยกว่า 0.3	0.1
0.3-0.8	0.2
0.8-1.5	0.3
1.5-3	0.4
3-5	0.5
5-10	0.6
10-20	0.7
20-40	0.8
40-80	0.9
มากกว่า 80	1.0
ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu S.cm^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 10	0.1
10-30	0.2
30-60	0.3
60-100	0.4
100-200	0.5
200-350	0.6
350-600	0.7
600-1,000	0.8
1,000-2,000	0.9
มากกว่า 2,000	1.0
ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.05	0.1
0.05-0.1	0.2
0.1-0.3	0.3

ตารางที่ 29 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหล และคะแนนมาตรฐาน (ต่อ)

ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน (mg.l-1)	คะแนนมาตรฐาน
0.3-0.8	0.4
0.8-1.5	0.5
1.5-3.0	0.6
3.0-10.0	0.7
10.0-20.0	0.8
20.0-40.0	0.9
มากกว่า 40.0	1.0
ปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจน ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.01	0.1
0.01-0.05	0.2
0.05-0.1	0.3
0.1-0.2	0.4
0.2-0.5	0.5
0.5-1.0	0.6
1.0-2.0	0.7
2.0-4.5	0.8
4.5-10.0	0.9
มากกว่า 10.0	1.0
ปริมาณ Soluble Reactive Phosphorus ($mg.l^{-1}$)	**คะแนนมาตรฐาน**
น้อยกว่า 0.05	0.1
0.05-0.10	0.2
0.1-0.2	0.3
0.2-0.4	0.4
0.4-1.0	0.5
1.0-2.0	0.6
2.0-3.5	0.7

ตารางที่ 29 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำไหล และคะแนนมาตรฐาน (ต่อ)

ปริมาณ Soluble Reactive Phosphorus (mg.l-1)	คะแนนมาตรฐาน
3.5-7.0	0.8
7.0-15.0	0.9
มากกว่า 15.0	1.0

จากนั้นจะทำการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ โดยใช้ตัวเลขต่ำสุดที่ควรจะเป็นได้ คือ 0.1 และสูงสุดที่ควรจะเป็นซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้วัด เช่น ถ้าใช้ 6 พารามิเตอร์ ตัวเลขสูงสุดจะเป็น 6.0 ถ้าใช้ 5 พารามิเตอร์ ตัวเลขสูงสุดจะเป็น 5.0 เป็นต้น แล้วนำมาจัดอันตรภาคชั้นออกเป็น 7 ลำดับ โดยมีความถี่เท่ากัน แล้วจัดคุณภาพน้ำแต่ละลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 30 คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป

คะแนน	คุณภาพตามระดับสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
ใช้กับ 6 พารามิเตอร์		
น้อยกว่า 0.8	สารอาหารน้อยมาก (Ultraoligotrophic status)	คุณภาพน้ำดีมาก
0.9-1.6	สารอาหารน้อย (Oligotrophic status)	คุณภาพน้ำดี
1.7-2.4	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status)	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง
2.5-3.2	สารอาหารปานกลาง Mesotrophic status	คุณภาพน้ำปานกลาง
3.3-4.0	สารอาหารปานกลางถึงมาก (Mesotrophic-eutrophic status)	คุณภาพน้ำปานกลางค่อนถึงไม่ดี
4.1-4.8	สารอาหารมาก (Eutrophic status)	คุณภาพไม่ดี
มากกว่า 4.8	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic status)	คุณภาพน้ำไม่ดีมาก
ใช้กับ 5 พารามิเตอร์		
น้อยกว่า 0.7	สารอาหารน้อยมาก (Ultraoligotrophic status)	คุณภาพน้ำดีมาก
0.8-1.4	สารอาหารน้อย (Oligotrophic status)	คุณภาพน้ำดี
1.5-2.1	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status)	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง

ตารางที่ 30 คะแนนคุณภาพน้ำตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไป (ต่อ)

คะแนน	คุณภาพตามระดับสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
2.2-2.8	สารอาหารปานกลาง Mesotrophic status	คุณภาพน้ำปานกลาง
2.9-3.5	สารอาหารปานกลางถึงมาก (Mesotrophic-eutrophic status)	คุณภาพน้ำปานกลางค่อนถึงไม่ดี
3.6-4.2	สารอาหารมาก (Eutrophic status)	คุณภาพไม่ดี
มากกว่า 4.2	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic status)	คุณภาพน้ำไม่ดีมาก
ใช้กับ 4 พารามิเตอร์		
น้อยกว่า 0.6	สารอาหารน้อยมาก (Ultraoligotrophic status)	คุณภาพน้ำดีมาก
0.7-1.2	สารอาหารน้อย (Oligotrophic status)	คุณภาพน้ำดี
1.3-1.8	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status)	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง
1.9-2.4	สารอาหารปานกลาง Mesotrophic status	คุณภาพน้ำปานกลาง
2.5-3.0	สารอาหารปานกลางถึงมาก (Mesotrophic-eutrophic status)	คุณภาพน้ำปานกลางค่อนถึงไม่ดี
3.0-3.5	สารอาหารมาก (Eutrophic status)	คุณภาพไม่ดี
มากกว่า 3.6	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic status)	คุณภาพน้ำไม่ดีมาก
ใช้กับ 3 พารามิเตอร์		
น้อยกว่า 0.4	สารอาหารน้อยมาก (Ultraoligotrophic status)	คุณภาพน้ำดีมาก
0.5-0.9	สารอาหารน้อย (Oligotrophic status)	คุณภาพน้ำดี
1.0-1.4	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status)	คุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง
1.5-1.9	สารอาหารปานกลาง Mesotrophic status	คุณภาพน้ำปานกลาง
1.9-2.3	สารอาหารปานกลางถึงมาก (Mesotrophic-eutrophic status)	คุณภาพน้ำปานกลางค่อนถึงไม่ดี
2.3-2.6	สารอาหารมาก (Eutrophic status)	คุณภาพไม่ดี
มากกว่า 2.6	สารอาหารสูงมาก (Hypereutrophic status)	คุณภาพน้ำไม่ดีมาก

วิธีการใช้ AARL – PC Score

ตัวอย่าง ในการศึกษาคุณภาพน้ำในลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนพฤษภาคม 2550 ได้ผลดังนี้

ค่า DO $7.2\ mg.l^{-1}$

ค่า BOD $1.5\ mg.l^{-1}$

ค่าการนำไฟฟ้า $108\ \mu S.cm^{-1}$

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน $0.15\ mg.l^{-1}$

ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน $0.64\ mg.l^{-1}$

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต หรือ Soluble reactive phosphorus $0.12\ mg.l^{-1}$

เมื่อนำค่าจากพารามิเตอร์ต่างๆ มาเปรียบเทียบกับคะแนนมาตรฐานที่จัดทำขึ้น จะได้ดังนี้

คะแนนค่า DO = 0.3

คะแนนค่า BOD = 0.3

คะแนนค่าการนำไฟฟ้า = 0.5

คะแนนปริมาณไนเตรทไนโตรเจน = 0.3

คะแนนปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน = 0.6

คะแนนปริมาณออร์โธฟอสเฟต หรือ Soluble reactive phosphorus = 0.3

เอาคะแนนมาตรฐานทั้งหมดมารวมกัน จะได้ = 2.3

ดังนั้นคุณภาพน้ำในลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ จะอยู่ในช่วง 1.7-2.4 นั่นคือคุณภาพน้ำดีถึงปานกลาง สารอาหารน้อยถึงปานกลาง (Oligotrophic-mesotrophic status)

ดัดแปลงโดย ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง : ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์. 2549. การประเมินคุณภาพน้ำในระบบนิเวศน้ำไหลโดยใช้ลำดับ คะแนนอย่างง่าย AARL-PC Score . ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	ปริญญา มูลสิน
เกิด	4 มกราคม 2515
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	55/3 ถนนราษฎร์บำรุง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000
เบอร์โทรศัพท์	085-0257524
e-mail address	parinyamoonsin@gmail.com

ผลงานตีพิมพ์

1. Parinya Moonsyn, Yuwadee Peerapornpisal, Nicharat Swasdipan, and Aranya Pimmongkol. Benthic diatom and water quality in the Mekong river in the Vicinity of Ubon Ratchathani province. (2009). Journal of Microscopy Society of Thailand, 23(1): 47-51.
2. Parinya Moonsin, Yuwadee Peerapornpisal, and Aranya Pimmongkol, Macroalgae diversity and water quality in Mekong river in Ubon Ratchathani Province, Thailand. (2011). Laos Journal of Applied Science, 2(1): 828-833.

Proceeding

1. ปริญญา มูลสิน เกศินี จันทรโสภณ อมรรัตน์ วงษ์กลม ประกิต สมัครค้า และสุชยา วิริยะการุณย์. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสาหร่ายใน แม่น้ำโขง จังหวัดอุบลราชธานี (การประชุมสัมมนานานาชาติ ครั้งที่ 2 "การนำเสนองานวิจัยพหุสาขาและผลงานการปฏิบัติ

ในการพัฒนามนุษย์" 2-3 กรกฎาคม 2551, ศูนย์ศิลปวัฒนธรรมกาญจนาภิเษก มรภ. อุบลราชธานี : หน้า 216-229)

2. ปริญญา มูลสิน อนุชา เพียรชนะ และ อมรรัตน์ วงษ์กลม. ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในสระตาว บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาพระวิหาร จังหวัดศรีษะเกษ (การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (วทท.) ครั้งที่ 34 วันที่ 31 ตุลาคม - 2 พฤศจิกายน 2552 ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ

3. Parinya Moonsyn, Yuwadee Peerapornpisal, Nicharat Swasdipan, and Aranya Pimmongkol. Benthic diatom and water quality in the Mekong river in the vicinity of Ubon Ratchathani province. (2009) (Journal of Microscopy Society of Thailand, 23(1): 47-51.

ผลงานที่ได้รับรางวัล

รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง "การอนุรักษ์พันธุกรรมของสาหร่าย และการถ่ายทอดเทคโนโลยีดัชนีชีวภาพเพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพแม่น้ำมูลของโรงเรียนบ้านผาแก้ว ตำบลกุดลาด อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี" โครงการ ABC-PUS ปี 2552

ประวัติการทำงาน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิททยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ตั้งแต่ วันที่ 10 กันยายน 2540 จนถึงปัจจุบัน

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

อาจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิททยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี