



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่อการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืด

Effect of Water Quality Change to Growth of Freshwater Bryozoans

นามผู้วิจัย นางสาวสุคาศิพย์ แสนสุภา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์พัฒนา อนุรักษ์พงษ์สรร, D. Tech. Sc.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์รัฐชา ชัยชนะ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่อการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืด

Effect of Water Quality Change to Growth of Freshwater Bryozoans

โดย

นางสาวสุดาทิพย์ แสนสุภา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2552

ศุภาทิพย์ แสนสุภา 2552: ผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่อการเจริญเติบโตของ
ไบรโอซัวน้ำจืด ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการ
สิ่งแวดล้อม) สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์พัฒนา อนุรักษ์พงศธร,
D. Tech. Sc. 72 หน้า

ไบรโอซัวน้ำจืดอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของไบร
โอซัว เนื่องจากไม่สามารถย้ายถิ่นฐานได้อย่างรวดเร็วจึงสามารถเก็บรวบรวมได้ง่าย จึงมีความ
เป็นไปได้ในการใช้ไบรโอซัวน้ำจืดเป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืด กับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ
และในสภาพจำลอง โดยจำแนกสายพันธุ์ที่สามารถยึดเกาะบนวัสดุ และเจริญเติบโตได้ดี พบว่าใน
ระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีไบรโอซัวน้ำจืด 3 สายพันธุ์ ยึดเกาะบนแผ่นตาข่ายพลาสติกคือ *Hislopia
malayensis*, *Plumatella casmiana* และ *Plumatella chulabhornae* การเจริญเติบโตเริ่มอย่างช้า ๆ
และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 จากการแบ่งระดับความหนาแน่นของไบรโอซัวน้ำ
จืดที่ขยายพันธุ์บนวัสดุยึดเกาะออกเป็น 3 ระดับ และนับจำนวนโซอิดของโคโลนี พบว่าความ
หนาแน่นทั้งสามระดับ มีจำนวนโซอิดของไบรโอซัวน้ำจืดสายพันธุ์ *H. malayensis* มากกว่าไบร
โอซัวสายพันธุ์ *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ไบรโอซัวน้ำจืดสามารถเจริญเติบโตได้ดีใน
แหล่งน้ำธรรมชาติได้ เมื่อค่าพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ แต่เมื่อจำลอง
สภาพแวดล้อมที่มีการเพิ่มความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำได้แก่ ไนเตรต และฟอสเฟต พบว่า
H. malayensis มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของไนเตรต และฟอสเฟตได้ดีกว่า *P. casmiana*
และ *P. chulabhornae* ไบรโอซัวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้รับผลกระทบต่อความอยู่รอดที่ค่าความ
เข้มข้นเริ่มตายใกล้เคียงกัน แต่ค่าความเข้มข้นตายหมดต่างกัน

Sudathip Seansupha 2009: Effect of Water Quality Change to Growth of Freshwater Bryozoans. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Associate Professor Pattana Anurakpongsatorn, D. Tech. Sc. 72 pages.

According to un-free migration, easy to collect and living in wide range environments, freshwater bryozoans have possibility to use as bio-indicator for water quality. This study aimed to investigate the relationship of the growth of freshwater bryozoans and water quality in natural reservoir and simulated conditions. After eight weeks in the pond, species attached and grew on tested materials were classified. The results showed that freshwater bryozoans, *Hislopia malayensis*, *Plumatella casmiana* and *Plumatella chulabhornae* grew well on plastic net. The growth rate was slow in an initial stage and rapid during 4th and 5th weeks. Density of freshwater bryozoans covered on plastic net was classified to high, medium and low dense, and the zooids were counted *H. malayensis* had more zooids than *P. casmiana* and *P. chulabhornae* in all dense levels. Freshwater bryozoans grew well in natural reservoir where parameters of water quality changed in the small ranges. However, in simulated conditions with the addition of nutrient, nitrate and phosphate. *H. malayensis* was more endurant than *P. casmiana* and *P. chulabhornae*. The nutrient concentration had an effect to the survival. The starting point of dead was similar in three species of bryozoans but the extermination point was different.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษ์พงศธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ มหัจฉริยะวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ ดร.รัฐชา ชัยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ Professor Dr. Timothy S. Wood (Wright State University, USA) ที่ช่วยเหลือในการวางแผนวิจัยในวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT) และทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทุนสนับสนุนและพัฒนาบุคลากรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด กรมประมง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์ รวมทั้งอุปกรณ์ สถานที่ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. นิตยศรี แสงเดือน คณบดี คณะทรัพยากรธรรมชาติ และอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อน และพี่ ๆ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร ที่เข้าใจ ทั้ง ให้กำลังใจ และขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนทำให้มีวันนี้ได้

สุชาติพิทย์ แสนสุภา

กันยายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	32
อุปกรณ์	32
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	39
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	62
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจัดแบ่งระดับความหนาแน่นและการนับจำนวน โขอิคของ ไบร โอช้วนน้ำจืด 3 สายพันธุ์	42
2	คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ในระหว่างการเจริญเติบโตของ ไบร โอช้วนน้ำจืด	46
3	การอยู่รอดของ ไบร โอช้วนน้ำจืดกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และ ฟอสเฟต	47
4	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรตและฟอสเฟตที่ส่งผลต่อการอยู่รอดของ ไบร โอช้วนน้ำจืด	48
ตารางผนวกที่		
1	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด และวิเคราะห์ในชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)	64
2	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด และวิเคราะห์ในชุดที่ 2	65
3	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด และวิเคราะห์ในชุดที่ 3	66
4	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด และวิเคราะห์ในชุดที่ 4	67
5	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)	68
6	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ชุดที่ 2	69
7	พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ชุดที่ 3	69

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพตัดตามขวางแสดงลักษณะทั่วไปของโคโลนีของไบริโอซัว	7
2	โครงสร้างทั่วไปของไบริโอซัว 2 โซอิด ด้านซ้ายแสดงลักษณะการหดกลับของ Introvert และ lophophore ด้านขวาแสดงลักษณะการกางออกของ introvert และ lophophore และตำแหน่ง การ feeding	8
3	ลักษณะทั่วไปของไบริโอซัวน้ำจืด (Class Phylactolaemata) แสดงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อและการสร้างสเตโตบลาสต์ (statoblast)	9
4	ลักษณะโลโฟเฟอร์แบบกลม และแบบเกือบม้วน	11
5	(A) ภาพตัดตามยาวของโลโฟเฟอร์ (B) ภาพตัดตามขวางของหมวด 1 เส้น	12
6	ระบบย่อย และการ feeding ในไบริโอซัว กลุ่ม Gymnolaemata (A) การหมุนเวียนของกระแสน้ำและระบบย่อย (B-E) การหมุนเวียนของกระแสน้ำที่มีอนุภาคที่เป็นอาหารของ ไบริโอซัว	14
7	ทิศทางการเคลื่อนขึ้นอาหารบนหมวด	15
8	โซอิดของ <i>Plumatella</i> ในน้ำจืด	16
9	ส่วนประกอบของสเตโตบลาสต์	18
10	ลักษณะของ สเตโตบลาสต์	19
11	(A) การปล่อยอสุจิออกทางหมวด (B) อสุจิปฏิสนธิกับไข่	20
12	(A) แผ่นตาข่ายพลาสติกสีเขียว (B) แผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม	34
13	ลักษณะการยึดเกาะของไบริโอซัวน้ำจืดบนแผ่นตาข่าย (A) พลาสติก (B) อะลูมิเนียม	39
14	ลักษณะโคโลนีของไบริโอซัวน้ำจืดที่กระจายตัว (A) แผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม และ (B) แผ่นตาข่ายพลาสติก ขนาด 29 x 29 เซนติเมตร	39
15	ระยะเวลาการยึดเกาะและขยายพันธุ์ของไบริโอซัวน้ำจืด (A) สัปดาห์ที่ 1-3 (B) สัปดาห์ที่ 4-5 และ (C) สัปดาห์ที่ 6-8	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ลักษณะโคโลนีของไบรโอซัวน้ำจืด (A) การกระจายตัวบนแผ่นตาข่ายพลาสติก (B) ความหนาแน่น 3 ระดับของโคโลนี (ขวาไปซ้าย-มาก ปานกลาง น้อย)	41
17	ลักษณะโคโลนีของ <i>P. casmiana</i>	43
18	ลักษณะโคโลนีของ <i>P. chulabhornae</i>	44
19	ลักษณะโคโลนีของ <i>H. malayensis</i> (A) โคโลนีส่วนปลายมีการแตกหน่อ (B) ลักษณะโพลิฟอรัทรงกลม	45
20	ลักษณะของไบรโอซัวน้ำจืดหลังการทดลอง (A) และ(B) โคโลนีของ <i>H. malayensis</i>	49
21	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรดกับการอยู่รอดของไบรโอซัวน้ำจืด	49
22	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตกับการอยู่รอดของไบรโอซัวน้ำจืด	50
23	ความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีไบรโอซัว	51
24	ความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนในน้ำประปาที่มีแผ่นตาข่ายของไบรโอซัวน้ำจืด	52
25	ความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำกับจำนวนโซอิดของ <i>P. chulabhornae</i>	53

ผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำต่อการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืด

Effect of Water Quality Change to Growth of Freshwater Bryozoans

คำนำ

คุณภาพน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ การตรวจสอบคุณภาพน้ำสามารถทำได้ทั้งทางด้านกายภาพ คือ อุณหภูมิ น้ำ ค่าของแข็งละลายน้ำ ค่าความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า การวิเคราะห์ทางเคมี เช่น ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณธาตุอาหาร เป็นต้น สำหรับการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพมีการใช้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำซึ่งได้แก่ แพลงก์ตอน พืชน้ำ ปลา และสัตว์หน้าดิน รวมทั้งไบรโอซัวน้ำจืด ก็มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เนื่องจากไม่สามารถย้ายถิ่นฐานได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถเก็บรวบรวมได้ง่าย อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมลักษณะต่าง ๆ กันตามชนิดของไบรโอซัวน้ำจืด

ไบรโอซัว (Bryozoa) เป็นไฟลัมหนึ่งในกลุ่มสัตว์ที่มีโลโฟฟอร์ (lophophor) หรือโลโฟพอเรต (lophophorate) ซึ่งเป็นอวัยวะสำหรับดักจับอาหาร มีทางเดินอาหารรูปตัว U เป็นส่วนใหญ่ จัดอยู่ใน Phylum Ectoprocta ไบรโอซัวส่วนใหญ่อยู่ในทะเล ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของไบรโอซัวเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอย่างมาก เนื่องจากการขยายพันธุ์และการเจริญเติบโตของไบรโอซัว มีลักษณะเป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ ไบรโอซัวน้ำจืด (Phylactolaemata) ที่พบมีอยู่ประมาณ 50 สายพันธุ์ สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสร้างสเตโตบาลสต์ (statoblasts) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะและมีความทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสม แต่ละโคโลนีประกอบด้วยโซอิด (zooids) ขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร จำนวนมาก มีสองเพศอยู่ในโซอิดเดียวกัน (Wood and Okamura, 2005) ไบรโอซัวอาศัยอยู่ในน้ำ อยู่รวมกันเป็นกลุ่มโดยยึดเกาะอยู่กับวัสดุต่าง ๆ ที่ลอยน้ำ และจมอยู่ในน้ำ ซึ่งในการนำไบรโอซัวมาใช้ประโยชน์ในขั้นตอนการจัดการคุณภาพน้ำจำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐาน ในการเตรียมและเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืดอย่างถูกต้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียม และเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืด ด้วยการยัดเกาะ และการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืดบนวัสดุที่ได้คัดเลือกไว้ ประเมิน สายพันธุ์ ความหนาแน่น และระยะเวลา ในการยัดเกาะและขยายพันธุ์ ศึกษาการตอบสนองของไบรโอซัวน้ำจืดภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในน้ำ และศึกษาความต้องการใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเตรียม และเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืด ที่สามารถยึดเกาะและเจริญเติบโตบนวัสดุที่
ได้คัดเลือกไว้
2. ประเมิน สายพันธุ์ ความหนาแน่น และระยะเวลา ในการยึดเกาะและขยายพันธุ์
3. ศึกษาการตอบสนองของไบรโอซัวน้ำจืดภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น
ของไนเตรต และฟอสเฟต
4. ศึกษาความต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด

การตรวจเอกสาร

ไบรโอซัวน้ำจืดมีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำ เนื่องจากไม่สามารถย้ายถิ่นฐานได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถเก็บรวบรวมได้ง่าย และอาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมลักษณะต่าง ๆ กันตามชนิดของไบรโอซัวน้ำจืด

ไบรโอซัว เป็นไฟลัมหนึ่งในกลุ่มสัตว์ที่มีโลโฟพอร์ (lophophore) หรือ โลโฟพอเรต (lophophorates) ประกอบด้วยสัตว์ 4 ไฟลัม คือ Phoronida, Bryozoa, Brachiopoda และ Entoprocta ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ มีอวัยวะสำหรับดักจับอาหาร อยู่ด้านหน้า ประกอบด้วยกลุ่มหมวดที่มีซิเลียทางเดินอาหารรูปตัวยู (U) เป็นส่วนใหญ่

Phylum Ectoprota (ek'to - prok'ta) มาจากภาษากรีกสองคำ คือ ektos หมายถึง ภายนอก กับ proktos หมายถึง ช่องทวารหนัก ไบรโอซัว มาจากภาษากรีก คือ bryon หมายถึง ทรายน้ำ กับ zoon หมายถึง สัตว์ เรียกว่า สัตว์คล้ายมอส (moss animals) ไบรโอซัวที่ยังมีชีวิตอยู่ประมาณ 5,000 สายพันธุ์ กระจายอยู่ในกลุ่มโลโฟพอเรต ไบรโอซัวเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ และอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม มีหลายชนิดที่ดำรงชีวิตโดยอยู่ติดกับวัสดุที่ลอยหรือจมอยู่ในแหล่งน้ำ มีหนึ่งสกุล (genus) เท่านั้น ที่โคโลนีสามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งลักษณะโคโลนีดูแล้วไม่เหมือนสัตว์ทั่วไป แต่ละโคโลนีประกอบด้วยโซอิด (zooids) ขนาดเล็กจำนวนมาก ไบรโอซัวถูกจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ ที่มีโคโลนีไม่เด่นชัด โคโลนีที่ปรากฏมีลักษณะคล้ายพืช ไม่เป็นที่สังเกต หรือสนใจของคนส่วนใหญ่ มักเข้าใจว่าไบรโอซัวอาจจะเป็นพวกสาหร่ายทะเล หรือ ทรายน้ำ ลักษณะคล้ายพืชของไบรโอซัวบางสายพันธุ์ เมื่อแห้งแล้ว โครงร่างมีสีเขียว และมีช่องขนาดเล็ก คล้ายกับช่องว่างในกลุ่มเฟิร์น

ไบรโอซัวส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในทะเล มีประมาณ 50 สายพันธุ์ ที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด เพราะไบรโอซัวส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายนอกเป็นแคลเซียม โซอิดมีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร โซอิดมีช่องว่าง หรือซีลอม (coelom) และระบบขนส่งภายใน โดยซีลอมเป็นช่องว่างที่อยู่ภายใน ทำให้โลโฟพอร์สามารถหดกลับเข้าไปภายในลำตัว สำหรับการยื่นหรือโผล่โลโฟพอร์ออกมาของไบรโอซัวเป็นการช่วยให้ระบบการขนส่งของเหลวภายในโซอิด ทำให้การสื่อสารและการขนส่งระหว่างโซอิด มีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกัน และทำงานได้อย่างอิสระ อาจเปรียบเทียบกับปล้องของสัตว์ในกลุ่มแอนเนลิด

ไฮรโอซัว แบ่งออกเป็น 3 ชั้น (Class) คือ Class Phylactolaemata อยู่ในน้ำจืด Class Gymnolaemata อาศัยอยู่ในทะเลเกือบทั้งหมด เป็นไฮรโอซัวส่วนใหญ่ของไฟลัม และมีซากดึกดำบรรพ์จำนวนมาก Class Stenolaemata อยู่ในทะเล

สัณฐาน (Form)

โคโลนีของไฮรโอซัวประกอบด้วยโซอิด (zooids) แต่ละโซอิดมีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร โซอิดมีหลายแบบ มีส่วนสำคัญที่เป็นแบบฉบับ การกินอาหาร (feeding) ของโซอิด ประกอบด้วย ลำตัว (trunk) ส่วนที่หุ้มอยู่ (introvert) (ภาพที่ 1) ซึ่งมีโลโฟฟอร์อยู่ภายในโซอิด สามารถแบ่งออกเป็นหลายแบบ ทั้งแบบคล้ายกล่อง รูปไข่ หรือมีลักษณะคล้ายท่อ ส่วน epistome ด้านบนมีปากขนาดเล็ก พบในกลุ่ม Phylactolaemates แต่ไม่พบในกลุ่ม Gymnolaemates รูปร่างของ mesosome ด้านหน้ามีปากที่มีลักษณะเป็นวงแหวน ประกอบด้วย lophophore coelom (mesocoel) และ bear lophophore ส่วนของลำตัวมีขนาดใหญ่ (metasome) ที่ประกอบกันขึ้นเป็นส่วนสำคัญและประกอบด้วย ช่องว่างกลางตัวที่มีความกว้าง (spacious metacoel) หรือช่องว่างลำตัว (trunk coelom) โดยช่องว่างแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หุ้มตัวอยู่เป็นส่วนที่เกิดโลโฟฟอร์ และส่วนของลำตัว อาจะหดกลับเข้าไปภายในช่องกลางตัว (metacoel) ซึ่งช่องกลางตัวประกอบด้วย ลำไส้ ตรงข้ามกับเส้นกล้ามเนื้อ เส้นใยของเนื้อเยื่อ mesothelial มี ฟันนิคูลัส (funiculus) ทำหน้าที่ ขนส่งสารอาหาร อวัยวะขับถ่าย การแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณผิวด้านนอก ซึ่งเป็นหน้าที่พิเศษไม่พบในกลุ่มสัตว์ขนาดเล็ก

ส่วนใหญ่ผนังลำตัวมีลักษณะบางประกอบด้วย epidermis (เปลือกหุ้มร่างกาย) basal lamina (เป็นชั้นบาง ๆ) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กล้ามเนื้อ และช่องว่าง mesothelium โดยเนื้อเยื่อด้านนอกที่หุ้ม metasome มีความสำคัญในการปกป้องโครงสร้างภายนอกของเซลล์สัตว์ (zooeccium) ที่เกี่ยวข้องเป็นองค์ประกอบอื่น ได้แก่ ไคติน โพลีแซคคาไรด์ โปรตีน หรือ แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) ซึ่ง zooeccium ทำกับบ้านของสัตว์ (animal house) ลักษณะเป็นเยื่อแผ่นบาง ๆ เป็นโครงสร้างภายนอก (exoskeleton) หรือถุงด้านนอกที่ล้อมรอบ และปกป้องโซอิดไว้ และมีรูเปิดที่คล้ายปาก (orifice) ที่เชื่อมต่อกับส่วนของโซอิดที่หดตัวได้ เรียกว่า อินโทรเวิร์ต (introvert) และโลโฟฟอร์ซึ่งสามารถกางออกได้ ถ้าโครงสร้างโซอิดเป็นแคลเซียม โซอิดจะเป็นส่วนที่แข็งซึ่งองค์ประกอบของโซอิดสามารถที่จะแข็งหรือยืดหยุ่นได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของ zooeccium ที่ยืดหยุ่นได้ อาจเกิดจากผนังลำตัวที่มีกล้ามเนื้อเรียงตัวอยู่เป็นวงกลมด้านนอก และกล้ามเนื้อตามยาวด้านใน

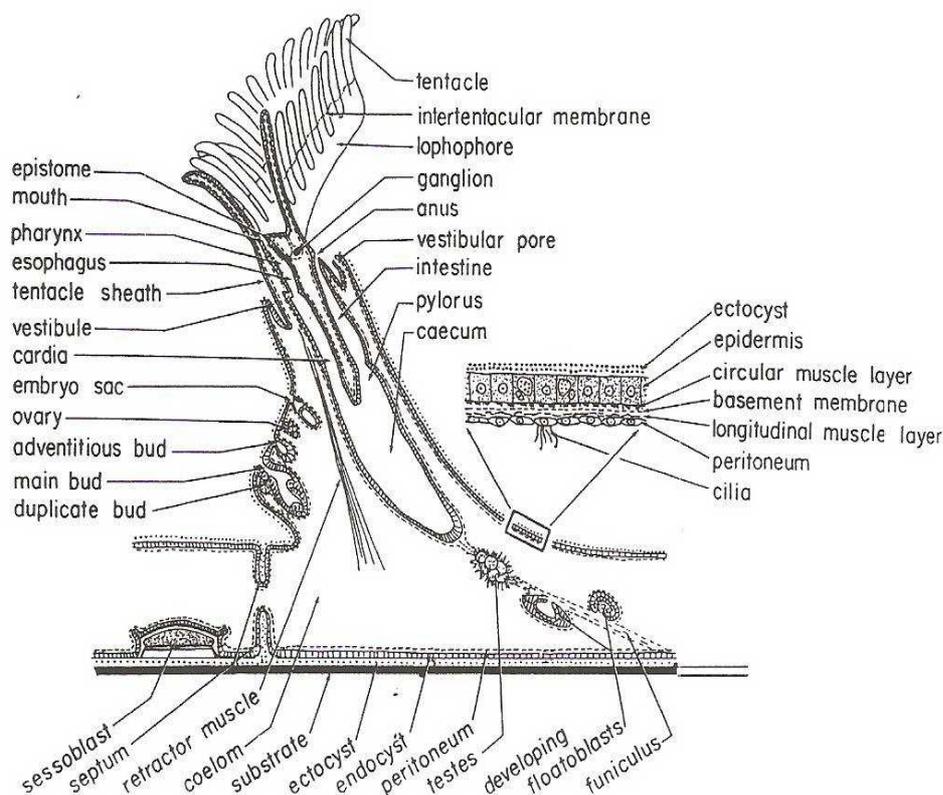
ชั้นกล้ามเนื้อเป็นชั้นที่ไม่มีในผนังลำตัวที่แข็งแรงของ zoecium ซึ่งอาจบาง หรือหนา เป็นส่วนที่มีการจัดเรียงไม่สม่ำเสมอของเส้นใยคอลลาเจน ซึ่งเป็นส่วนที่มีชีวิตของลำตัวประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ ที่อยู่นอกเซลล์ รวมทั้งกล้ามเนื้อ และ ชั้นของเซลล์รูปร่างแบน กำเนิดมาจากเนื้อเยื่อชั้นกลาง และอยู่ภายในช่องโพรงร่างกาย บางครั้งเรียกว่า ถุงภายใน มีลักษณะเหมือนถุงน้ำ และส่วนที่เหลือของโซอิด ประกอบด้วย โลโฟเฟอร์ ส่วนของ อินโทรเวิร์ต ลำไส้ ต่อมเพศ (gonad) ฟันนิคูลัส ที่มีลักษณะเป็นเส้น ๆ กล้ามเนื้อพิเศษ และอวัยวะภายใน เรียกรวมว่า โพลีไพลด์ (polypide) โดยมีโลโฟเฟอร์ อยู่ล้อมรอบปาก และขนที่เป็นหนวด (ciliated tentacle) ใน Class Phylactolaemata มีโลโฟเฟอร์รูปร่างคล้ายเกือกม้า แต่ใน Class Gymnolaemata จะมีโลโฟเฟอร์เป็นทรงกลม มีหนวด (tentacles) 8 - 30 เส้น สามารถยึดหดได้ หนวดมีลักษณะเป็นข้อผนวกเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 1) ในขณะที่ยื่น หรือโผล่ออกมาจะคล้ายกับพัดที่กางออก ลักษณะคล้ายกรวย หรือระฆัง อยู่รอบปาก และค่อย ๆ เล็กลง

ซีเลียจำนวนมากเกิดจากบริเวณผิวของโลโฟเฟอร์ ทางด้านหน้า และด้านข้างรูปร่างของซีเลียจะอยู่ในลักษณะทวนกระแสน้ำ (ภาพที่ 7) และจะกิน (feeding) สิ่งที่อยู่ใต้น้ำเข้าไปเก็บไว้ในระบบทางเดินอาหาร ด้านล่างของหนวดแต่ละเส้น ซึ่งหนวดมีเส้นประสาทตามยาว ส่วนฐานเป็นแผ่นบาง ๆ และล้อมรอบด้วย mesothelium บางส่วนของเซลล์ มีกล้ามเนื้อตามยาวบริเวณขอบด้านหน้าของหนวด

โลโฟเฟอร์จะชูอยู่บนอินโทรเวิร์ต ที่มีลักษณะคล้ายคอก (ปลอกหุ้มหนวด) สามารถจะกางออกหรือหดกลับเข้าไปในช่องของ zoecium ขณะที่โลโฟเฟอร์กางออก ส่วนอินโทรเวิร์ต จะตั้งตรงเหนือลำตัว และมีรูปร่างคล้ายกรวยเรียงกันเป็นแถว ในการกินอาหารกล้ามเนื้อจะหดตัวดึงเอาอินโทรเวิร์ต และโลโฟเฟอร์ กลับเข้าไปภายในลำตัว ซึ่งในไบรโอซัวน้ำเค็มจำนวนมาก ช่องเปิดที่คล้ายปากจะมีฝาปิด (lid or operculum) ที่จะปิดโดย occlusor muscle อยู่ด้านหลังดึงโลโฟเฟอร์กลับเข้าไป

ไบรโอซัวมีท่อทางเดินเป็นรูปตัว U ประกอบด้วย ปากอยู่กึ่งกลางโลโฟเฟอร์ ทวารหนักเปิดออกทางด้านหลังของอินโทรเวิร์ต ช่องว่างภายในลำตัวของไบรโอซัวมีสองช่อง ซึ่งกั้นด้วยแผ่นเยื่อ หรือเซปตา (septa) เป็นช่องว่างวงแหวนที่อยู่ในส่วนฐานของโลโฟเฟอร์ และช่องว่างขนาดใหญ่ตอนท้าย หรือเป็นส่วนช่องว่างในลำตัว คือ เมทาซีล (metacoel) ภายในช่องว่างมีเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งอยู่ คือ กล้ามเนื้อหดโลโฟเฟอร์ กล้ามเนื้อที่ขึงบนผนังตัว และมีฟันนิคูลัส 1 แถบ หรือ

เป็นแถบที่มีการแตกแขนงของเนื้อเยื่อที่เชื่อมระหว่างไซอิด ซึ่งพินนิกูลัส มีหน้าที่ถ่ายเทสารอาหารระหว่างไซอิด

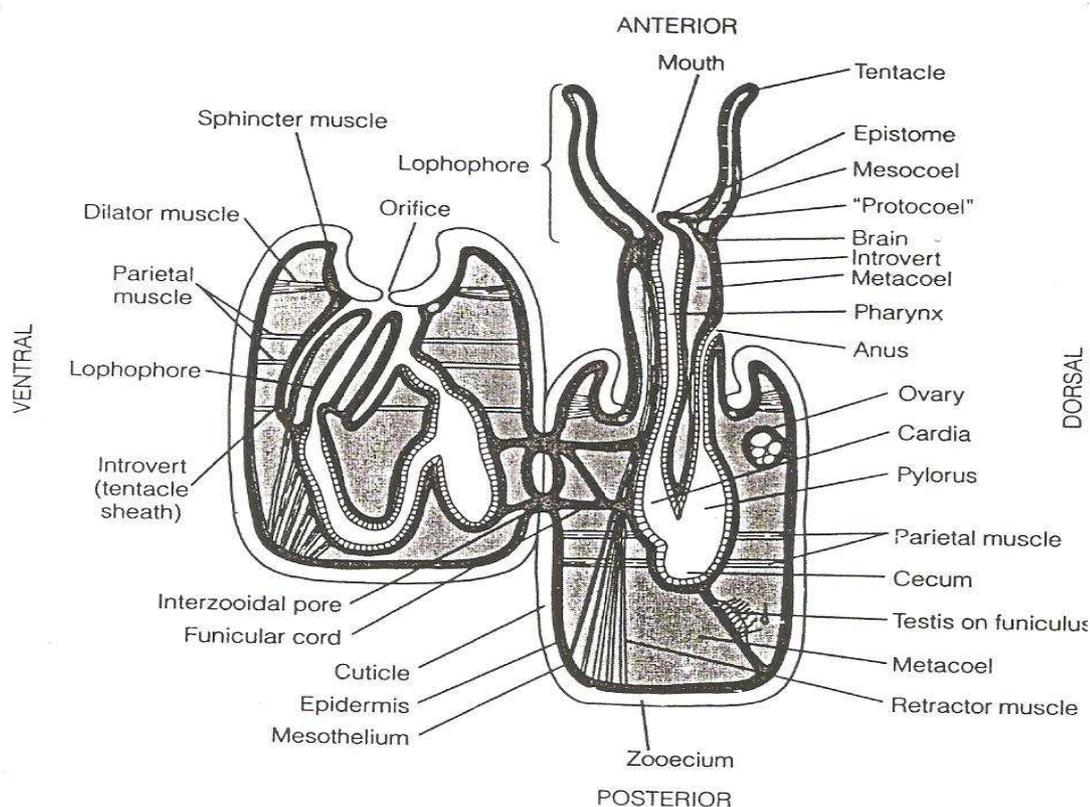


ภาพที่ 1 ภาพตัดตามขวางแสดงลักษณะทั่วไปของโคโลนีของไบรโอซัว

ที่มา: Thorp and Covichz (2001)

ช่องปากของไบรโอซัวเป็นศูนย์กลางของโลโฟฟอร์ และช่องทวารอยู่บนผิวด้านหน้าของอินโทรเวิร์ต ด้านนอกซึ่งเป็นที่มาของชื่อ Ectoprocta หมายถึง ทวารด้านนอก เป็นชื่อที่อ้างอิงถึงตำแหน่ง ไบรโอซัวน้ำจืดไซอิดใน Class Phylactolaemata จะแตกต่างจาก Class Gymnolaemata หลายจุด โดย Class Phylactolaemata ผนังตัวประกอบด้วย ชั้นกล้ามเนื้อรอบวง และชั้นกล้ามเนื้อตามยาว ดังภาพที่ 2 และผิวด้านนอกที่เป็นเยื่อบาง ๆ ปกคลุมอยู่สามารถยืดหยุ่นได้ ตัวอย่างใน *Pectinatella* ที่มีความหนาของชั้นเมือก (gelatinous layer) แม้ว่าบางชนิดจะหุ้มด้วยชั้นโปรตีนบาง ๆ และท่อซึ่งประกอบด้วยไคติน โลโฟฟอร์ของไบรโอซัวน้ำจืด Class Phylactolaemata (ยกเว้น *Fredericella* มีโลโฟฟอร์ทรงกลม) มีลักษณะคล้ายเกือกม้า มีหนวด จำนวน 16 - 106 เส้น

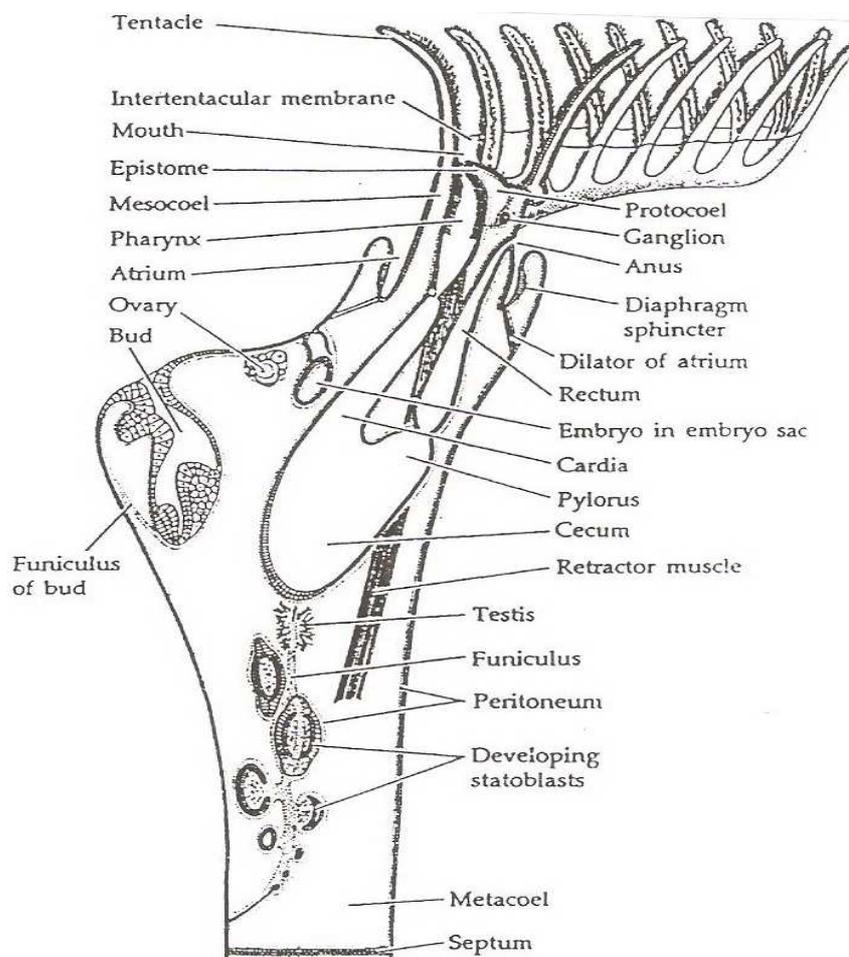
มีลักษณะเส้นโค้งอยู่รอบๆ ปากของไบรโอซัว รูปร่างเกือบมนี่ มีความสำคัญในการกักเก็บอาหารไว้สำหรับโซอิด ซึ่งในไบรโอซัวน้ำจืดมีแนวโน้มว่าจะใหญ่กว่าน้ำเค็ม Class Gymnolaemata



ภาพที่ 2 โครงสร้างทั่วไปของไบรโอซัว 2 โซอิด ด้านซ้ายเป็นลักษณะการหดตัวของอินโทรเวิร์ต และ lophophore ด้านขวาแสดงลักษณะการกางออกของอินโทรเวิร์ต และ Lophophore และตำแหน่ง การ feeding

ที่มา: Ruppert *et al.* (2004)

ไบรโอซัว Class Phylactolaemata มีลำตัวประกอบด้วย epistome, mesosome และ metasome ซึ่ง epistome ที่อยู่เหนือช่องปาก ไม่พบใน Class Gymnolaemata ซึ่ง epistome ใน Class Phylactolaemata จะอยู่ในช่องว่างที่เคยเป็น protocoel ซึ่งจะเชื่อมด้วยช่องว่างของโลโฟเฟอร์ โดย epistome มีผลต่อการตั้งชื่อของ Class Phylactolaemata หมายถึง มีสิ่งปกคลุมช่องปาก (Covered throat) และ Class Gymnolaemata หมายถึง ไม่มีสิ่งปกคลุมช่องปาก (naked throat)



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของไฮดรโอะซัวน้ำจืด (Class Phylactolaemata) แสดงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อและการสร้างสเตโตบลาสต์ (statoblast)

ที่มา: Brusca and Brusca (2003)

ลักษณะของโคโลนี (Colony Forms)

ไฮดรโอะซัวอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ประกอบด้วยลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางสรีรวิทยา ที่รวมเป็นอันหนึ่งอันเดียวของโซอิด รูปร่างลักษณะโคโลนีของไฮดรโอะซัว หรือ zoarium ขึ้นอยู่กับ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ (budding) ของโซอิดการจัดเรียงหลายรูปแบบภายใน โคโลนีทั้งชนิด และจำนวน ของโครงร่างที่มีความซับซ้อน การเจริญเติบโตของโคโลนีอยู่บนวัสดุ (substratum) ไฮดรโอะซัวมีโครงร่างที่ค้ำจุนโคโลนีจาก 3 แหล่ง คือ

- (1) จากการบีบอัดของของเหลวภายในช่องว่างลำตัว
- (2) โครงร่างหินปูน ซึ่งพบในไบรโอซัวส่วนใหญ่
- (3) โครงร่างที่มีคาร์โบไฮเดรตแข็งชนิดไคติน มีลักษณะคล้ายวุ้น (gelatinous) หรือลักษณะอ่อนนุ่มคล้ายยาง (rubbery) อยู่ภายนอกเซลล์

Class Gymnolaemata ลักษณะของโคโลนี ที่เกิดขึ้นเหมือนหน่อที่แตกออกจากราก (stolonate) ลักษณะที่แตกคล้ายกิ่งก้าน (fruticose) มีเปลือกหุ้มอยู่ และลักษณะที่แบ่งเป็นชั้นบาง ๆ (foliaceous) การกินอาหารของโซอิด เกิดขึ้นขณะที่โซอิดตั้งตรงมีลักษณะคล้ายลำต้น (stemlike) ที่ค่อย ๆ ตั้งขึ้นทีละน้อย (stolon) หรือการตั้งตรงของหน่อที่แตกออก แล้วงอกเป็นโซอิดใหม่ได้ในขณะที่หน่อที่แตกออก แล้วงอกเป็นโซอิดมีข้อเชื่อมต่อให้เห็นเป็นเส้นตรงที่ติดต่อกันของท่อพิเศษของโซอิด การกินอาหารของโซอิดไม่มีความพิเศษ เพราะจะเลือกกินจากสิ่งที่เข้ามา โครงร่างภายนอกของไบรโอซัว แบบ stolonate โดยทั่วไปจะไม่มีแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) แต่อาจจะเป็นไคติน (Ruppert *et al.*, 2004)

ลักษณะของโซอิด (Zooid Polymorphism)

การศึกษาไบรโอซัวสามารถแบ่งโซอิดออกเป็น 2 ส่วน คือ พอลิไพด์ (polypide) เป็นส่วนที่เคลื่อนไหวได้ ได้แก่ อวัยวะภายในประกอบด้วย โลโฟฟอร์ ท่อทางเดินอาหารรูปตัว U กล้ามเนื้อ และศูนย์กลางประสาท ส่วนซิสทิด (cystid) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มพอลิไพด์ ได้แก่ ผนังตัว และโครงร่างภายนอก หรือเปลือกหุ้มตัว เรียกว่า ซูอิจิซึม (zoecium)

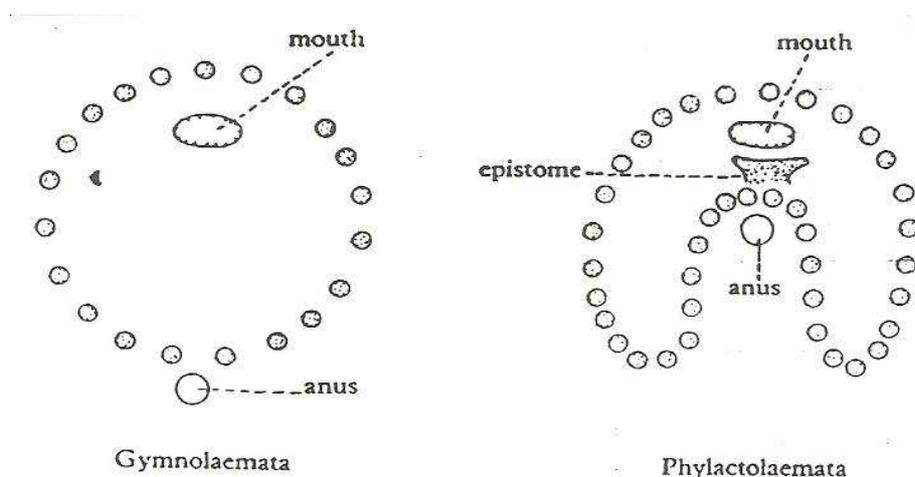
ลักษณะโคโลนีของไบรโอซัวใน Class Phylactolaemata จะพบเพียงลักษณะเดียว (monomorphic) และกลุ่มสัตว์ที่มีช่องปากกลม (cyclostome) กลุ่ม eurystome เป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายลักษณะ (polymorphic) เป็นกลุ่มที่มีโคโลนีหลายรูปแบบ การกินอาหารของโซอิด หรือ autozooids ประกอบกันเป็นก้อน (bulk) โคโลนีขนาดใหญ่ ส่วนโคโลนีที่เปลี่ยนแปลงจะเป็นโซอิดที่ไม่กินอาหาร (nonfeeding) มีความพิเศษต่อการนำอาหารที่มีความแตกต่างกัน heterozooids เป็นแบบที่พบค่อนข้างน้อย หรือไม่พบใน polypide และเกิดขึ้นเฉพาะใน cystid

ระบบกล้ามเนื้อ (Musculature)

ระบบกล้ามเนื้อของไบรโอซัว ประกอบด้วย กล้ามเนื้อลาย (Striated muscles) และ กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) กล้ามเนื้อที่เห็นเด่นชัดคือ กล้ามเนื้อหดตัว (Retractor muscle) ที่มี 2 มัด อยู่บริเวณฐานของโลโฟฟอร์ (ภาพที่ 3) ซึ่งมีในไบรโอซัวทุกสายพันธุ์ กล้ามเนื้อรอบวงและ กล้ามเนื้อตามยาวที่มีในผนังตัว กลุ่ม Phylactolaemates ระบบกล้ามเนื้ออาจจะเกี่ยวพันกันทั้ง ทางตรง และทางอ้อมของการหดกลับ หรือกางออกของ โลโฟฟอร์ กล้ามเนื้อที่ควบคุมการทำงานของเนื้อเยื่อรอบปากที่เกี่ยวกับฝาปิด

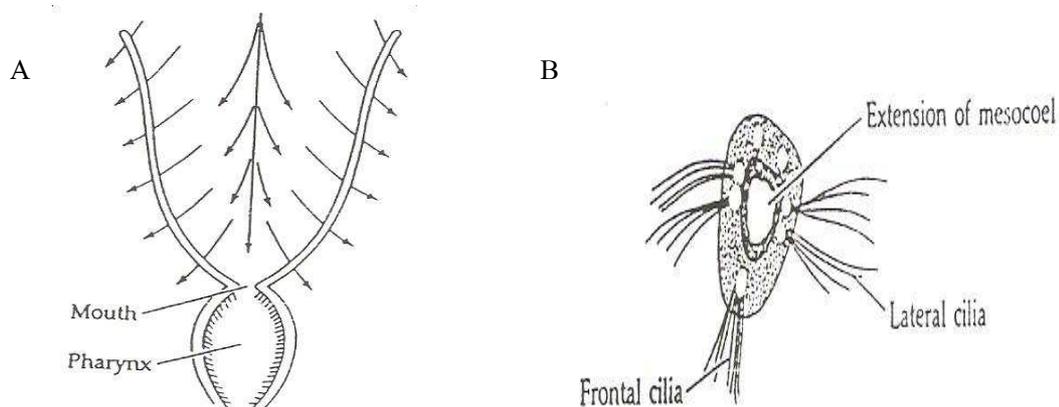
โลโฟฟอร์ (Lophophore)

โลโฟฟอร์เกิดจากผนังตัวรอบปากเจริญแผ่ออกไปโดยรอบ ส่วนฐานเป็นการงอกของเส้น หนวดที่มีซิเลียเรียงตัวอยู่ที่ขอบของสัน ลักษณะของเส้นหนวด เรียงตัวบนฐาน โลโฟฟอร์ เป็นทรง กลมรอบปาก โลโฟฟอร์ของไบรโอซัวน้ำจืด (ยกเว้น *Fredericella*) เป็นรูปเกือบม้วน (ภาพที่ 4) เนื่องจากด้านหลังของโลโฟฟอร์เว้าเข้าหาปาก ทำให้มีลักษณะเหมือนแขน 2 แขนที่มีเส้นหนวด เรียงเป็นแถว ทำให้มีพื้นที่ในการรวบรวมอาหารเพิ่มมากขึ้น การพัดโบกของซิเลียบนเส้นหนวด ทำให้เกิดกระแสน้ำหมุนเวียนผ่านโลโฟฟอร์ชักนำอาหารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเข้าสู่ช่องปาก (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 ลักษณะโลโฟฟอร์แบบกลม และแบบเกือบม้วน

ที่มา: Borradaile and Potts (1958)



ภาพที่ 5 (A) ภาพตัดตามยาวของโลโฟฟอร์ (B) ภาพตัดตามขวางของหนวด 1 เส้น

ที่มา: Brusca and Brusca (2003)

โภชนาการ (Nutrition)

ไบรโอซัวส่วนใหญ่เป็นเหมือนเครื่องป้อนอาหาร (feeder) โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เล็ก ๆ ที่ลอยอยู่ในน้ำ โดยการยื่น หรือไหลออกมาของโลโฟฟอร์ที่มีซิเลียบนเส้นหนวด ทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสน้ำ กวาดเอาแพลงก์ตอนให้ตกลงมาด้านล่าง ที่เปิดรับไว้พร้อมกับปิดอย่างรวดเร็วของโลโฟฟอร์ ที่มีลักษณะคล้ายกรวย (funnel) ขณะที่ของเสียที่เกิดขึ้น จะถูกนำออกไปด้านนอกผ่านช่องว่างระหว่างเส้นหนวด

อนุภาคขนาดเล็กที่ถูกดึงดูดเข้าไปภายในโลโฟฟอร์ พร้อมกับการหมุนเวียนของกระแสน้ำ อนุภาคจะถูกดักไว้บนเส้นหนวด และถูกส่งไปยังช่องปากโดยซิเลียบนผิวหนังด้านหน้า (frontal cilia) ของเส้นหนวด

กลไกขณะที่อนุภาคถูกคัดแยกออกจากน้ำ ยังไม่แน่ชัดนักแต่มี 2 สมมุติฐานที่เกี่ยวข้อง คือ

(1) สมมุติฐานการพลิกกลับของซิเลีย (ciliary reversal hypothesis) เสนอว่า ในขณะที่อนุภาคสัมผัสกับซิเลียด้านข้างของเส้นหนวด เป็นเหตุให้ซิเลียตำแหน่งนั้นพลิกกลับ ขณะเดียวกันอนุภาคถูกกระแทก (kick) ให้กลับเข้าไปภายในกระน้ำ ด้านหน้าของเส้นหนวด และถูกส่งต่อไปยังช่องปากโดยซิเลียด้านหน้า

(2) สมมุติฐานการรุกราน หรือการบุกรุก (impingement hypothesis) เกิดจากแรงแห่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่เข้าไปภายในโลโฟเฟอร์ เป็นเหตุให้อนุภาคเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องเข้าไปภายในช่องปาก และเกิดการหมุนเวียนของกระแสน้ำอย่างรวดเร็ว ขณะที่อนุภาคหมุนกลับออกไประหว่างเส้นหนวด อย่างไรก็ตามกระบวนการคัดแยกอนุภาคจากกระแสน้ำ กลไกการกินอาหารเป็นการใช้ซิเลียอย่างเป็นระบบในการรวบรวมอนุภาคจากกระแสน้ำ การไม่ยอมรับอนุภาคอาจจะเกิดขึ้นโดยการปิดช่องปาก การกระตุกของเส้นหนวด หรือการปิดของโลโฟเฟอร์ ไบรโอซัวหลายสายพันธุ์ มีวิธีการตรวจคัดเลือกอนุภาค โดยการหมุนเวียน (rotating) หรือการโค้งงอของโลโฟเฟอร์ ซึ่งการกางออกของโลโฟเฟอร์ อาจจะกว้างมากเพื่อให้มีอนุภาคจำนวนมากผ่านได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อการคัดกรองอนุภาคทั้งเข้า และออก (ภาพที่ 6)

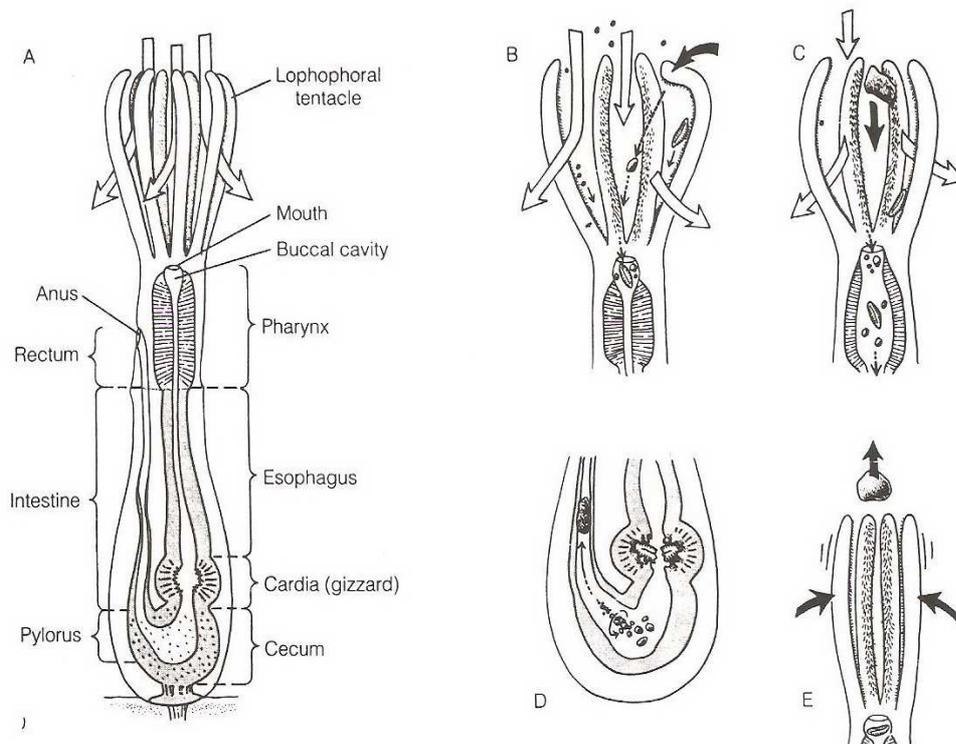
ไบรโอซัวจะดูดซึมโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยใช้ ไมโครวิลลัส (microvillus) บริเวณผิวนอกของเส้นหนวดเกิดการกระตุก (flicking) ซึ่งแสดงออกในไบรโอซัวทั้งหมด โดยเฉพาะอนุภาคที่กระตุกให้เข้าไปยังช่องปากอย่างรวดเร็ว การกระตุกของหนวด ในไบรโอซัวบางสายพันธุ์ จะใช้เวลาน้อยกว่าปกติในการล่าแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) ที่หลงเข้ามาในวงโลโฟเฟอร์โดยการปิดส่วนปลายของโลโฟเฟอร์ ลักษณะคล้ายการขังเหยื่อไว้ (ภาพที่ 6)

กระบวนการย่อย (Digestion)

กระบวนการย่อยของไบรโอซัวเริ่มจากจุดสูงสุดของช่องปาก ที่มีโลโฟเฟอร์เปิดออก ภายในช่องปากมีกล้ามเนื้ออยู่ เมื่ออาหารเข้าสู่ช่องปาก จะเข้าไปในส่วนของคอหอย (pharynx) จากนั้นจะเคลื่อนไปยังหลอดอาหาร (esophagus) (ภาพที่ 3) ส่วนใหญ่ระบบทางเดินอาหารของไบรโอซัวเป็นรูปตัว U มีกระเพาะอาหาร ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่อยู่ต่อจากหลอดอาหาร คือ คาร์เดีย (cardia) บริเวณกล้ามเนื้อลิ้นปิด (valve) ถัดลงมาเป็นกระเพาะอาหารส่วนกลาง ส่วนที่วกขึ้นเป็นไพโลรัส (pylorus) ซึ่งเป็นกระเพาะส่วนปลาย จากกระเพาะอาหารกลางมีถุงซีคัม (cecum) ยาวลงไปด้านล่างเป็นถุงที่ดูดซับอาหาร กระเพาะอาหารมีแถบเนื้อเยื่อที่ขึงระหว่างผนังตัวกับซีคัม ตอนท้ายของลำไส้ต่อจากด้านหน้าของซีคัม เป็นท่อลำไส้ตอนปลายปรับเป็นเรคตัม (rectum) สำหรับเก็บกากอาหารก่อนจะขับออกทางทวารหนัก ที่อยู่ด้านล่างวงของโลโฟเฟอร์

ไบรโอซัวบางสายพันธุ์ เช่น *Bowerbankia* และ *Amathia* มีคาร์เดียที่เป็นก้อน (gizzard) มีกล้ามเนื้อสำหรับการบีบอัดไดอะตอม และมีเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการย่อย ก้อนมีการพัฒนาอย่างดี

โดยมีกล้ามเนื้อรอบวง และกระเพาะอาหารแท้จริง (gastrodermis) ที่มีไคตินเป็นเส้นแข็งคล้ายกลุ่มของสัตว์ที่มีลำตัวเป็นปล้อง

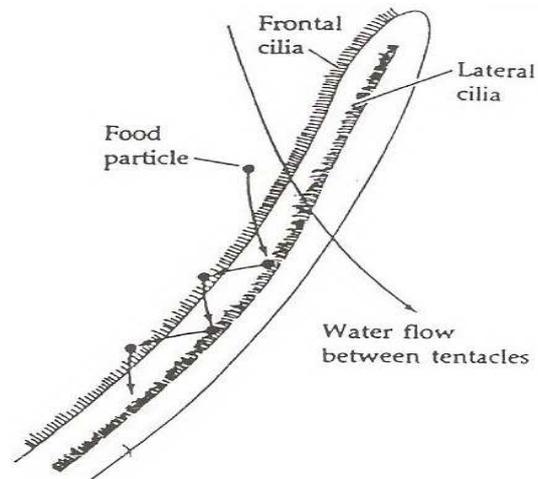


ภาพที่ 6 ระบบย่อย และการfeeding ในไบรโอซัว กลุ่ม Gymnolaemate (A) การหมุนเวียนของกระแสน้ำ และระบบย่อย (B-E) การหมุนเวียนของกระแสน้ำที่มีอนุภาคที่เป็นอาหารของไบรโอซัว

ที่มา: Ruppert *et al.* (2004)

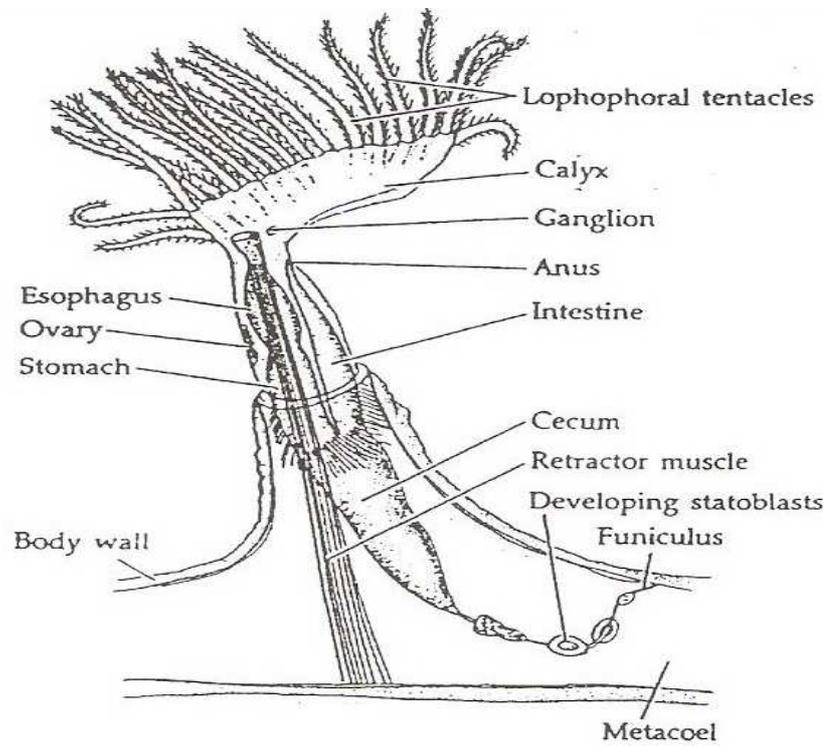
การแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas Exchange)

การแลกเปลี่ยนแก๊สของไบรโอซัว เกิดขึ้นบริเวณฐานของโลโฟฟอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผิวหนังนอกของโลโฟฟอร์



ภาพที่ 7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของอาหารบนหนวด

ที่มา: Brusca and Brusca (2003)



ภาพที่ 8 โซอิดของ *Plumatella* ในน้ำจืด

ที่มา: Brusca and Brusca (2003)

การขนส่งภายใน (Internal Transport)

การขนส่งแก๊ส อาหารบางชนิด และของเสียภายในไซอิดเกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในช่องว่างลำตัว มีซีเลียลักษณะทรงกลม โดยรอบในช่องลำตัว เป็นสิ่งเดียวที่มีความเกี่ยวข้องกับการขนส่งภายในไซอิด

ระบบประสาท (Nervous System)

ระบบประสาทของไบรโอซัว ประกอบด้วย เส้นประสาทรอบคอหอยที่รวมกันเป็นเส้นประสาทขนาดใหญ่ โดยมีลักษณะเป็นวงแหวนแตกแขนงไปยังส่วนต่าง ๆ ของไซอิด

การขับถ่ายของเสีย (Excretion)

ไบรโอซัวไม่มีอวัยวะขับถ่ายเหมือนสัตว์ในกลุ่มนีมาโทดา ที่มี nephridia คาดว่าของเสียพวกแอมโมเนีย จะแพร่กระจายอยู่ภายในตัว และผิวด้านนอกของโลโฟพอร์ ส่วนของเสีย เช่น กรดยูริก อาจจะสะสมไว้ชั่วคราว หรือกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ บางพอลิไพล์ ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือของระบบย่อย (phagocytosed) ซึ่งกากที่เหลืออยู่มากสามารถนำกลับมาย่อยได้ใหม่ โดยจะสะสมกากของเสียไว้ในช่องว่างลำตัว โดยกากที่เหลือมีลักษณะทรงกลม สีดำ เรียกว่า brown body

การเสื่อมสลาย (degeneration) ของพอลิไพล์ และการสร้าง brown body ซึ่งเป็นการสะสมของเสียของไบรโอซัวที่เกิดขึ้นนั้น อาจขึ้นอยู่กับอายุของโคโลนี โดยพอลิไพล์ของแต่ละไซอิดเสื่อมสลายไป และอาจจะมีส่วนของ cystid เสื่อมสลายไปด้วย

การสืบพันธุ์ (Reproduction)

ส่วนใหญ่ของไบรโอซัวน้ำเค็ม และไบรโอซัวน้ำจืดทั้งหมด มีลักษณะที่มี 2 เพศอยู่รวมกัน (hermaphroditic) มี 1-2 รางไข่ และมีอวัยวะ ตั้งแต่ 1 อวัยวะขึ้นไป ลักษณะเป็นก้อนโป่งพองออกมาพัฒนาจากเซลล์สืบพันธุ์ที่ปกคลุมโดย mesothelium

สัตว์ที่อยู่รวมกันเป็นโคลโลนี มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ขึ้นอยู่กับความจำเป็นของช่วงชีวิต และมีผลต่อการเจริญเติบโตของโคลโลนี ทั้งการเกิดขึ้นใหม่ (Regeneration) ของโซอิด เชื่อว่าเป็นลักษณะเฉพาะของ Polyembryony (ลักษณะของตัวอ่อน) แต่ละโคลโลนี เริ่มต้นเพียงโซอิดเดียวที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยโซอิดปฐมภูมิ หรือโซอิดต้นกำเนิด เรียกว่า แอนเชลทรูลา (ancestrula) โดยแอนเชลทรูลา จะเปลี่ยนแปลงโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ด้วยการแตกหน่อเป็น โซอิดลูก (daughter zooids) (Ruppert *et al.*, 2004)

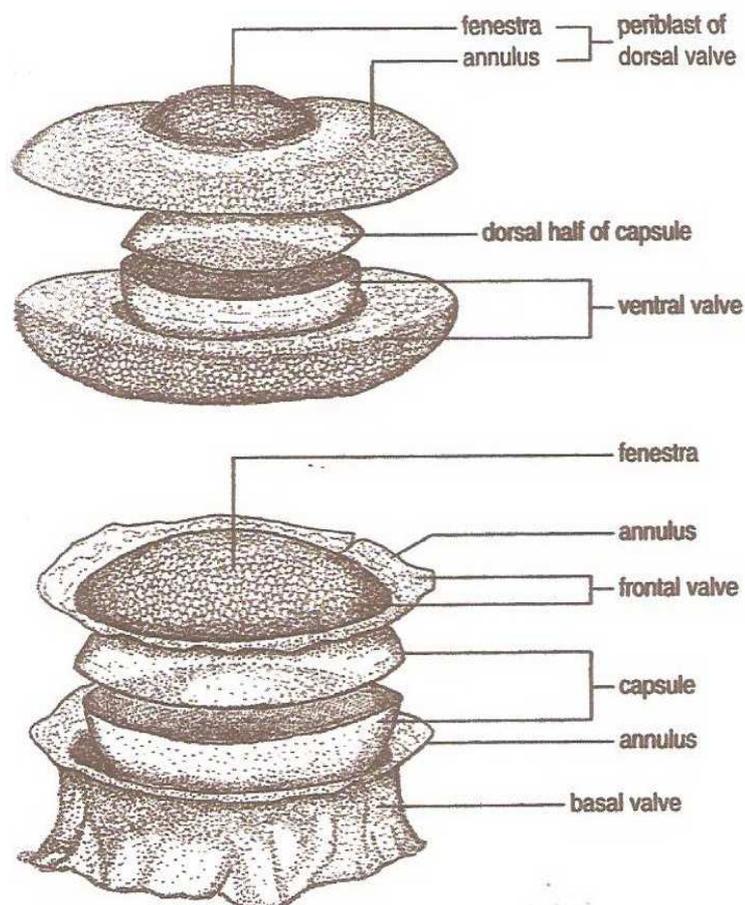
การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual Reproduction)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแตกหน่อ เกิดจากส่วนของผนังตัว ซึ่งใน Class Gymnolaemates ส่วนใหญ่จะมีลักษณะโซอิดแบ่งออกเป็นช่อง ๆ การเจริญของหน่อเกิดจากโซอิดต้นกำเนิด โดยหน่อเริ่มต้นประกอบด้วย ส่วนของ cystid และช่องว่างภายใน มีพอลิไพลด์ ใหม่ที่เจริญมาจากเนื้อเยื่อที่มีชีวิตของหน่อ โดยผิวด้านนอก และเยื่อด้านในหดกลับเข้ามาก่อนที่จะสร้างโลโฟฟอร์ อวัยวะภายใน เยื่อของช่องว่างภายในตัว และสร้างพินนิคูลัส ขึ้นมาใหม่ การแตกหน่อในกลุ่ม Ectoprocts ในไฟโรโชน้ำจืด (Class Phylactolaemata) มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสร้างสเตโตบลาสต์ (statoblasts) (Brusca and Brusca, 2003) statoblasts (stato หมายถึง หยุดนิ่ง สงบ (standing, quiescent) และ blastos หมายถึง หน่อ (bud)) (Ryland, 1970)

สเตโตบลาสต์ ประกอบด้วย แผ่น 2 แผ่น ประกบติดกัน (ภาพที่ 9 และ 10) แผ่นด้านบน (dorsal valva) และด้านล่าง หรือด้านท้อง (ventral valve) มีลักษณะเป็นแคบซูล ภายในแคบซูลมีเนื้อเยื่อของเซลล์ตัวอ่อน และอาหารสะสมอยู่ด้านนอกมี priblast ที่ปกคลุมแคบซูลไว้ทั้งหมด มีวงแหวนของ Peripheral (annulus peripheral) และตรงกลางเป็น fenestra อยู่ด้านบน ด้านท้องมี fenestra ขนาดเล็กกว่า และมีแอนนูลัส (annulus) ที่กว้างกว่าด้านบน (Thorp and Covich, 2001)

สเตโตบลาสต์ เป็นโครงสร้างที่มีความทนทานอย่างมากต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย ทั้งสภาพหนาวจัด หรือสภาพแห้งแล้ง ซึ่งไฟโรโชน้ำจืดจะสร้างสเตโตบลาสต์จำนวนมาก ซึ่งสเตโตบลาสต์ จะถูกสร้างมาจากส่วนบนของพินนิคูลัส ภายในโซอิด ประกอบด้วย peritoeal กับ epidermal ที่แบ่งเซลล์ให้มีปริมาณมากขึ้น พร้อมกับมีไคตินไว้ป้องกันเซลล์ภายในสเตโตบลาสต์ ในแต่ละสายพันธุ์จะมีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างกัน (Brusca and Brusca, 2003) ซึ่งลักษณะที่

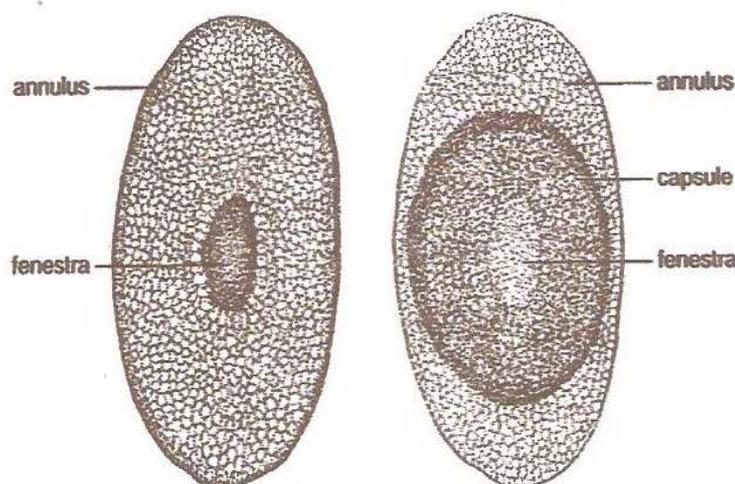
หลากหลายนี้ เป็นจุดเด่นเฉพาะของแต่ละสายพันธุ์ จึงนำมาใช้ในการระบุ (identification) สายพันธุ์ของไบรโอซัว (Thorp and Covich, 2001)



ภาพที่ 9 ส่วนประกอบของสเตโตบลาสต์

ที่มา: Wood and Okamura (2005)

เมื่อโคโลนีต้นกำเนิดเสื่อมสลายไป สเตโตบลาสต์จะอยู่อย่างอิสระ บางครั้งจะตกลงสู่ด้านล่าง หรือล่องลอยอยู่ในน้ำ เนื่องจากมีช่องว่างที่มีอากาศล้อมรอบอยู่ในบางชนิด บริเวณขอบด้านของสเตโตบลาสต์ จะมีตะขอ หรือหนามอยู่ และกระจายโดยรอบไว้สำหรับยึดเกาะติดกับสัตว์น้ำ หรือส่วนต่าง ๆ ของพืช เมื่อสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวย แผ่นของสเตโตบลาสต์ ทั้ง 2 แผ่น จะแยกออกจากกัน กลุ่มเซลล์ภายในพัฒนาเป็น โซอิดีใหม่ กลายเป็น หน่วยชีวิต (individual) ต่อไป (Brusca and Brusca, 2003)



ภาพที่ 10 ลักษณะของสเตโตบลาสต์

ที่มา: Wood and Okamura (2005)

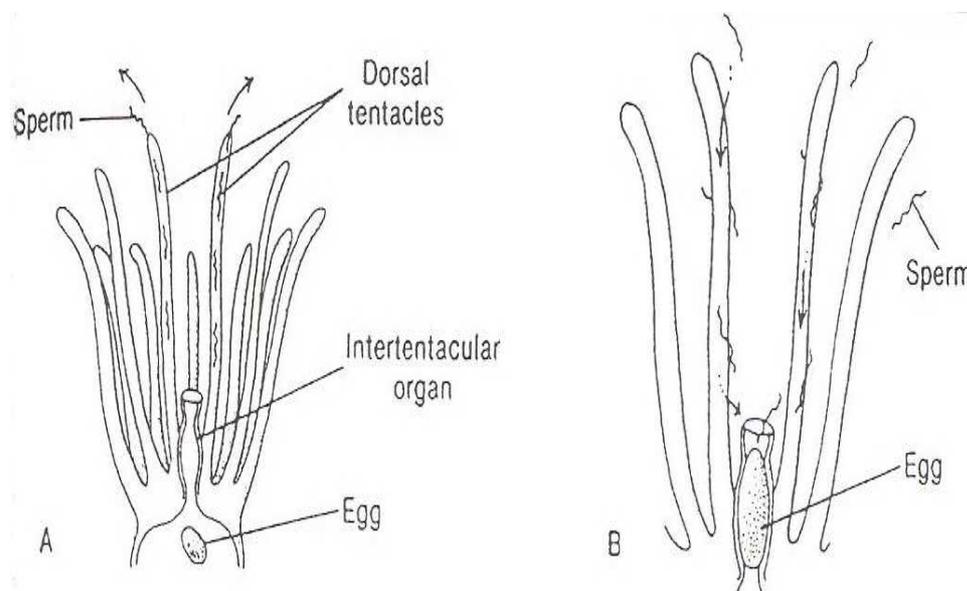
ชนิดของสเตโตบลาสต์ (Type of Statoblasts)

ไบริโอซัวหลายสายพันธุ์ จะสร้างสเตโตบลาสต์ ทั้งแบบสเตโตบลาสต์อิสระ (free statoblasts) และสเตโตบลาสต์ยึดเกาะ (sessile statoblasts) ซึ่งรายละเอียดของสเตโตบลาสต์เป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละสายพันธุ์ และการจัดหมวดหมู่ของไบริโอซัว จะใช้ลักษณะของสเตโตบลาสต์เป็นหลัก สเตโตบลาสต์อิสระ ถูกปลดปล่อยออกจากโคโลนี โดยผ่านช่องเวสติบูลาร์ (vestibular pore) ที่ฐานโพลิพอร์ สเตโตบลาสต์อาจจะมีช่องว่างที่มีอากาศอยู่ในแอนนูลัส ทำให้สามารถลอยน้ำได้ และทำให้อ้างอิงถึง สเตโตบลาสต์ลอยน้ำ (floatoblasts) เป็นชนิดที่แพร่กระจายตามสถานที่ต่าง ๆ โดยการพัดพาของลม หรือการหมุนเวียนของกระแสน้ำ บางครั้งสเตโตบลาสต์อิสระ ไม่มีช่องว่างที่อากาศอยู่ทำให้ตกลงสู่ด้านล่าง spinoblast เป็นสเตโตบลาสต์ แบบลอยน้ำที่มีหนาม หรือตะขอ สามารถลอยน้ำได้อย่างอิสระ leptoblasts เป็นสเตโตบลาสต์ลอยน้ำที่มีความพิเศษที่ไม่มีแคลเซียม ด้านในเป็นแบบที่ไม่ทนทาน และฟักตัวโดยไม่มีระยะฟักตัว

สเทโตะบลาสต์ยัดเกาะ (sessoblasts) เป็นสเทโตะบลาสต์ แบบยัดเกาะกับวัสดุ piptoblasts เป็นสเทโตะบลาสต์ชนิดที่ไม่สร้างสารเกาะติด แต่จะถูกเก็บไว้ภายในช่องว่างลำตัว ไม่มีอากาศใน แอวนูลัสจึงไม่ลอยน้ำ (Wood and Okamura, 2005)

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual Reproduction)

ไบรโอซัว แต่ละโซอิดสามารถสร้างอสุจิ และไข่พร้อมกันได้ (ภาพที่ 11) มีรังไข่อยู่ ส่วนบนของโซอิด อันตะอยู่บนพื้นนิคูลัสบริเวณฐานของโซอิด (ภาพที่ 2 และ 3) อสุจิ และไข่ อาจเจริญเต็มที่พร้อมกัน อสุจิเคลื่อนที่ออกจากอันตะมาอยู่ในช่องของเหลวที่ช่องว่างลำตัว และเข้า ปฏิสนธิกับไข่ที่หลุดออกมาจากรังไข่ เป็นการปฏิสนธิภายในตัวเอง (self - fertilization) ส่วนการ ปฏิสนธิข้าม (cross - fertilization) จะเกิดขึ้นน้อยมาก (Ruppert *et al.*, 2004) เมื่อปฏิสนธิพัฒนาเกิด เป็นตัวอ่อน อยู่ในถุงที่โป่งออกมาจากผนังตัว ซึ่งตัวอ่อนจะออกจากถุงดังกล่าว โดยทางช่องเปิด บริเวณฐานของโพลีพอร์ หรือเมื่อโซอิดต้นกำเนิดเสื่อมสลายไป ตัวอ่อนจะหลุดออกมา ว่ายน้ำอยู่ เพียงระยะหนึ่ง ซึ่งเป็นการดำเนินชีวิตแบบแพลงก์ตอน เมื่อพบวัสดุที่เหมาะสม สำหรับยัดเกาะ ของตัวอ่อนจากนั้นจะเจริญเป็น โซอิด และ โคลอนีใหม่ (Brusca and Brusca, 2003)



ภาพที่ 11 (A) การปล่อยอสุจิออกทางหนวด (B) อสุจิปฏิสนธิกับไข่

ที่มา: Ruppert *et al.*, (2004)

นิเวศวิทยา (Ecology)

ไบรโอซัวอยู่ร่วมกับฟองน้ำ เปรียง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่น ๆ ไบรโอซัวเป็นสัตว์ที่เกาะกับท้องเรือ ก้อนกรวด และวัตถุที่ลอยตัวในน้ำ ไบรโอซัวไม่ได้เป็นตัวการทำลายโครงสร้างของสิ่งที่ยึดเกาะ แต่จะทำให้เกิดการเคลือบทางชีวภาพบนวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นเหมาะสมต่อการเกาะของสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ตัวอ่อนของเพรียงเกาะเรือ เป็นต้น

ไบรโอซัวน้ำจืด (Class Phylactolaemata) อาศัยอยู่ทั่วไป โดยแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง ทั้งในทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแม่น้ำต่าง ๆ ที่ไม่มีตะกอนหรือโคลน ไบรโอซัวหลายสายพันธุ์ เช่น *Fredericella sultana* และ *Plumatella repens* พบกระจายอยู่ในบริเวณกว้าง และเป็นที่รู้จักทั่วไป (Ruppert *et al.*, 2004) วัสดุที่ไบรโอซัวอาศัย และเจริญเติบโตเป็นวัสดุที่ลอย หรือจมอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่จะมีความแข็งแรง เป็นวัสดุที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว (inactive) ได้แก่ ก้อนหิน แก้ว พลาสติก ขางรถยนต์ และเศษไม้เก่า ๆ บางครั้งจะพบอยู่บนพื้นผิวของไม้ที่พังตาย โลหะที่ผุพัง หรือพีชน้ำต่าง ๆ (Bushnell, 1966)

การจัดหมวดหมู่ (Classification)

Phylum Ectoprota

Class Phylactolaemata เป็นไบรโอซัวน้ำจืดโคโลนิจะถูกปกคลุมด้วยสารไคติน หรือลักษณะคล้ายวุ้น โซอิดส่วนใหญ่มีรูปร่างทรงกระบอก และเป็นสิ่งมีชีวิตมีรูปแบบเดียวกันตลอดวงชีวิต มี epistome มีโลโฟฟอร์ขนาดใหญ่ รูปร่างคล้ายเกือกม้า ผนังตัวมีกล้ามเนื้อที่ไม่พัฒนา มีส่วนของช่องว่างกลางตัว (metacoel) ขยายออก และเชื่อมต่อกับโซอิดอื่น ๆ มีเส้นใย ฟันนิคูลัส ขยายจากอวัยวะภายในไปยังผนังลำตัว แต่ไม่เชื่อมระหว่างโซอิด การสร้างโซอิดส่วนใหญ่จะขยายโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เรียกว่า สเตโตบลาสต์ ตัวอย่างเช่น *Critatella*, *Hyalinella*, *Lophophus*, *Lophopodella*, *Pectinatella*, *Plumatella*

Class Stenolaemata เป็นกลุ่มของไบรโอซัวที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม โครงร่างมีส่วนประกอบของแคลเซียม โซอิดมีลักษณะคล้ายการกั้นพื้นที่เป็นห้อง ๆ หรือเป็นสัดส่วน (compartment) โซอิดมีลักษณะทรงกระบอก หรือลักษณะแตร (trumpet - shaped) บางครั้งมีหลากหลายรูปแบบ ไม่มี

epistome โลโฟฟอร์ทรงกลม ผนังลำตัวไม่ยืดหยุ่น ระบบกล้ามเนื้อยังไม่ค่อยพัฒนา แต่ละโซอิดจะเชื่อมต่อกันเป็นช่อง ๆ ตัวอย่างเช่น *Actinopora*, *Crisia*, *Diaperoecia*, *Disporella*, *Idmodronea*, *Tubulipora*

Class Gymnolaemata เป็นกลุ่มของไบรโอซัวที่มีความหลากหลายอย่างมาก ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม ลักษณะของโคโลนีเปลี่ยนแปลงบ่อย ไม่คงที่มีโครงสร้างทั้งแบบอ่อนนุ่ม หรือเป็นแคลเซียมที่มีความแข็งแรง คล้ายเปลือกหุ้ม มีการเจริญเติบโตแบบแตกกิ่งก้านสาขา ผนังตัวไม่มีกล้ามเนื้อ โลโฟฟอร์ทรงกลม ไม่มี epistome โซอิดมีความหลากหลาย ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากลักษณะทรงกระบอกที่เป็นลักษณะพื้นฐาน มี 2 Order คือ Ctenostomata และ Cheilostomata

คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ แต่หากคุณภาพน้ำมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย ดังนั้นการเฝ้าระวังโดยการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การตรวจวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ดังนี้

คุณภาพน้ำทางกายภาพ

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนหนาวของอากาศ และสิ่งต่าง ๆ บนผิวพื้นโลก อุณหภูมิของโลก จะค่อย ๆ ลดลงจากเส้นศูนย์สูตรไปยังขั้วโลกทั้งสองข้าง อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะผันตามอุณหภูมิของอากาศ ที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเส้นรุ้ง ระดับความสูง ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น อุณหภูมิของน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ การระบายน้ำ ความเข้มของแสง ปริมาณน้ำ ความลึก เวลา ปริมาณตะกอนแขวนลอย หรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำ เป็นต้น น้ำที่มีอุณหภูมิสูง หรือต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพืชน้ำ และสัตว์น้ำได้

ของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids)

ของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำ หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย เช่น ตะกอนที่แขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำได้ ส่วนที่ละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่จะเป็นเกลืออนินทรีย์และสารอินทรีย์บางอย่าง ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ เนื่องจากสารแขวนลอยจะกั้นแสงแดดที่ส่องลงในน้ำ ส่งผลให้การสังเคราะห์แสงของพืชน้ำลดลง ของแข็งเป็นสิ่งเจือปนในน้ำที่ที่ทำให้สมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลง ถ้าเป็นสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ ค่าออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นพวกที่ไม่ละลายน้ำที่เป็นสารแขวนลอย จะทำให้น้ำขุ่น แหล่งน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยจะดูดซับออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำใส

ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำ หมายถึง น้ำที่มีสารแขวนลอย ขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้น เกิดจากการที่น้ำมีอนุภาคแขวนลอย ได้แก่ ดินเหนียว แพลงก์ตอน อนุภาคอินทรีย์วัตถุขนาดเล็ก เมื่อแสงส่องกระทบสารเหล่านี้ จะเกิดการหักเหของแสงอย่างไม่เป็นระเบียบ หรือแสงถูกกั้นไม่ให้ทะลุผ่านได้ทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น ความขุ่นทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะน้ำฝัวบนจะดูดซับความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ นอกจากนั้นยังมีผลต่อปริมาณการละลายออกซิเจนในน้ำด้วย น้ำที่ขุ่นจากสารแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก จะรับออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำใส ซึ่งความขุ่นจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตน้ำ โดยเฉพาะพืชน้ำทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ตามปกติ และสัตว์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

การนำไฟฟ้า (Conductivity)

การนำไฟฟ้าของน้ำ เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และชนิดของไอออนที่อยู่ในน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิ ขณะที่ทำการวัดน้ำที่มีไอออนของสารต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น การนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของไอออนในน้ำ ค่านี้จึงไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ บอกเพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายที่ปนเปื้อนในน้ำมากจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามากตามไปด้วย

คุณภาพน้ำทางเคมี

การตรวจวัดคุณภาพน้ำทางเคมี เพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำ มาจากคำว่า positive potential of hydrogen ions pH ของสารละลาย คือ ค่าลบของ logarithm ของความเข้มข้นของ H^+ หรือ $pH = -\log (H^+)$ สิ่งที่ยกความเป็นกรดคือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) และสิ่งที่ยกความเป็นเบสคือ ความเข้มข้นของไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ค่า pH ไม่ได้บอกถึงความเป็นกรด หรือด่างรวมของสารละลายนั้น ๆ แต่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ณ เวลานั้น สารละลายที่มี ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากันอาจมี ความเป็นกรด และความเป็นด่างต่างกัน ได้มากน้อยต่างกัน สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไปทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแหล่งธรรมชาติ อาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อม ความเป็นกรดเป็นด่าง ของน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์ในแหล่งน้ำนั้น

ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนละลายในน้ำ คือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ มีความสำคัญที่จะบอกให้ทราบว่าน้ำนั้น มีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะพืช หรือสัตว์ต้องการออกซิเจนในการหายใจ ปริมาณการละลายของออกซิเจนยังใช้เป็นเครื่องมือชี้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำได้อีกด้วย ซึ่งปริมาณการละลายของออกซิเจนในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และความเค็ม ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง การที่น้ำมีความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล คือ มีค่าสูงสุดในฤดูหนาวแล้วจะลดลงในฤดูฝน และฤดูร้อน ตามลำดับ แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดี มักมีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำอยู่ระหว่าง 5 -7 มิลลิกรัมต่อลิตร

ธาตุอาหาร (Nutrient)

ธาตุอาหารในน้ำส่วนใหญ่จะพิจารณาถึงธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งไนโตรเจนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำมาก เพราะเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สารบางชนิดที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืช และสัตว์ สารประกอบไนโตรเจน เป็นสิ่งจำกัคอย่างหนึ่งของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต ในห่วงโซ่อาหาร ธาตุอาหารที่สำคัญได้แก่ ไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟต โดยทั่วไป ไนโตรเจน และฟอสเฟตจะจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของพืช สารสองตัวนี้มีผลต่อการเจริญเติบโต และเป็นปัจจัยที่สนับสนุนการสังเคราะห์แสงของพืช

แบคทีเรียสามารถเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส ไปอยู่ในรูปฟอสเฟต และเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้อยู่ในรูปแอมโมเนีย จากนั้นจะถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูปไนไตรต์ และไนเตรต สภาวะที่แหล่งน้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในปริมาณมากเกินไป ซึ่งเกิดจากการชะล้างปุ๋ยและธาตุอาหารอื่น ๆ จากพื้นที่เกษตรลงสู่แหล่งน้ำ เรียกว่า ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) คือ การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และพืชน้ำ ซึ่งถูกกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์แสง และการแพร่พันธุ์ เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ปริมาณแสงที่ส่งลงในน้ำน้อยลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้านล่าง กิจกรรมที่เพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืช สาหร่าย พืชน้ำ และแบคทีเรีย ซึ่งเป็นการเพิ่มความต้องการใช้ออกซิเจน ทำให้แหล่งน้ำนั้นขาดแคลนออกซิเจน อันจะส่งผลถึงการตายของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น เมื่อสาหร่ายเหล่านั้นตายลงจะทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสียตามมา และปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเข้มแสง และปริมาณธาตุอาหาร เป็นต้น การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ส่วนใหญ่จะเกิดในแหล่งพื้นที่รับน้ำ ทะเลสาบ หนอง และบึง เป็นต้น ทั้งนี้เพราะในสภาพแม่น้ำลำธาร อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเพิ่มอาหารจะเร็วเกิดการก่อตัวของสภาพยูโทรฟิเคชัน ที่เกิดขึ้นได้

ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนในน้ำมักพบได้ในรูปของก๊าซไนโตรเจนละลาย และสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนในน้ำจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือสารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนเตรต และไนไตรต์ แหล่งที่มาของไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อม ได้แก่

- 1) สภาวะธรรมชาติ ไนโตรเจนเข้าสู่แหล่งน้ำทางอากาศในรูปของแก๊สไนโตรเจนจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบหลายชนิด ซึ่งเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนมีส่วนเกี่ยวข้องกับพืช และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น
- 2) ปุ๋ยเคมี เป็นแหล่งที่มาของไนเตรตที่สำคัญในสิ่งแวดล้อม การใช้ปุ๋ยดังกล่าวมีผลให้มีไนโตรเจน ระบายสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น
- 3) ของเสียจากสัตว์ เป็นแหล่งที่มาของไนเตรตที่สำคัญ เช่น ของเสียจากฟาร์มสัตว์
- 4) ของเสียจากมนุษย์ของเสียจากชุมชนที่ระบายโดยตรงสู่แหล่งน้ำเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญ
- 5) ของเสียจากอุตสาหกรรม เป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ไนโตรเจนเป็นดัชนีบอกความสกปรกของน้ำ ซึ่งไนโตรเจนในน้ำเป็นดัชนีที่บ่งถึงความสกปรก หรือปนเปื้อนของน้ำ เพราะชนิดของไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ผ่านไป นับเริ่มจากการปนเปื้อนของน้ำเกิดขึ้น น้ำที่เพิ่งสกปรกใหม่ ๆ มีสารอินทรีย์ไนโตรเจน หรือแอมโมเนีย เมื่อเวลาผ่านไป ปฏิกริยาชีวเคมีทำให้ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนไตรต์ และไนเตรตตามลำดับ ข้อมูลไนโตรเจนจึงใช้บ่งถึงความสกปรกของน้ำว่าอยู่ในระดับใดได้อย่างคร่าว ๆ

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิต และมักพบในรูปของฟอสเฟต สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ นอกจากนี้สารฟอสเฟตเป็นสารประกอบสำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมขุ่น อาหาร เครื่องดื่ม และสารลดความกระด้างของน้ำ ฟอสฟอรัส เป็นธาตุสำคัญธาตุหนึ่งสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และพืช นอกเหนือไปจากไนโตรเจน แหล่งน้ำธรรมชาติพบฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย และพบในน้ำใต้ดิน น้ำไหลบ่าหน้าดิน สูงกว่าแหล่งน้ำอื่น ๆ นอกจากนั้นพบฟอสฟอรัสบางส่วนในรูปของสารฟอสฟอรัสอินทรีย์ ที่ละลายน้ำได้ และในรูปอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนใหญ่จะพบฟอสฟอรัสทั้ง

ประเภทสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในรูปที่เติมออกซิเจนแล้ว คือ สารฟอสเฟตอินทรีย์ และสารฟอสเฟตอนินทรีย์ ซึ่งเป็นรูปที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศของแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก ในแหล่งน้ำ ฟอสเฟตจะอยู่ร่วมกับธาตุที่มีประจุบวกต่าง ๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม บางส่วนจะถูกดูดซับอยู่กับดินเหนียวใต้ท้องน้ำได้ด้วย

แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่

1) การเกษตรกรรม ที่มาจากการใช้ปุ๋ยที่มีฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตปุ๋ยฟอสเฟตประเภทปุ๋ยเคมี ปุ๋ยธรรมชาติ และจากมูลสัตว์ต่าง ๆ ดังนั้น พื้นที่ดินที่ใช้ปลูกพืช และเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างสูงกว่าบริเวณอื่น ฟอสฟอรัสจากแหล่งเกษตรกรรม อาจถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำต่อไป

2) แหล่งชุมชน การระบายน้ำโสโครกจากอาคารบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้ฟอสฟอรัสมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแหล่งน้ำ และน้ำโสโครกจากเขตเมืองจะมีปริมาณฟอสเฟตมากเนื่องจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ผงซักฟอก และอื่น ๆ

3) อุตสาหกรรม โรงงานผลิตผงซักฟอก และโรงงานผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส เป็นต้น

ธาตุอาหารพืช ฟอสเฟต มีความสำคัญต่อพืชน้ำ และต่อขบวนการยูโทรฟิเคชัน ถ้าเกิดขึ้นในแหล่งน้ำในปริมาณที่พอเหมาะ จะช่วยให้แหล่งน้ำนั้นมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะมีผลเสียต่อแหล่งน้ำ เพราะจะทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง ในขณะที่ปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น และทำให้เกิดการบดบังแสงของพืชน้ำ ทำให้พืชสังเคราะห์แสงไม่ได้ และตายลง ฟอสเฟตเป็นดัชนีสำหรับจำแนกประเภทของแหล่งน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำใดมีปริมาณฟอสเฟตน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารน้อยเกินไป แต่ถ้าแหล่งน้ำใดมีปริมาณฟอสเฟตมากกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีอาหารมาก ในแม่น้ำที่เกิดมลพิษจะมีฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 9-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เมื่อปริมาณเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตของพืชน้ำ สาหร่าย และแพลงก์ตอนบางชนิดเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีจำนวนมาก และตายลงจะเป็นตะกอนจมลงสู่พื้นล่าง เกิดการย่อยสลายโดยขบวนการใช้ออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ ถูกใช้ไป ส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำ

ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย และแพลงก์ตอนพืช ซึ่งอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตต่อฟอสฟอรัส (N:P Ratio) ของแหล่งน้ำนั้นอาจเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ขึ้นอยู่กับการเติมธาตุอาหารทั้งสองเข้าสู่แหล่งน้ำตามฤดูกาล และโดยปกติแล้วฟอสฟอรัสจะเป็นธาตุอาหารสำคัญในหนอง บึง หรือทะเลสาบ ในขณะที่ไนโตรเจนจะเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

การตรวจวัดคุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยการนำสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ มาใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ในการบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ได้แก่

แพลงก์ตอน (Plankton)

แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่ลอยอย่างอิสระไปตามกระแสน้ำในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของวงจรชีวิต มีขนาดเล็กมาก ตั้งแต่เซลล์เดียวจนถึงขนาดใหญ่หลาย ๆ เซลล์ มีลักษณะรูปร่าง และสีแตกต่างกันไป บางชนิดอยู่แบบเซลล์เดี่ยว (unicellular) หรือเซลล์ต่อเรียงกันเป็นสาย (filament) หรือเซลล์มาอยู่เป็นกลุ่ม (colony) การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีความหลากหลายของกลุ่มแพลงก์ตอนเป็นดัชนีที่ช่วยชี้สภาพแหล่งน้ำนั้น ในแหล่งน้ำสภาวะปกติซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำเสีย ค่าดัชนีความหลากหลายจะสูง และปริมาณของแพลงก์ตอนแต่ละสกุลจะน้อย แต่แหล่งน้ำที่ได้รับมลพิษ ค่าดัชนีความหลากหลายจะต่ำ เนื่องจากมีจำนวนสกุลของแพลงก์ตอนที่น้อย แต่ปริมาณแพลงก์ตอน แต่ละสกุลมีจำนวนมากแพลงก์ตอนพืช แต่ละชนิดจะเจริญในสภาวะที่แตกต่างกัน บางชนิดอาจจะเจริญในสภาวะที่มีอินทรีย์สูง บางชนิดเจริญอยู่ในที่ที่มีสารอินทรีย์ต่ำ และบางชนิดเจริญอยู่ในแหล่งที่มีสารอินทรีย์ปานกลาง ดังนั้นจึงสามารถใช้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้

พืชน้ำ (Aquatic plants)

พืชน้ำสามารถพบได้ทั่วไป ทั้งในแหล่งน้ำ และรอบแหล่งน้ำนั้น พืชน้ำต่าง ๆ เป็นประโยชน์ต่อแหล่งน้ำอย่างมาก เนื่องจากเป็นที่อยู่อาศัย และที่หลบภัยของสิ่งมีชีวิต ทั้งยังเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนให้แหล่งน้ำนั้น พืชน้ำเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่ดี เนื่องจากพืชสามารถตอบสนองต่อ

ธาตุอาหารที่ล่องสู่แหล่งน้ำ ปริมาณแสง การปนเปื้อนของสารพิษ โลหะหนัก สารปราบศัตรูพืช ความขุ่น การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ และปริมาณความเค็ม นอกจากนั้นการเก็บตัวอย่างพีชน้ำเพื่อนำมาศึกษายังสามารถทำได้สะดวก และการแยกชนิดของพีชน้ำสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากพีชน้ำมีขนาดใหญ่ สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่น ๆ

สัตว์หน้าดิน (Benthic fauna)

สัตว์หน้าดิน เป็นกลุ่มสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง ที่อาศัยใต้น้ำและหากินตามพื้นผิวหน้าดินบริเวณพื้นท้องน้ำในแหล่งน้ำ ทะเลสาบ หรือทะเล พบได้ตั้งแต่แนวชายฝั่งน้ำจนถึงระดับลึกที่สุด นอกจากนั้นรวมถึงสัตว์กลุ่มที่เกาะ หรืออาศัยอยู่ตามก้อนหิน โขดหิน การใช้สัตว์หน้าดินเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ เนื่องจากสัตว์หน้าดิน ส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยเฉพาะ ประจำที่ หรือยึดเกาะอยู่กับที่ และมีการเคลื่อนย้ายในบริเวณที่จำกัด ดังนั้นเวลาต้องการตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถพบสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น ณ สภาพแวดล้อมนั้น ๆ ซึ่งไม่เหมือนกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เมื่อคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไป อาจจะอพยพ หรือเคลื่อนย้ายไปสู่แหล่งที่อยู่ใหม่ สัตว์หน้าดินแต่ละชนิดมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงเป็นเสมือนตัวแทนที่บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wood *et al.* (2547) ศึกษาการใช้ไบรโอซัวน้ำจืดในประเทศไทย โดยโครงการวิจัยการใช้ไบรโอซัวเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำแบบบูรณาการ ซึ่งเป็นโครงการย่อยในโครงการวิจัยศึกษาภาพของการพัฒนาลุ่มน้ำที่มีต่อคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง โดยการเลือกสายพันธุ์ไบรโอซัวน้ำจืดเพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ สำหรับลุ่มน้ำแม่กลอง ได้ใช้ไบรโอซัวน้ำจืดสายพันธุ์ *Plumatella bombayensis* เป็นตัวบ่งชี้ทางคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง ซึ่งพบว่าสามารถใช้ได้เป็นอย่างดี

Henry *et al.* (1989) ศึกษาไบรโอซัวในแม่น้ำ Meuse ประเทศ Belgium ซึ่งมีไบรโอซัวอยู่ 3 สายพันธุ์ คือ *Fredercella sultana* (BLUM), *Plumatella emarginata* ALL. และ *Plumatella fungosa* (PALL.) ซึ่งไบรโอซัวปกคลุมพื้นที่ 3 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของผนังเขื่อน และมีชีวมวลไบรโอซัว 12 -

293 gm^{-2} (น้ำหนักแห้ง) ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงของโรงกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ (Tihange) และน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่ลงสู่แม่น้ำ ซึ่งโคโลนิของไบรโอซัวมีการพัฒนาจะเกิดขึ้นในช่วง 3 - 4 สัปดาห์ หรือก่อนหน้านั้น โดยโลหะหนักที่มีอยู่ในโคโลนิของไบรโอซัวที่มีชีวิต พบว่ามีโลหะหนักหลายชนิด ประกอบด้วย Cd อยู่ในช่วง 4 - 21 mgKg^{-1} , Cu อยู่ในช่วง 45 - 182 mgKg^{-1} , Zn อยู่ในช่วง 803 - 2232 mgKg^{-1} , Pb อยู่ในช่วง 150 - 483 mgKg^{-1} , Cr อยู่ในช่วง 21 - 138 mgKg^{-1} และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของ PCB คือ 925 μgKg^{-1} (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งความเข้มข้นของโลหะหนักและ PCB จะปนเปื้อนอยู่กับตะกอน และติดอยู่กับโคโลนิของไบรโอซัวเหล่านั้น ซึ่งเป็นการพบบลพิษในไบรโอซัว

Wood *et al.* (2547) ทดลองใช้ไบรโอซัวน้ำจืดเป็นตัวกรองสารอินทรีย์ออกจากแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารมากเกินไป และนำมาประยุกต์ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้เป็นอย่างดี

Anurakpongsatom *et al.* (2549) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของไบรโอซัวน้ำจืดและการประยุกต์ใช้ไบรโอซัวเป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำสงคราม การประเมินและติดตามคุณภาพน้ำ มีความสำคัญอย่างมากต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถทำได้ทั้ง ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งการประเมินทางกายภาพและเคมี เป็นการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ณ จุดนั้น ๆ และ ณ เวลาที่ตรวจวัดเท่านั้น ส่วนการประเมินทางชีวภาพ อาศัยการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีร่วมทางกายภาพ เคมี และชีวภาพจะเป็นวิธีการที่ให้ความละเอียด และแม่นยำมากขึ้น การเลือกสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (bio-indicator) ต้องสามารถอาศัยอยู่ในช่วงคุณภาพน้ำช่วงต่าง ๆ ซึ่งไบรโอซัวสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพได้

สิทธิชัย (2549) ศึกษาการใช้ไบรโอซัวเป็นดัชนีชีวภาพชนิดใหม่เพื่อการประเมินคุณภาพน้ำแบบบูรณาการ โดยการมีส่วนร่วมของประชาชนได้ดำเนินการในกลุ่มน้ำบางปะกง มีการศึกษาสองด้าน คือ ด้านการศึกษาใช้ไบรโอซัว และด้านเศรษฐกิจ ซึ่งการศึกษาด้านไบรโอซัวในกลุ่มน้ำบางปะกง พบ 11 สายพันธุ์ ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ทางชีวภาพกับกิจกรรมในกลุ่มน้ำ พบว่าไบรโอซัวจะสามารถเติบโตได้ในระดับดีถึงดีมากในกิจกรรมที่เป็นชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ในส่วนของพื้นที่ป่าไม้จะอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับดัชนีคุณภาพน้ำที่ศึกษา

ถึงความเหมาะสมในการใช้ไบรโอซัวเป็นดัชนีทางชีวภาพ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

สุธิดา และ พัฒนา (2549) ใช้ไบรโอโซนเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำทิ้งหลังจากการบำบัดของอุตสาหกรรมฟอกย้อม โดยใช้ไบรโอโซนสายพันธุ์ *Hislopia malayensis* พบว่าไบรโอโซนสามารถมีชีวิตอยู่ได้ เมื่อเวลาผ่านไป 96 ชั่วโมง ในการศึกษาพฤติกรรมของไบรโอโซนที่มีต่อโลหะหนัก (Cu และ Cd) น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม สีแดง (Reactive Red 198) ความเข้มข้น 100 ppm ไบรโอโซนมีชีวิตอยู่ได้ 48 ชั่วโมง สีเหลือง (Reactive Yellow 176) ความเข้มข้น 100 ppm ไบรโอโซนมีชีวิตอยู่ได้ 96 ชั่วโมง สีดำ (Reactive Black 5) ความเข้มข้น 50 ppm ไบรโอโซน มีชีวิตอยู่ได้ 48 ชั่วโมง และเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 g/l ไบรโอโซนมีชีวิตอยู่ได้ 96 ชั่วโมง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 1.1 กล้องจุลทรรศน์ (microscope)
 - 1.2 กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (stereo microscope)
 - 1.3 กล้องส่องพระ

2. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
 - 2.1 จานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish)
 - 2.2 ปากคีบ (forceps)
 - 2.3 หลอดหยด (dropper)
 - 2.4 แผ่นสไลด์ (slide)
 - 2.5 กระจกปิดสไลด์ (cover glass)
 - 2.6 ขวดพลาสติก โพลีเอธิลีน ขนาด 500 มิลลิลิตร
 - 2.7 ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 และ 250 มิลลิลิตร
 - 2.8 ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
 - 2.9 กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 25, 50 และ 100 มิลลิลิตร
 - 2.10 กระดาษกรองใยแก้ว GF/C
 - 2.11 ปิเปตต์ (pipette) ขนาด 2, 5 และ 10 มิลลิลิตร
 - 2.12 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50, 100 และ 600 มิลลิลิตร
 - 2.13 เครื่องปั้มน้ำ
 - 2.14 ตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร
 - 2.15 เชือก
 - 2.16 ตาข่ายพลาสติก

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
 - 3.1 ethanol 95%

3.2 menthol

3.3 สารเคมีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

4.1 เครื่อง pH meter Ecoscan pH6

4.2 เครื่อง Conductivity meter Ecoscan con 5

4.3 เครื่อง DO meter YSI 550A

4.4 เครื่อง Spectrophotometer

4.5 Cadmium reduction column

วิธีการ

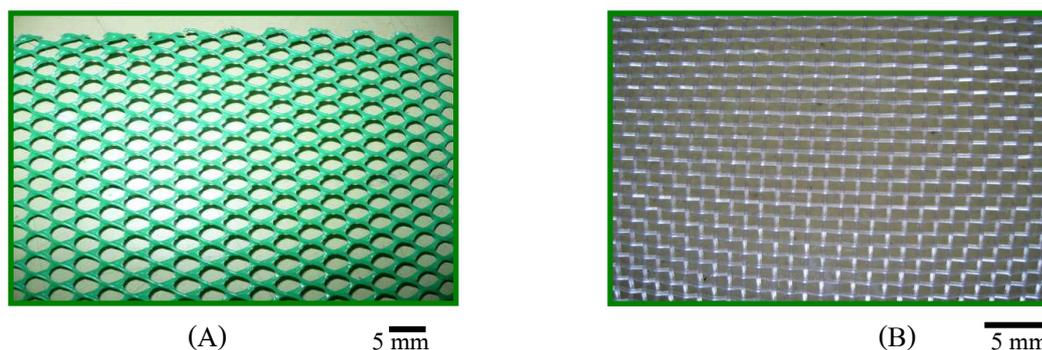
1. การเตรียมและเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืด

1.1 วัสดุที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะของไบรโอซัวน้ำจืด

วัสดุที่คัดเลือกมาใช้เพื่อให้สามารถไหลผ่านได้มี 2 ชนิด คือแผ่นตาข่ายพลาสติก และแผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม (ภาพที่ 12) มีพื้นที่เท่ากับ 841 ตารางเซนติเมตร (29 x 29 เซนติเมตร) แขนงวัสดุทั้ง 2 ชนิดไว้ที่ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (เป็นแหล่งน้ำที่ Professor Dr. Timothy S. Wood ศึกษาแล้วว่ามี การเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืดหลากหลายสายพันธุ์)

1.2 ระยะเวลาในการเลี้ยงและการขยายพันธุ์

นำวัสดุที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะของไบรโอซัวน้ำจืด (จาก 1.1) มาใช้ในการศึกษา ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะ และการขยายพันธุ์ของไบรโอซัวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ *Hislopia malayensis*, *Plumatella casmiana* และ *Plumatella chulabhornae* โดยกำหนดเวลาเลี้ยง ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 8 สัปดาห์



ภาพที่ 12 (A) แผ่นตาข่ายพลาสติกสีเขียว (B) แผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม

1.3 สายพันธุ์และความหนาแน่นของไบรโอซัวน้ำจืด

คัดแยกสายพันธุ์ของไบรโอซัวน้ำจืดบนแผ่นตาข่าย (จาก 1.2) และ ตรวจสอบจำนวน โซอิดด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope) โดยแบ่งพื้นที่ทั้งหมด บนแผ่นตาข่าย พลาสติกออกเป็นพื้นที่ย่อยพื้นที่ละ 4 ตารางเซนติเมตร และจัดแบ่งความหนาแน่นเป็น 3 ระดับ คือ

1. ความหนาแน่นมาก (พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยไบรโอซัวน้ำจืดตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป)
2. ความหนาแน่นปานกลาง (พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยไบรโอซัวน้ำจืดตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไปแต่ไม่ถึงร้อยละ 75)
3. ความหนาแน่นน้อย (พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยไบรโอซัวน้ำจืดไม่ถึงร้อยละ 25)

2. การศึกษาการตอบสนองของไบรโอซัวน้ำจืดในสภาวะต่าง ๆ

2.1 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่ไบรโอซัวน้ำจืดสามารถ เจริญเติบโต

2.1.1 พารามิเตอร์ที่ตรวจวัดในภาคสนาม ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้ เครื่อง pH meter (Ecoscan pH6) ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ค่าความเค็ม (salinity) อุณหภูมิ (temperature) ค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) โดยใช้เครื่อง conductivity meter (Ecoscan con 5)

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen) โดยใช้เครื่อง DO meter (YSI 550A) โดยทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำครั้งแรก เมื่อแขวนตัวอย่าง และตรวจวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์

2.1.2 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณไนเตรต โดยวิธี Cadmium reduction (มันลิน, 2540) และฟอสเฟต โดยวิธี Ascorbic acid (คณะกรรมการสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)

2.2 การทดสอบไบรโอซัวน้ำจืดกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต

นำน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำปริมาณ 60 ลิตรเติมลงในตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร จำนวน 4 ตู้ ปรับค่าเริ่มต้นของชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ให้มีความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตเป็น (0.10, 0.05), (0.10, 0.15), (0.15, 0.25) และ (0.15, 0.35) mg/l ตามลำดับ ซึ่งค่าเริ่มต้นเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง โดยให้ชุดการทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุมนำแผ่นตาข่ายพลาสติก (ขนาด 29 x 29 เซนติเมตร) ที่มีไบรโอซัวที่มีจำนวนโซอิดใกล้เคียงกัน ยึดเกาะอยู่ และอนุบาลไว้ 8 สัปดาห์ ใส่งในตู้ปลาตู้ละ 4 แผ่น เติมหอากาศโดยใช้ปั๊มลมตลอดการทดลองในทุกชุดการทดลอง ตรวจวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำตลอด 14 วัน นำค่าปริมาณไนเตรต และฟอสเฟตมาวิเคราะห์ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของไบรโอซัวน้ำจืด

3. ศึกษาความต้องการใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด

3.1 นำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

นำแผ่นตาข่ายพลาสติก มีพื้นที่เท่ากับ 841 ตารางเซนติเมตร ขนาด 29 x 29 เซนติเมตร ไปแขวนไว้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ให้ลึกลงจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร เพื่อให้ไบรโอซัวมายึดเกาะ และขยายพันธุ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

นำน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาทดลอง
ดังนี้

ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ทดลองในตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร เติมน้ำประมาณ 60 ลิตร โดยไม่มีแผ่นตาข่ายไบร โอซัว

ชุดที่ 2 ทดลองในตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร เติมน้ำประมาณ 60 ลิตร โดยใส่ แผ่นตาข่าย ที่มีไบร โอซัวเกาะเต็มแผ่น จำนวน 4 แผ่น

ชุดที่ 3 ทดลองในตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร เติมน้ำประมาณ 60 ลิตร โดยมี แผ่นตาข่าย ที่มีไบร โอซัวเกาะเต็มแผ่น จำนวน 6 แผ่น

ในทุกชุดการทดลองไม่มีการเติมอากาศ วิเคราะห์คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเค็ม ค่าของแข็ง ละลายทั้งหมด และอุณหภูมิ

3.2 การใช้น้ำประปา

เนื่องจากการทดลองในข้อ 3.1 ใช้น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มาใช้ในการทดลองความต้องการออกซิเจน น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนอาศัยอยู่ ซึ่งมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ ดังนั้นการทดลองในหัวข้อนี้ใช้น้ำประปา ซึ่งไม่มีสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนอาศัยอยู่

นำแผ่นตาข่ายพลาสติก ขนาด 14.5 x 14.5 เซนติเมตร มีพื้นที่เท่ากับ 210.25 ตารางเซนติเมตรแขวนไว้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้ลึกลงจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร ใช้ระยะเวลาวางตัวอย่าง 8 สัปดาห์ เพื่อให้ไบร โอซัวมายึดเกาะและขยายพันธุ์ นำน้ำประปาที่ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน ทดลองในตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร เติมน้ำประปาประมาณ 40 ลิตร มาใช้ในการทดลองเลี้ยงไบร โอซัวในทุก ๆ การทดลอง

ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) ทดลองในตู้ปลาขนาด 30 x 60 x 40 เซนติเมตร เติมน้ำประปาประมาณ 40 ลิตร โดยไม่มีแผ่นตาข่ายไบร โอซัว

ชุดที่ 2 มีแผ่นตาข่ายพลาสติก ที่มีใบรโง้วเกาะเต็มแผ่น จำนวน 2 แผ่น มีพื้นที่ทั้งหมด 420.5 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นมาก มีใบรโง้วประมาณ 11,418 โซอิดต่อพื้นที่ 41.52 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีใบรโง้วประมาณ 75,833 โซอิดต่อพื้นที่ 362.84 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีใบรโง้วประมาณ 1.216 โซอิดต่อพื้นที่ เท่ากับ 17.14 ตารางเซนติเมตร

ชุดที่ 3 มีแผ่นตาข่ายพลาสติก ที่มีใบรโง้วเกาะเต็มแผ่น จำนวน 4 แผ่น มีพื้นที่ทั้งหมด 841 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นมาก มีใบรโง้วประมาณ 16,197 โซอิดต่อพื้นที่ 58.9 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีใบรโง้วประมาณ 155,322 โซอิดต่อพื้นที่ 743.17 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อยมีใบรโง้วประมาณ 2,764 โซอิดต่อพื้นที่ 38.93 ตารางเซนติเมตร

ชุดที่ 4 มีแผ่นตาข่ายพลาสติก ที่มีใบรโง้วเกาะเต็มแผ่น จำนวน 6 แผ่น มีพื้นที่ทั้งหมด 1,261.5 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นมาก มีใบรโง้วประมาณ 36,748 โซอิดต่อพื้นที่ 133.63 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีใบรโง้วประมาณ 224,624 โซอิดต่อพื้นที่ 1,074.76 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีใบรโง้วประมาณ 3,770 โซอิดต่อพื้นที่ 53.11 ตารางเซนติเมตร

ในทุกชุดการทดลองไม่มีการเติมอากาศ วิเคราะห์คุณภาพน้ำพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเค็ม ค่าของแข็งละลายทั้งหมด และอุณหภูมิ

3.3 ความต้องการออกซิเจนของจำนวนโซอิด *P. chulabhornae* ในน้ำประปา

ศึกษาความต้องการออกซิเจนของจำนวนโซอิดของใบรโง้วน้ำจืด *P. chulabhornae* ที่เจริญเติบโตบนจานเพาะเชื้อแก้วที่เป็นวัสดุ สำหรับให้ *P. chulabhornae* ยึดเกาะโดยแขวนไว้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้ลึกลงจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ตรวจนับจำนวนโซอิดด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอตามจำนวนโซอิดที่มายึดเกาะ และกำจัดสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บนจานแก้วออกให้ได้มากที่สุด

แบ่งการทดลองออกเป็นชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) นำน้ำประปา 1 ลิตร ลงในบีกเกอร์พลาสติก ขนาด 2 ลิตร (ไม่มี *P. chulabhornae*)

ชุดที่ 2 ใส่จานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโซอิดของ *P. chulabhornae* เท่ากับ 86 โซอิด

ชุดที่ 3 ใส่จานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโซอิดของ *P. chulabhornae* เท่ากับ 129 โซอิด

ชุดที่ 4 ใส่จานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโซอิดของ *P. chulabhornae* เท่ากับ 385 โซอิด
ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ทุก ๆ นาที

ผลและวิจารณ์

1. การเตรียมและเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืด

1.1 วัสดุที่เหมาะสมต่อการยึดเกาะของไบรโอซัวน้ำจืด

หลังจากแขวนวัสดุ 2 ชนิด คือ แผ่นตาข่ายพลาสติก และแผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม ไว้ที่ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าโคโลนีของไบรโอซัวน้ำจืดที่ยึดเกาะบนแผ่นตาข่ายพลาสติกมีมากกว่าบนแผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม ลักษณะของโคโลนีมีการแตกแขนงแผ่กระจายไปตามเส้นตาข่ายพลาสติกได้ดีกว่าบนตาข่ายอะลูมิเนียม ภาพที่ 13 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wood and Okamura (2005) ซึ่งได้ทดสอบกับวัสดุแผ่นที่บ พบว่าไบรโอซัวน้ำจืดสามารถยึดเกาะได้ดีกับวัสดุที่เป็นพลาสติก และมีผิวไม่มัน



A 5 mm



B 5 mm

ภาพที่ 13 ลักษณะการยึดเกาะของไบรโอซัวน้ำจืดบนแผ่นตาข่าย (A) พลาสติก (B) อะลูมิเนียม



A



B

ภาพที่ 14 ลักษณะโคโลนีของไบรโอซัวน้ำจืดที่กระจายตัว (A) แผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม และ (B) แผ่นตาข่ายพลาสติก ขนาด 29 x 29 เซนติเมตร

สำหรับจำนวนไบรโอซัวน้ำจืดที่มายึดเกาะและเจริญเติบโตพบว่าตาข่ายพลาสติก มีการแพร่กระจายเต็มแผ่นอย่างสม่ำเสมอแต่ยังมีช่องว่างใต้น้ำไหลผ่านได้ ส่วนแผ่นตาข่ายอะลูมิเนียมมีไบรโอซัวน้ำจืดมายึดเกาะ และเจริญเติบโตมากเฉพาะบริเวณขอบของแผ่นตาข่าย ไม่แพร่กระจายไปทั่วแผ่น เกิดความหนาแน่นสูงเฉพาะจุดทำให้น้ำไหลผ่านได้ยาก ภาพที่ 14

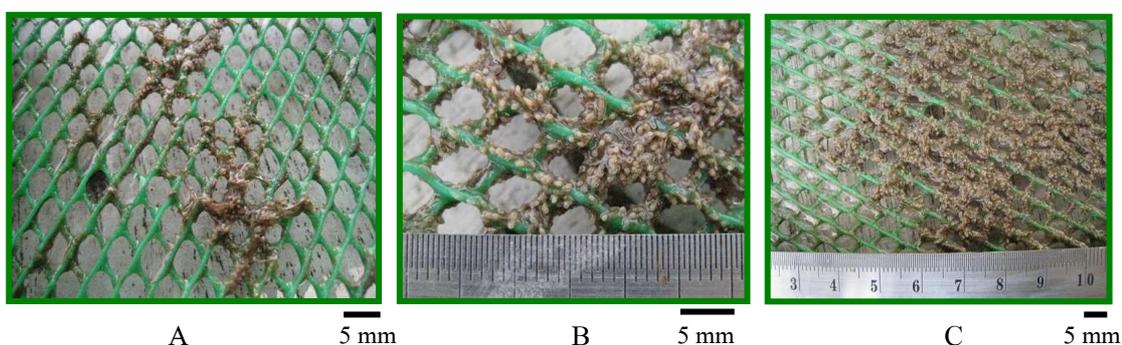
1.2 ระยะเวลาในการยึดเกาะและขยายพันธุ์

ผลจากการเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ *Hislopia malayensis*, *Plumatella casmiana* และ *Plumatella chulabhornae* บนตาข่ายพลาสติก พบว่า

สัปดาห์ที่ 1-3 มีไบรโอซัวน้ำจืดมายึดเกาะ และขยายพันธุ์บนแผ่นพลาสติก 4-5 จุด โคลโลนีขนาด 1-2 เซนติเมตร แตกแขนงแผ่ขยายไปตามแผ่นตาข่ายพลาสติก (ภาพที่ 15A)

สัปดาห์ที่ 4-5 มีไบรโอซัวน้ำจืดมายึดเกาะบนแผ่นพลาสติกเพิ่มอีก 2-3 จุด กระจายอยู่ทั่วแผ่น และจุดเดิมที่โคลโลนีขยายพันธุ์แตกแขนงแผ่กว้างออกไปอย่างต่อเนื่อง โคลโลนีเริ่มต้นมีสีน้ำตาลเข้ม และส่วนปลายโคลโลนีมีสีน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 15B)

สัปดาห์ที่ 6-8 ขนาดของโคลโลนีมีการเพิ่มเพียงเล็กน้อย และบริเวณกลางของโคลโลนีมีการตายของโซอิด ทำให้โคลโลนีบางส่วนเกิดช่องว่าง ทำให้พื้นที่บนแผ่นตาข่ายบริเวณนั้นมีไบรโอซัวปกคลุมอยู่น้อย (ภาพที่ 15C)



ภาพที่ 15 ระยะเวลาการยึดเกาะและขยายพันธุ์ของไบรโอซัวน้ำจืด (A) สัปดาห์ที่ 1-3 (B) สัปดาห์ที่ 4-5 และ (C) สัปดาห์ที่ 6-8

ในสัปดาห์ที่ 1-3 การยึดเกาะและขยายพันธุ์ของไบรโอซัวน้ำจืด ค่อนข้างช้า เพราะเป็นช่วงสร้างโคโลนีขึ้นมา (Wood and Okamura, 2005) สัปดาห์ที่ 4-5 การขยายพันธุ์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โคโลนีแตกแขนงปกคลุมพื้นผิวของตาข่าย และสัปดาห์ที่ 6-8 ขนาดของโคโลนีเพิ่มไม่มากนัก โซอิดเริ่มต้นตายทำให้เกิดช่องว่างบนแผ่นตาข่าย เนื่องจากการเสื่อมสลายของโซอิดที่มีอายุมาก (Brusca and Brusca, 2003)

1.3 การศึกษาสายพันธุ์และความหนาแน่นของไบรโอซัวน้ำจืด

การตรวจนับจำนวนโซอิดของไบรโอซัวน้ำจืดที่ยึดเกาะและขยายพันธุ์บนแผ่นตาข่าย 3 สายพันธุ์ คือ *H. malayensis*, *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* (Wood et al., 2006) พบว่า *H. malayensis* มีจำนวนโซอิดมากกว่า *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ในทุกความหนาแน่น (ภาพที่ 16) เนื่องจากโซอิดของ *H. malayensis* จะยึดเกาะกับตาข่ายก่อน ทำให้สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนโซอิดของ *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* มายึดเกาะหลังจาก *H. malayensis* ทำให้บางโซอิดจะเจริญบนโซอิดของ *H. malayensis* (ตารางที่ 1)



A



B

ภาพที่ 16 ลักษณะโคโลนีของไบรโอซัวน้ำจืด (A) การกระจายตัวบนแผ่นตาข่ายพลาสติก (B) ความหนาแน่น 3 ระดับของโคโลนี (ขวาไปซ้าย-มาก ปานกลาง น้อย)

ตารางที่ 1 การจัดแบ่งระดับความหนาแน่นและการนับจำนวนไซอิดของไบริโอซัวน้ำจืด
3 สายพันธุ์

ระดับความหนาแน่น	พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยไบริโอซัวน้ำจืด	สายพันธุ์ของไบริโอซัวน้ำจืด	จำนวนไซอิด
มาก	ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป	<i>H. malayensis</i>	มากกว่า 190
		<i>P. casmiana</i> และ <i>P. chulabhornae</i>	มากกว่า 85
ปานกลาง	ตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป แต่ไม่ถึงร้อยละ 75	<i>H. malayensis</i>	96 - 190
		<i>P. casmiana</i> และ <i>P. chulabhornae</i>	46 - 85
น้อย	ไม่ถึงร้อยละ 25	<i>H. malayensis</i>	1 - 95
		<i>P. casmiana</i> และ <i>P. chulabhornae</i>	1 - 45

การแบ่งกลุ่มนับจำนวนไซอิด ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้ดังนี้

การนับโดยการคัดเลือกพื้นที่ที่ต้องการนับจำนวนไซอิด ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตร แล้วแยกนับทีละ 1 ตารางเซนติเมตร ทั้งสามระดับความหนาแน่นคือ มาก ปานกลาง และน้อย

Phylum Ectoprocta

Class Phylactolaemata

Family Plumatellidae Allman, 1856

Plumatella casmiana Oka, 1907

Plumatella chulabhornae Wood, 2006

Class Gymnolaemata

Order Ctenostomata

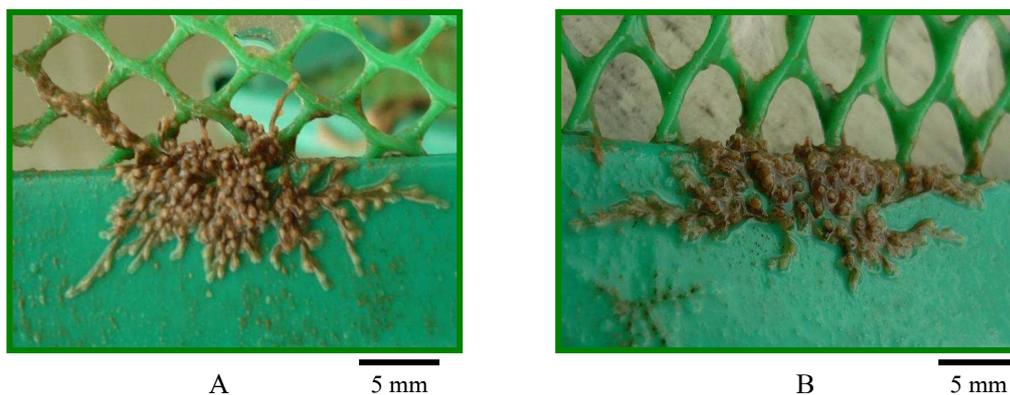
Family Hislopidae Annandale, 1907

Hislopia malayensis Annandale, 1916

ลักษณะทั่วไปของไบรโอซัวน้ำจืด

Plumatella casmiana

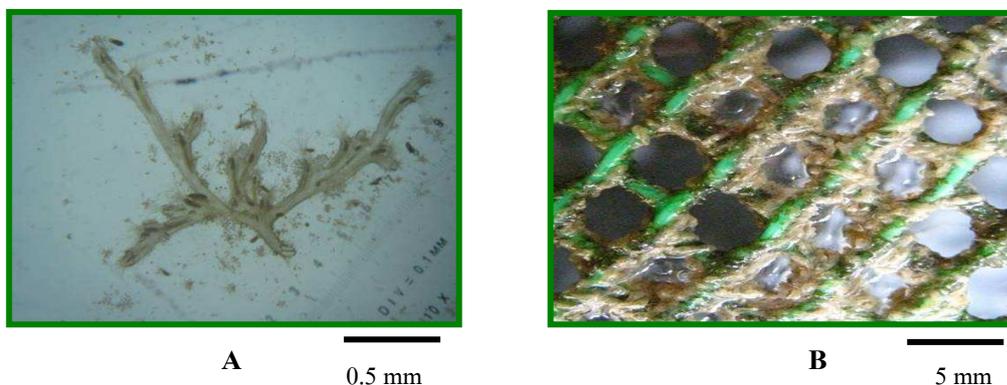
ลักษณะโดยทั่วไป: โคลอนีมีลักษณะเรียบติดแน่น ลักษณะท่อสั้น การแตกแขนงอย่างสมมาตร โซอิดจะหยักที่ขอบ และมีเส้นแบ่งเป็นร่องที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โคลอนีแบนราบไปตามลักษณะของวัสดุที่ยึดเกาะ โคลอนีมีเปลือกหุ้มที่ดี โดยทั่วไปสามารถพบสเตโอบลาสต์ภายในท่ออย่างชัดเจน ส่วนปลายของโซอิดจะพบสีที่เข้มน้อยกว่าส่วนของโคลอนีที่พักตัว (โซอิดที่อายุมากกว่า) จำนวนหนวดของ *P. casmiana* มีจำนวน 30 เส้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามการปรับสีชั่วคราวจะเกิดขึ้นเสมอ ยกเว้นการค้นพบในประเทศไทย โคลอนีของ *P. casmiana* บางครั้งอาจจะพบความสกปรก และไม่เป็นระเบียบ โดยอาจจะมีโซอิดที่โค้งงอ ตั้งตรงขึ้นบ้าง ซึ่งเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ขอบ และร่องของโซอิดอาจจะไม่เด่นชัดมากนัก ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ลักษณะโคลอนีของ *P. casmiana*

Plumatella chulabhornae

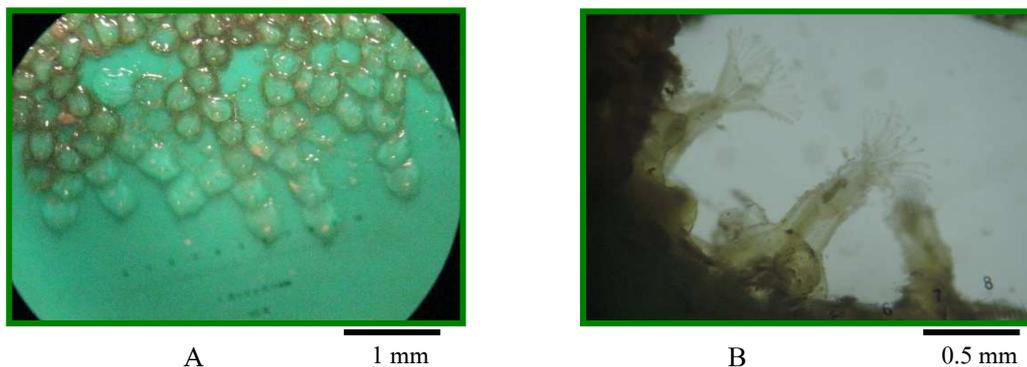
ลักษณะโดยทั่วไป: โคลอนีแตกแขนงแผ่ขยายออกไปอย่างกว้างตรงข้ามกับวัสดุด้วยแขนงที่มีความแข็งแรง บางครั้งแขนงจะประกบ ติดอัดแน่นซึ่งกันและกัน ectocyst โดยทั่วไปจะเรียบ ไม่มีสี และโปร่งแสง ไม่มีเส้นกั้น (raphe) ในโคลอนีที่อายุมาก มีสีค่อนข้างแดง หรือสีน้ำตาลอมแดง จะมีความโปร่งแสงเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลย ตอนปลายของโคลอนีมีลักษณะเหมือนกัน มีสีน้ำตาลเหลือง (ภาพที่ 18) *P. chulabhornae* มักพบในแหล่งน้ำที่นิ่งสงบ



ภาพที่ 18 ลักษณะโคโลนีของ *P. chulabhornae*

Hislopia malayensis

ลักษณะโดยทั่วไป: โคโลนีมีลักษณะแบนราบ และประกบติดอยู่กับวัสดุ โซอิดยึดติดอัดแน่นอยู่ในพื้นที่ตรงกลางโคโลนี บริเวณส่วนปลายจะมีการแตกหน่อ (active budding) อยู่ด้านนอก โดยรอบ โคโลนีที่มีอายุน้อย (young colonies) จะมีโซอิดที่แตกออกเป็นเส้นยาว โดยจะแผ่ขยายรัศมีออกจากจุดกึ่งกลาง ไปยังพื้นที่ว่างระหว่างเส้นหลัก และไปยังส่วนปลายที่เพิ่มจำนวนโซอิดขึ้น โซอิด มีลักษณะที่แบนมาก และมีรูปรี หรือรูปทรงไข่แผ่ขยายออก ครอบคลุมพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ระหว่างโซอิดลูก (daughter zooids) โซอิดแรกที่พัฒนามาจากสเตโต بلاสต์ หรือ larva ที่เรียกว่า แอนเซลทรูลา (ancestrula) ยาวประมาณ 850 ไมโครเมตร กว้าง 300 ไมโครเมตร *H. malayensis* มีหนวด 16 เส้น โดยหน่อใหม่ที่แตกออกมาจะมีรูปร่างแคบ และจะค่อย ๆ แผ่ขยายออกไปยังส่วนปลาย การขยายออกครั้งนี้ จะเป็นการเคลื่อนที่ที่เตรียมจากโซอิดต้นกำเนิด (parental zooid) ในส่วนปลายที่ขยายตัวเป็นลักษณะเฉพาะ และเป็นความแตกต่างของ *H. malayensis* จาก *Hislopia* สายพันธุ์อื่น ๆ ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ลักษณะโคโลนีของ *H. malayensis* (A) โคโลนีส่วนปลายมีการแตกหน่อ (B) ลักษณะโพลีพอร์ทรงกลม

2. การตอบสนองของไบรโอซัวน้ำจืดในสถานะต่าง ๆ

2.1 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำตามธรรมชาติ ของไบรโอซัวน้ำจืด

การเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืดขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของคุณภาพน้ำซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด ปริมาณไนเตรต และปริมาณฟอสเฟต จากการตรวจวัดในภาคสนามและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ คุณภาพน้ำของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีอุณหภูมิในช่วง 25 - 33 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.15 - 8.28 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 4.59 - 5.73 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของไนเตรต และฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.038 - 0.130 และ 0.043 - 0.047 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wood *et al.* (2547) เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำของ *Hislopia* spp. และดัชนีนี้มีผลต่อช่วงการเจริญเติบโต และช่วงการตายของ *Hislopia* spp.

คุณภาพน้ำที่ตรวจวัด และวิเคราะห์ในระหว่างการแขวนแผ่นตาข่ายพลาสติกไว้ที่ความลึกประมาณ 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ในระยะเวลาการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืด

พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำ	ค่าที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ (หน่วย)
อุณหภูมิน้ำ (temperature)	30.40 ± 0.60 (°C)
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	8.83 ± 0.04
ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity)	1.64 ± 0.10 (mS)
ค่าความเค็ม (salinity)	0.74 ± 0.03 (ppt)
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (dissolved oxygen)	6.96 ± 0.65 (mg/l)
TDS (total dissolved solids)	0.96 ± 0.04 (g/l)
ความกระด้าง (hardness)	306.33 ± 21.47 (mg/l)
ความเป็นด่าง (alkalinity)	140.17 ± 2.18 (mg/l)
ไนเตรต (nitrate)	0.04 ± 0.02 (mg/l)
ฟอสเฟต orthophosphate phosphorous	0.01 ± 0.01 (mg/l)
total phosphate phosphorous	0.05 ± 0.00 (mg/l)

2.2 การทดสอบไบรโอซัวน้ำจืดกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรตและฟอสเฟต

ความเข้มข้นเริ่มต้นของไนเตรต และฟอสเฟต ถึงแม้จะแตกต่างกันในวันที่ 1 แต่เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 วัน ความแตกต่างนั้นเริ่มไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตในระบบจำลองของทุกชุดการทดลอง โดยมีแนวโน้มที่ความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 21 และ 22) เมื่อนำน้ำตัวอย่าง และโคลินีบางส่วนมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า ระยะเวลา 2 วันแรกมีการตายของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอน และภายในกระเพาะของไบรโอซัวมีอาหารค่อนข้างน้อย เมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 วัน ไบรโอซัวน้ำจืดเริ่มตายที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต มีค่าเท่ากับ 4.01 และ 0.36 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อระยะเวลาผ่านไป 9 วัน ไบรโอซัวน้ำจืดสายพันธุ์ *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ตายทั้งหมดในทุกชุดการทดลองที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต มีค่าเท่ากับ 7.00 และ 0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 14 ยังพบโซอิดของ *H. malayensis* บางโซอิดสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ถึงแม้จะมีจำนวนที่น้อยมาก แสดงให้เห็นการตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างชนิดของไบรโอซัวน้ำจืด อย่างไรก็ตาม การที่ความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต

สูงขึ้นนั้นจะเป็นสาเหตุโดยตรง หรือเป็นผลกระทบทางอ้อมสู่ระบบที่อาศัย และแหล่งอาหารของ ไบรโอชีวน้ำจืดหรือไม่นั้น จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยอื่นเพื่อยืนยัน ทั้งนี้พารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเค็ม ค่าของแข็งละลายทั้งหมด ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิ อยู่ในช่วงที่ไบรโอชีวน้ำจืดสามารถดำรงชีวิตได้ ในธรรมชาติตามตารางที่ 2

ตารางที่ 3 การอยู่รอดของไบรโอชีวน้ำจืดกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และ ฟอสเฟต

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l)		ความเข้มข้นที่ไบรโอชีวน้ำจืดเริ่มตาย (3 วัน) (mg/l)		ความเข้มข้นที่ไบรโอชีวน้ำจืดตายหมด (9 วัน) (mg/l) (ยกเว้น <i>H. malayensis</i>)	
	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ไนเตรต	ฟอสเฟต
	1 (ชุดควบคุม)	0.10	0.05	4.39	0.35	7.43
2	0.10	0.15	4.74	0.36	6.39	0.73
3	0.15	0.25	3.67	0.37	7.18	0.66
4	0.15	0.35	3.35	0.36	7.01	0.66

หมายเหตุ การเตรียมไบรโอชีวน้ำจืดในการทดลองให้มีจำนวนเท่า ๆ กันทุกชุดการทดลองอาศัยระดับของความหนาแน่น 3 ระดับคือ มาก ปานกลาง และน้อยจากข้อมูลในตารางที่ 1 โดยแต่ละระดับของความหนาแน่นมีไซลิกของไบรโอชีวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ การเตรียมเป็นหน่วยของพื้นที่ของแผ่นตาข่ายพลาสติกดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอชีวน้ำจืดประมาณ 92,804 ไซลิกต่อพื้นที่ 337.47 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอชีวน้ำจืดประมาณ 588,395 ไซลิกต่อพื้นที่ 2,815.91 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอชีวน้ำจืดประมาณ 14,954 ไซลิกต่อพื้นที่ 210.62 ตารางเซนติเมตร

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอชีวน้ำจืดประมาณ 422,647 ไซลิกต่อพื้นที่ 1,536.9 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอชีวน้ำจืดประมาณ 380,022 ไซลิกต่อ

พื้นที่ 1,818.29 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอซัวประมาณ 625 โซอิดต่อพื้นที่ 8.81 ตารางเซนติเมตร

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอซัวประมาณ 174,468 โซอิดต่อพื้นที่ 634.43 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอซัวประมาณ 513,790 โซอิดต่อพื้นที่ 2,458.33 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอซัวประมาณ 19,282 โซอิดต่อพื้นที่ 271.58 ตารางเซนติเมตร

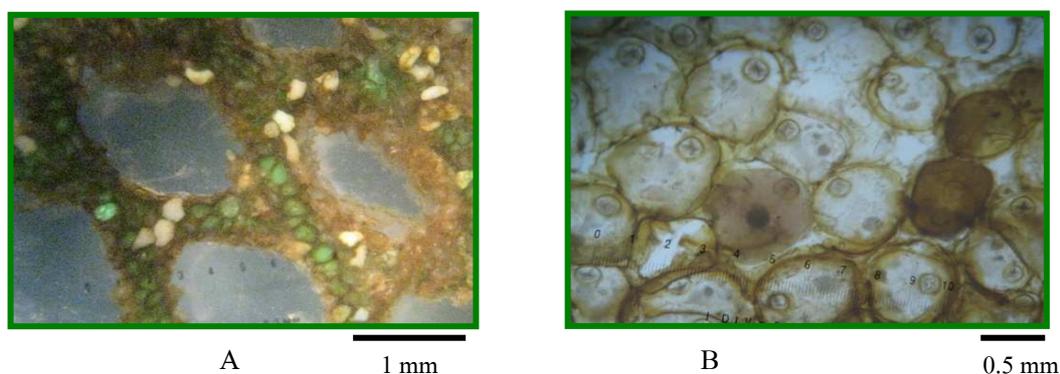
ชุดการทดลองที่ 4 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอซัวประมาณ 140,063 โซอิดต่อพื้นที่ 509.32 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอซัวประมาณ 555,785 โซอิดต่อพื้นที่ 2,659.26 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอซัวประมาณ 13,874 โซอิดต่อพื้นที่ 195.42 ตารางเซนติเมตร

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตที่ส่งผลกระทบต่อการอยู่รอดของไบรโอซัวน้ำจืด 3 สายพันธุ์

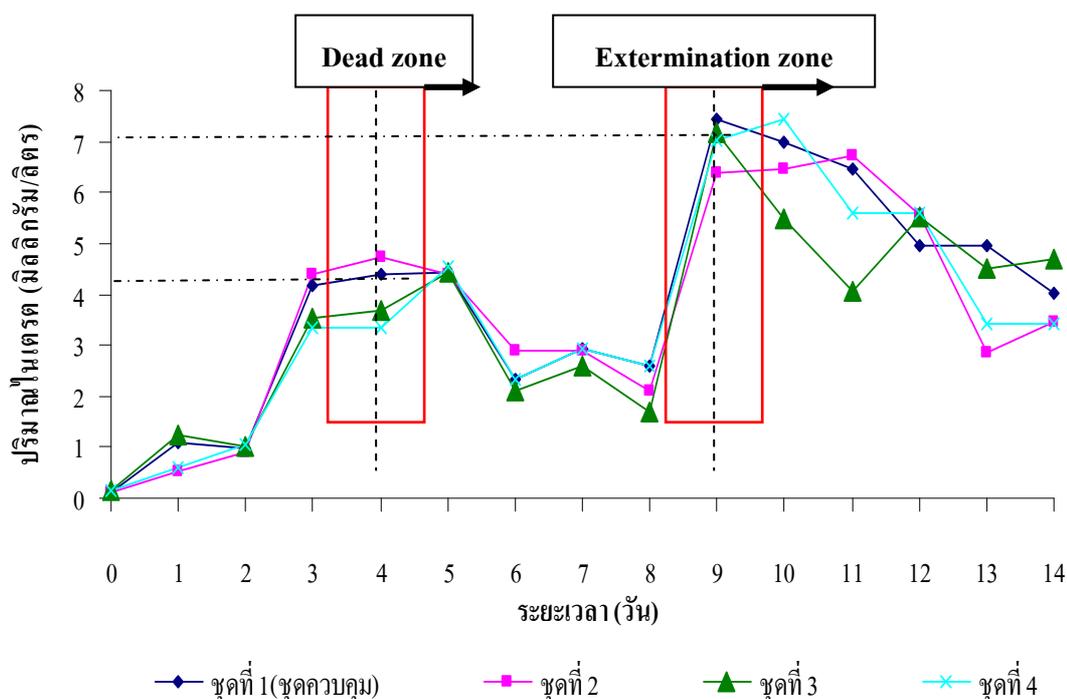
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเริ่มต้น (mg/l) (ระยะเวลา 0 – 2 วัน)		ไบรโอซัวเริ่มตาย เฉลี่ยความ เข้มข้น (mg/l) (ระยะเวลา 3 – 8 วัน)		ไบรโอซัวตายหมดเฉลี่ยความ เข้มข้น (mg/l) (ระยะเวลา 9 – 14 วัน) (ยกเว้น <i>H. malayensis</i>)	
ไนเตรต	ฟอสเฟต	ไนเตรต	ฟอสเฟต	ไนเตรต	ฟอสเฟต
0.65±0.12	0.19±0.02	3.30±0.67	0.49±0.10	5.42±1.10	0.75±0.15

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต ระยะเวลาที่ไบรโอซัวอาศัยอยู่ในน้ำที่ปนเปื้อนด้วยไนเตรต และฟอสเฟตนั้น ส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยระยะเวลา 2 วันแรกของการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตเท่ากับ 0.65±0.12 และ 0.19±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ไบรโอซัวทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โลโฟฟอร์ยังเคลื่อนที่ออกมาจากโซอิด ช่วงเวลาวันที่ 3 ถึงวันที่ 8 ของการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต เท่ากับ 3.30±0.67 และ 0.49±0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่าไบรโอซัวทั้ง 3 สายพันธุ์ เริ่มตายโลโฟฟอร์ถูกเก็บไว้ภายในโซอิด โดยเฉพาะ

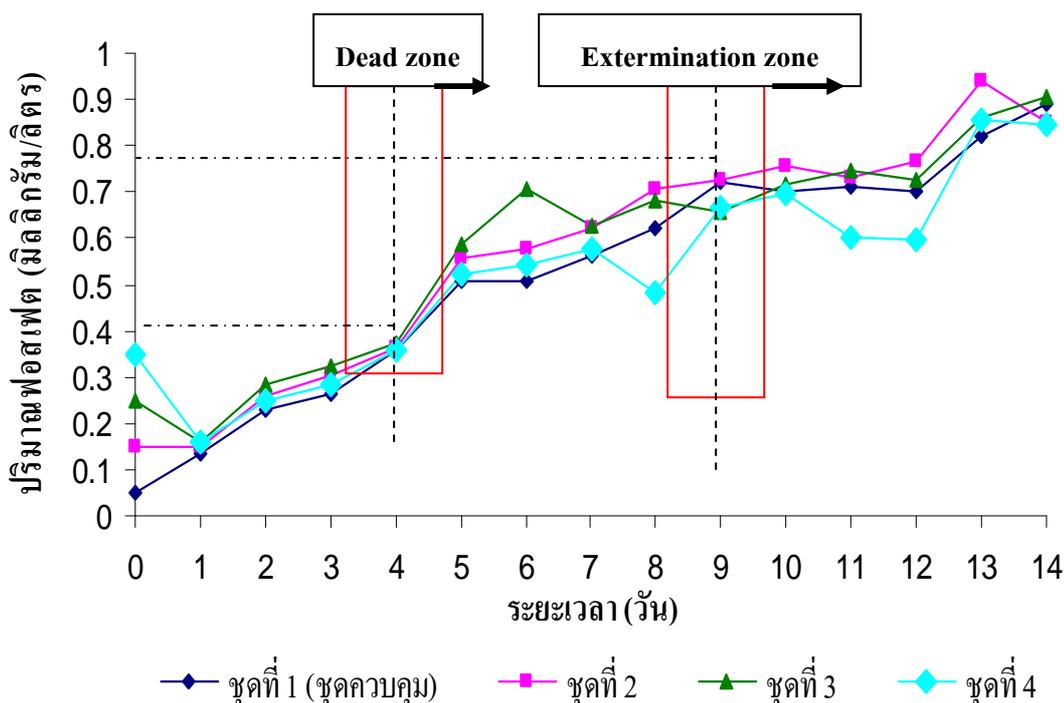
H. malayensis ช่องเปิดของไลโฟพอร์ปิดสนิท ส่วน *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ไชอิดเหลือเพียงโครงร่างภายนอกที่มีลักษณะคล้ายท่อเปิด และมีบางส่วนย่อยสลายไป และช่วงวันที่ 9 ถึงวันที่ 14 ของการทดลองมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต เท่ากับ 5.42 ± 1.10 และ 0.75 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (ตารางที่ 4) พบว่า *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ตายหมด โครงร่างย่อยสลายไปเป็นส่วนมาก ส่วน *H. malayensis* โครงร่างส่วนใหญ่ยังสามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่ไชอิดปิดสนิท และมีสีขาว (ภาพที่ 20) มีเพียงบางไชอิดที่ไลโฟพอร์สามารถเคลื่อนที่ออกมานอกไชอิด และในบางไชอิดที่ปิดสนิทยังสังเกตเห็นการเคลื่อนที่ของอวัยวะภายใน



ภาพที่ 20 ลักษณะของไบรโอซัวน้ำจืดหลังการทดลอง (A) และ (B) โคโลนิของ *H. malayensis*



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรตกับการอยู่รอดของไบรโอซัวน้ำจืด



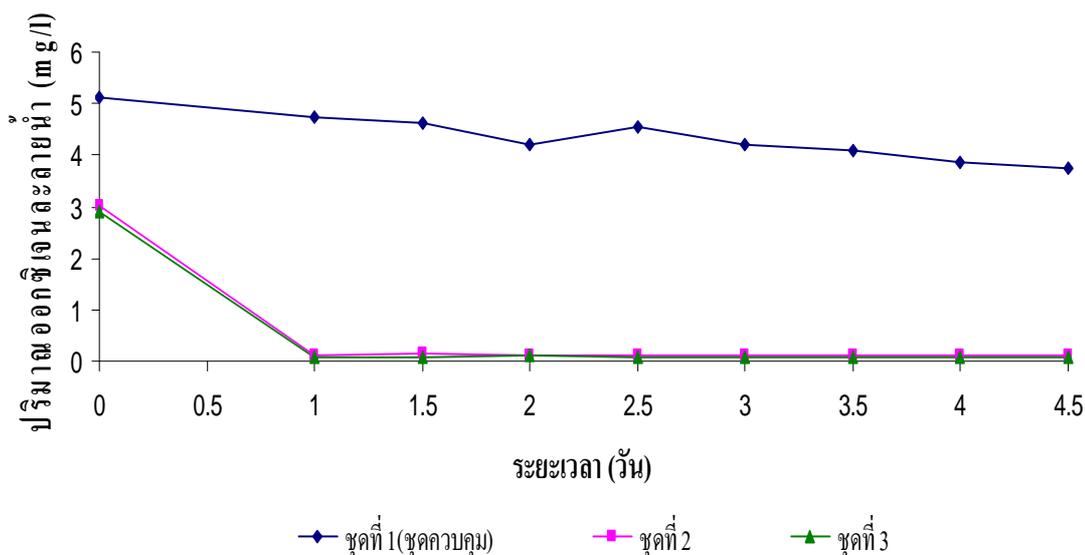
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตกับการอยู่รอดของไบรโอซัวน้ำจืด

การทดสอบไบรโอซัวน้ำจืดกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต พบว่าไบรโอซัวน้ำจืดมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน ไบรโอซัวน้ำจืดสายพันธุ์ *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ตายทุกชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองยังพบ *H. malayensis* บางโซอิดสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างของไบรโอซัวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ ซึ่งจัดอยู่ใน 2 Class ซึ่ง *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* อยู่ใน Class Phylactolaemata โคลินีประกอบด้วยสารโคติน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 21 และ 22) จะส่งผลกระทบต่อโซอิดได้ง่าย แม้ว่า *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* จะป้องกันโดยการหดโลโฟฟอร์เข้าไปภายในโซอิด ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นได้ ในขณะที่ *H. malayensis* จัดอยู่ใน Class Gymnolaemata ซึ่งมีโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนตอยู่มีลักษณะคล้ายเปลือกหุ้ม ที่มีความแข็งแรง เมื่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม *H. malayensis* สามารถหดโลโฟฟอร์เข้าไปภายในโซอิด และดำรงชีวิตอยู่ภายในโซอิดได้ช่วงเวลานึง ทำให้ *H. malayensis* สามารถอยู่รอดได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตเพิ่มขึ้น ซึ่งแต่ละโซอิดก็มีความทนทานที่ต่างกัน จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของไบรโอซัวที่แตกต่างกัน มีผลต่อการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด ในสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้

3. ความต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด

3.1 น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

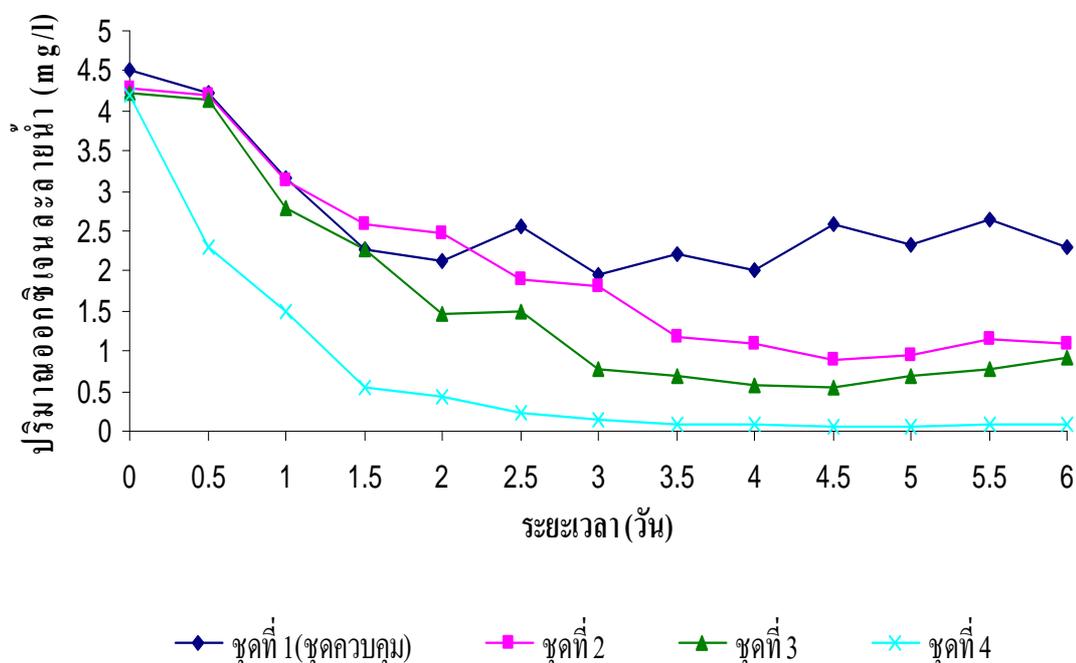
นำน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาทดลองเลี้ยงไบรโอซัวน้ำจืด พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในชุดควบคุมที่ไม่มีแผ่นตาข่ายไบรโอซัว จากค่าเริ่มต้น 5.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือ 3.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลงอย่างรวดเร็วในชุดที่ 2 และ 3 จาก 3.01 และ 2.92 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าลดลงเหลือ 0.10 และ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันแรกของการทดลอง ซึ่งมีแผ่นตาข่ายไบรโอซัวอยู่ 4 และ 6 แผ่น ตามลำดับ ไบรโอซัวมีความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมาก ในการดำรงชีวิต เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีแผ่นตาข่ายไบรโอซัวอาศัยอยู่ (ภาพที่ 23) ซึ่งในชุดที่ 1 มีเฉพาะสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอน แนวน้ำมีค่าออกซิเจนละลายลดลงอย่างช้า ๆ ส่วนชุดที่ 2 และ 3 พบว่า *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ตายในวันที่ 1 ของการทดลอง โดยไบรโอซัวทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีการเคลื่อนที่ของส่วนโลโฟฟอร์ ออกมานอกโซอิด ส่วน *H. malayensis* พบว่ามีบางโซอิดยังสามารถยื่นส่วนโลโฟฟอร์ออกมานอกโซอิด แต่โซอิดของ *H. malayensis* ส่วนใหญ่จะปิดสนิท เมื่อการทดลองผ่านไปถึงวันที่สาม เริ่มมีลักษณะฝ้าเกาะกลุ่มกันอยู่บริเวณผิวหนังหน้าของน้ำ เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กพวกพารามีเซียม และน้ำเริ่มมีกลิ่นเหม็น เนื่องจากการย่อยสลายของโซอิดไบรโอซัว



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่มีไบรโอซัว

3.2 ผลการใช้น้ำประปา

การนำไบรโอซัวน้ำจืดทั้งสามสายพันธุ์ คือ *H. malayensis*, *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* มาเลี้ยงในน้ำประปาที่ทิ้งไว้นาน 5 วัน พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะลดลงมาก ในชุดการทดลองที่มีจำนวนแผ่นตาข่ายไบรโอซัวมากที่สุด คือ 6 แผ่น ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเริ่มต้น คือ 4.27, 4.23 และ 4.20 มิลลิกรัมต่อลิตร วันที่ 6 ของการทดลองพบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลงเหลือ 1.09, 0.91 และ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในขณะที่ชุดที่ 1 (ชุดควบคุม) มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเริ่มต้น คือ 4.50 มิลลิกรัมต่อลิตร วันที่ 6 ของการทดลองมีค่าลดลง เหลือ 2.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 3 ของการทดลองในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 พบว่าไบรโอซัว *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ตาย โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของส่วนโลโฟพอร์ออกมานอกโซอิด ส่วน *H. malayensis* มีบางโซอิดที่มีการเคลื่อนที่ของโลโฟพอร์ แต่โซอิดส่วนใหญ่จะปิดสนิท เนื่องจากสภาวะไม่เหมาะสม คือปริมาณออกซิเจนต่ำ และในการทดลองไม่มีอาหาร (กลุ่มแพลงก์ตอน) ให้กับไบรโอซัวในการดำรงชีวิต ดังแสดงในภาพที่ 24

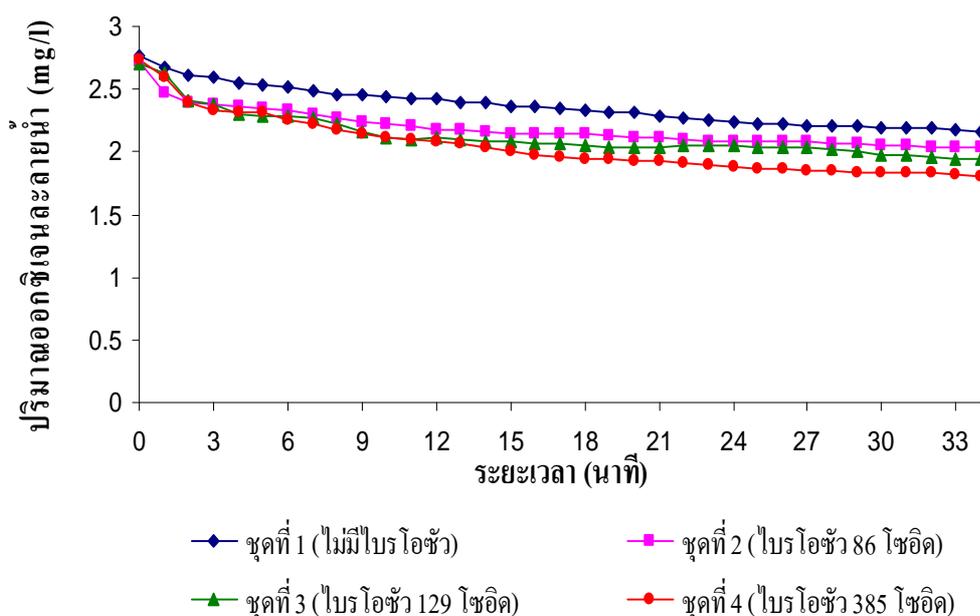


ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนในน้ำประปา ที่มีแผ่นตาข่ายของไบรโอซัวน้ำจืด

3.3 ความต้องการออกซิเจนของจำนวนโซอิดไบรโอซัว *P. chulabhornae* ในน้ำประปา

จากการนำโซอิดของไบรโอซัวน้ำจืด คือ *P. chulabhornae* ที่ขยายพันธุ์บนจานเพาะเชื้อแก้ว โดยจำนวนโซอิดที่ใช้ในการทดลองขึ้นอยู่กับการมายึดเกาะของ *P. chulabhornae* ซึ่งจำนวนโซอิดเท่ากับ 86, 129 และ 385 โซอิด เปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่มีโซอิดของ *P. chulabhornae* พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลง และพบว่าชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งมีจำนวนโซอิด *P. chulabhornae* เท่ากับ 385 โซอิด มีค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3, 2 และชุดการทดลองที่ 1 เมื่อระยะเวลาผ่านไป 34 นาที ดังแสดงในภาพที่ 25

เมื่อนำผลการทดลองความต้องการออกซิเจนของจำนวนโซอิด *P. chulabhornae* วิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงให้เห็นว่า จำนวนโซอิดของไบรโอซัวที่มีจำนวนน้อย จะมีความต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตน้อย โดยความต้องการออกซิเจนจะแปรผันตามจำนวนโซอิด หากใช้ไบรโอซัวจำนวนมาก ย่อมส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำให้มีค่าลดลงได้ ดังการทดลอง 3.1 และ 3.2



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำกับจำนวนโซอิดของ *P. chulabhornae*

จากการทดลองจะเห็นว่า ไบรโอซัวน้ำจืด มีความต้องการออกซิเจนค่อนข้างมาก ในการดำรงชีวิต สอดคล้องกับ Wood *et al.* (2548) พบว่า ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ หากมีค่าน้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไบรโอซัวส่วนมากจะตาย ดังนั้นจึงสามารถนำไบรโอซัวน้ำจืดไปใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าลดลง โดยสังเกตจากการตายของไบรโอซัวน้ำจืดได้

การทดลองความต้องการออกซิเจนของไบรโอซัวน้ำจืด พบว่าในการเลี้ยงไบรโอซัวโดยใช้ น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ไบรโอซัวสามารถขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี รวมทั้งมีสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนอาศัยอยู่ด้วย เมื่อนำน้ำดังกล่าวมาทดลองความต้องการออกซิเจนกับไบรโอซัวในชุดการทดลองที่ 1 ที่ไม่มีไบรโอซัว ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดการทดลอง ซึ่งเกิดจากความต้องการใช้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนออกซิเจน ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่วันแรกของการทดลอง และพบการตายของไบรโอซัวทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยไบรโอซัวเริ่มตาย เมื่อปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากส่วนของโลโฟฟอร์ไม่เคลื่อนที่ออกมาจากโซอิด รวมทั้งอวัยวะภายในโซอิดไม่เคลื่อนที่

การเลี้ยงไบรโอซัวในน้ำประปา ซึ่งไม่มีกลุ่มแพลงก์ตอน พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามจำนวนแผ่นตาข่ายที่มีอยู่ในแต่ละชุดการทดลอง ในวันแรกของการทดลองไบรโอซัว ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีการเคลื่อนไหวของโลโฟฟอร์ได้ดี วันที่สามของการทดลอง สังเกตเห็นว่าไบรโอซัวสายพันธุ์ *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ส่วนของโลโฟฟอร์ไม่เคลื่อนที่ออกมาจากโซอิด และในสายพันธุ์ *H. malayensis* พบว่าโซอิดปิดสนิท เมื่อค่าออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลง ซึ่งลักษณะเช่นนี้ บ่งบอกถึงการตายของไบรโอซัว ในสถานะที่ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง และไม่มีอาหารในการดำรงชีวิต

การเลือกใช้ไบรโอซัวมาใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำนั้น ต้องเลือกใช้สายพันธุ์ และจำนวนไบรโอซัวที่เหมาะสม รวมทั้งต้องพิจารณาถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ ด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง อันจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ไบรโอซัวน้ำจืดสามารถยึดเกาะ และเจริญเติบโตบนแผ่นตาข่ายพลาสติกได้ดีกว่าแผ่นตาข่ายอะลูมิเนียม เมื่อแขวนแผ่นตาข่ายพลาสติกไว้ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีโคโลนิ์ของไบรโอซัวน้ำจืดมายึดเกาะ และแตกแขนงแผ่กระจายไปทั่วแผ่นตาข่ายพลาสติก แต่มีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ มาก ปานกลาง และน้อย โดยสัปดาห์ที่ 1-3 ไบรโอซัวน้ำจืดขยายพันธุ์อย่างช้า ๆ และเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 4-5 ไบรโอซัวขยายพันธุ์ และเจริญเติบโตเร็วขึ้น สัปดาห์ที่ 6-8 ขนาดของโคโลนิ์เพิ่มไม่มากนัก โซนเริ่มต้นของไบรโอซัวเกิดช่องว่าง เนื่องจากการตาย และเสื่อมสลายของโซนิดที่มีอายุมาก ซึ่งการเจริญเติบโตตามธรรมชาติของไบรโอซัวในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด ปริมาณไนเตรต และปริมาณฟอสเฟต หากค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของไบรโอซัวน้ำจืด โดยจากการศึกษาการตอบสนองของไบรโอซัวน้ำจืด 3 สายพันธุ์ คือ *H. malayensis*, *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ในสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต พบว่า *H. malayensis* มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต ได้ดีกว่า *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* แต่ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีเขตเริ่มตาย (dead zone) ใกล้เคียงกัน ต่างกันที่เขตสูญพันธุ์ (extermination zone) ของ *H. malayensis* สามารถอยู่รอดใน ขณะที่ *P. casmiana* และ *P. chulabhornae* ตายหมด ทั้งนี้พารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเค็ม ค่าของแข็งละลายทั้งหมด ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิ อยู่ในช่วงที่ไบรโอซัวน้ำจืดสามารถดำรงชีวิตได้ในธรรมชาติ

การนำไบรโอซัวน้ำจืดทั้ง 3 สายพันธุ์ มาใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณไนเตรต และฟอสเฟตในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนได้ โดยสามารถใช้ไบรโอซัวน้ำจืดสายพันธุ์ *H. malayensis* ร่วมกับสายพันธุ์ *P. casmiana* หรือ *P. chulabhornae* เนื่องจากมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตที่แตกต่างกัน

เมื่อทดลองนำไบรโอซัวสายพันธุ์ *P. chulabhornae* มาทดลองความต้องการออกซิเจน โดยใช้น้ำประปา พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ ในระยะเวลา 34 นาที โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ลดลง จะขึ้นอยู่กับจำนวนโซอิดที่ต่างกัน ซึ่งค่าออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงตามจำนวนโซอิดที่มีมากขึ้น ในระยะเวลา 34 นาที สังเกตเห็นส่วนของไลโฟฟอร์ของ *P. chulabhornae* ยังสามารถเคลื่อนที่ออกมาออกซิเจนได้ และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในทุกชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ไบรโอซัวน้ำจืด นอกจากมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณไนเตรตและฟอสเฟตแล้ว ยังเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความต้องการออกซิเจนละลายน้ำในการดำรงชีวิต ดังนั้นการนำไบรโอซัวน้ำจืดมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางชีวภาพในแหล่งน้ำได้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงสภาวะแวดล้อมของแหล่งน้ำ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ ซึ่งการเลือกใช้ไบรโอซัวน้ำจืดมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำนั้น ต้องคำนึงถึงระยะเวลาของการเลี้ยง และจำนวนของไบรโอซัวที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ และผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการใช้ไบรโอซัวน้ำจืดเป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำได้

ข้อเสนอแนะ

การนำไบรโอซัวน้ำจืดมาใช้เป็นวัตถุบ่งชี้ในการทดลองนั้น ต้องใช้ความรู้และความเข้าใจธรรมชาติของไบรโอซัวเป็นอย่างมาก เนื่องจากไบรโอซัวมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ดังนั้นขณะที่นำไบรโอซัวมาตรวจสอบ แต่ละครั้งต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมาก เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อโคโลนีได้ เช่น การตรวจสอบการเจริญเติบโตของไบรโอซัว ในแต่ละสัปดาห์ ต้องดำเนินการอย่างรวดเร็ว เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโต รวมทั้งการวัดพื้นที่ระดับความหนาแน่นของพื้นที่ที่ไบรโอซัวยึดเกาะบนแผ่นตาข่ายพลาสติก ต้องใช้ความระมัดระวังและความรวดเร็วในการวัด เพื่อไม่ให้ไบรโอซัวบอบช้ำ ก่อนที่จะนำไปทดสอบกับการเปลี่ยนแปลงในสถานะต่าง ๆ การตรวจนับจำนวนโซอิดของไบรโอซัว ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ต้องใช้ความรู้และความเข้าใจขอบเขตของแต่ละโซอิดของไบรโอซัวแต่ละสายพันธุ์ และความใจเย็นในการตรวจนับอย่างยิ่ง

ทั้งนี้การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของไบรโอซัวน้ำจืด และการนำไบรโอซัวน้ำจืดมาประยุกต์ใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ยังมีไม่มากนัก ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการศึกษา และการทำวิจัยเกี่ยวกับไบรโอซัวน้ำจืดให้มากยิ่งขึ้น เพื่อจะได้เป็นข้อมูลสำหรับการศึกษา และทำวิจัยต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณะกรรมการสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. 2545. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่

1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

ซัชพล ทรงสุนทรวงศ์. 2548. มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย ศุกดิษฐ์. 2547. สิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และการจัดการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. บ้านพิมพ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. 2551. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ.เอส. พรินติ้ง เฮ้า, กรุงเทพฯ.

นันทพร จารุพันธุ์. 2547. โพรโทซัวและจุลชีพสัตว์ในน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บพิช จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. 2546. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (แอนเนลิดา-โพรโตคอร). พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มันสิน ตันกุลเวศน์. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศิริเพ็ญ สุภัทราวิวัฒน์. 2550. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ตันชนะสฤณี. 2549. การพัฒนาใช้ไบรโอซัวเป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำ โดยการมีส่วนร่วมของประชาชนบริเวณลุ่มน้ำบางปะกง. วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 38(2): 203-235.

_____. 2549. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวัจน์ ธีรุต. 2549. มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุธิดา พิริยะการสกุล และพัฒนา อนุรักษพงษ์พร. 2549. การใช้ไบรโอโซนเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ ในการประเมินคุณภาพน้ำทิ้งหลังการบำบัดของอุตสาหกรรมฟอกย้อม. ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Wood, T., พัฒนา อนุรักษพงษ์พร, จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, ตุลวิทย์ สถาปนจารุ, รัชชา ชัยชนะ และณัฐวดี อินทร. 2547. คู่มือการใช้ไบรโอซัวน้ำจืดเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ เล่มที่1: ลุ่มน้ำแม่กลอง. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____, _____. ภัทรา เฟื่องธรรมกิริติ, รัชชา ชัยชนะ และณัฐวดี อินทร. 2548. คู่มือการใช้ไบรโอซัวน้ำจืดเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ เล่มที่2: ลุ่มน้ำบางปะกง. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Barnes, R.D. 1974. **Invertebrate Zoology**. W.B. Saunders Company, Ontario.

- Barnes, R.S.K., P. Calow, P.J.W.Olive, D.W.Golding and J.I.Spicer. 2001. **The Invertebrates A Synthesis**. 3rded. Blackwell Science Ltd., London.
- Bone, E.K. and M.J. Keough. 2005. Responses to damage in an arbrescent bryozoan: Effect of injury location. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 324: 127-140.
- Borrdale, L.A., F.A. Potts,L.E.S. Eastham and J.T. Saunder. 1958. **The Invertebrates: A Manual for the use of Students**. 3nd ed. The Syndics of the Cambridge University Press, Combria.
- Brusca, R. C. and G. J. Brusca. 2003. **Invertebrates**. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts.
- Elia, A.C., R.Galarini, A. J.M. Dorr and M.I. Taticchi. 2007. Heavy metal contamination and antioxidant response of a freshwater bryozoan (*Lophopus crystallinus* Pall., Phylactolaemata). **Ecotoxicology and Environmental Safety** 66: 188-194.
- Hickman, C. P., L.S. Roberts, A. Larson, H.I. Anson and D. J. Eisenhour. 2006. **Integrated Principle of Zoology**. 3rded. McGraw-Hill Companies, New York.
- _____, _____, S.L. Keen, A. Larson and D. J. Eisenhour. 2007. **Animal Diversity**. 4thed. McGraw-Hill Companies, New York.
- Lauer,T.E., D.K. Barnes., A. Ricciardi and A. Spacie. 1999. Evidence of recruitment inhibition of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) by a freshwater bryozoan (*Lophopodella carteri*). **The North American Benthological Society** 18(3): 406-413.
- Mundy, S.P. 1980. **A Key to the British and European Freshwater Bryozoans**. Freshwater Biological Association, Cambria.

- Pechenik, J.A. 2005. **Biology of the Invertebrates**. 5th ed. McGraw-Hill Companies, New York.
- Ruppert, E. E., R.S. Fox and R.D. Barnes. 2004. **Invertebrates Zoology**. 7th ed. Saunders College Publishing, Tokyo.
- Rylan, J.S. 1970. **Bryozoans**. Hutchinson&Co (Publishers) LTD, London.
- Thorp, J. H. and A. P. Covich. 2001. **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. 2nd ed. Academic Press, A Harcourt Science and Technology company, California.
- Wood, T. 2005. Study methods for freshwater Bryozoans. **Denisia** 16: 103-110.
- _____, P. Anurakpongsaton and J. Mahujchariyawong. 2006. Freshwater Bryozoans of Thailand (Ectoprocta and Entoprocta). **The natural journal of Chulalongkorn University** 6(2): 83-119.
- _____, _____, R. Chaichana, J. Mahujchariyawong and T. Satapanajaru. 2006. Heavy predation on freshwater bryozoans by the Golden Apple Snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck, 1822 (Ampullaridae). **The natural journal of Chulalongkorn University** 6(1): 31-36.
- _____, and B. Okamura. 2005. **A New Key to the Freshwater Bryozoans of Britain, Ireland and Continental Europe, with notes on their ecology**, Freshwater Biological Association Scientific publication, Combria.
- _____, and T.G. Marh. 1999. Biofiling of wastewater treatment plants by the freshwater bryozoan, *Plumatella vaihiria* (Hastings, 1929). Elsevier Science Ltd. **Wat. Res.** 33(3): 609-614.

ภาคผนวก

การทดสอบไบรโอซัวน้ำจืดกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟต

การเตรียมไบรโอซัวน้ำจืด ทุกชุดการทดลองอาศัยระดับของความหนาแน่น 3 ระดับคือ มาก ปานกลาง และน้อย จากข้อมูลในตารางที่ 1 โดยแต่ละระดับของความหนาแน่นมีโซอิดของไบรโอซัวทั้ง 3 สายพันธุ์ การเตรียมเป็นหน่วยของพื้นที่ของแผ่นค้ำยพลาสติกดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอซัวประมาณ 92,804 โซอิดต่อพื้นที่ 337.47 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอซัวประมาณ 588,395 โซอิดต่อพื้นที่ 2,815.91 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอซัวประมาณ 14,954 โซอิดต่อพื้นที่ 210.62 ตารางเซนติเมตร

ตารางผนวกที่ 1 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ในชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)

ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	DO (mg/l)	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
0	30.2	0.6	0.770	1.280	4.82	8.73	0.1025	0.0551
1	27.0	0.6	0.774	1.235	4.22	8.43	1.1025	0.1322
2	26.9	0.6	0.780	1.245	4.26	8.42	0.9805	0.2303
3	26.2	0.6	0.787	1.238	4.18	8.36	4.1716	0.2651
4	27.4	0.6	0.795	1.279	4.44	8.36	4.3930	0.3567
5	27.7	0.6	0.803	1.299	4.37	8.33	4.4388	0.5099
6	27.3	0.6	0.813	1.306	4.27	8.37	2.3432	0.5094
7	26.8	0.6	0.817	1.299	4.93	8.32	2.9182	0.5629
8	26.3	0.6	0.821	1.295	4.65	8.51	2.5876	0.6201
9	25.0	0.6	0.828	1.275	5.12	8.55	7.4292	0.7224
10	24.3	0.6	0.837	1.270	5.27	8.62	6.9802	0.7036
11	24.0	0.6	0.846	1.275	5.54	8.67	6.4637	0.7114
12	23.7	0.6	0.854	1.282	5.22	8.65	4.9404	0.7025
13	24.8	0.7	0.865	1.327	5.14	8.61	4.9571	0.8208
14	26.5	0.7	0.877	1.388	4.43	8.69	4.0233	0.8892

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอฟีลประมาณ 422,647 โคจิดต่อพื้นที่ 1,536.9 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอฟีลประมาณ 380,022 โคจิดต่อพื้นที่ 1,818.29 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอฟีลประมาณ 625 โคจิดต่อพื้นที่ 8.81 ตารางเซนติเมตร

ตารางผนวกที่ 2 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรววัด และวิเคราะห์ในชุดที่ 2

ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	DO (mg/l)	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
0	30.1	0.6	0.771	1.284	5.08	8.66	0.0997	0.1369
1	26.7	0.6	0.773	1.227	4.37	8.15	0.5090	0.1492
2	26.9	0.6	0.780	1.244	4.32	8.27	0.9067	0.2603
3	25.9	0.6	0.786	1.230	4.50	8.25	4.4054	0.3018
4	27.1	0.6	0.792	1.268	4.30	8.24	4.7435	0.3613
5	27.2	0.6	0.799	1.281	4.50	8.21	4.3924	0.5562
6	26.9	0.6	0.806	1.284	4.54	8.27	2.8935	0.5786
7	26.5	0.6	0.820	1.298	4.35	8.14	2.8862	0.6237
8	26.0	0.6	0.819	1.285	4.84	8.30	2.1086	0.7045
9	24.7	0.6	0.820	1.263	4.90	8.31	6.3910	0.7277
10	24.1	0.6	0.834	1.260	5.17	8.43	6.4485	0.7553
11	23.7	0.6	0.842	1.264	5.06	8.53	6.7221	0.7298
12	23.5	0.7	0.849	1.269	5.12	8.53	5.5702	0.7678
13	24.6	0.7	0.862	1.316	4.17	8.37	2.8463	0.9414
14	26.2	0.7	0.873	1.373	4.89	8.50	3.4387	0.8512

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอซัวประมาณ 174.468 โซอิดต่อพื้นที่ 634.43 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอซัวประมาณ 513.790 โซอิดต่อพื้นที่ 2,458.33 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอซัวประมาณ 19,282 โซอิดต่อพื้นที่ 271.58 ตารางเซนติเมตร

ตารางผนวกที่ 3 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ในชุดที่ 3

ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	DO (mg/l)	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
0	30.1	0.6	0.768	1.278	4.92	8.58	0.1361	0.2794
1	26.5	0.6	0.772	1.222	3.90	8.08	1.2306	0.1575
2	26.8	0.6	0.778	1.237	4.95	8.25	1.0139	0.2845
3	25.8	0.6	0.783	1.222	4.52	8.16	3.5290	0.3256
4	26.9	0.6	0.790	1.259	4.43	8.23	3.6716	0.3710
5	27.2	0.6	0.799	1.281	4.50	8.21	4.4295	0.5859
6	26.9	0.6	0.806	1.284	4.54	8.27	2.1086	0.7045
7	26.3	0.6	0.815	1.285	4.54	8.10	2.6079	0.6276
8	25.8	0.6	0.814	1.272	4.83	8.26	1.7065	0.6795
9	24.6	0.6	0.820	1.252	5.20	8.30	7.1803	0.6576
10	23.9	0.6	0.828	1.248	5.15	8.48	5.4658	0.7155
11	23.6	0.6	0.835	1.251	4.97	8.45	4.0554	0.7465
12	23.4	0.6	0.842	1.256	5.36	8.55	5.5255	0.7277
13	24.4	0.7	0.854	1.299	5.12	8.45	4.5199	0.8607
14	26.0	0.7	0.864	1.355	5.04	8.45	4.6917	0.9055

ชุดการทดลองที่ 4 ระดับความหนาแน่นมาก มีไบรโอซัวประมาณ 140,063 โซอิดต่อพื้นที่ 509.32 ตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นปานกลาง มีไบรโอซัวประมาณ 555,785 โซอิดต่อพื้นที่ 2,659.26 ตารางเซนติเมตร และความหนาแน่นน้อย มีไบรโอซัวประมาณ 13,874 โซอิดต่อพื้นที่ 195.42 ตารางเซนติเมตร

ตารางผนวกที่ 4 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดและวิเคราะห์ในชุดที่ 4

ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	DO (mg/l)	pH	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
0	30.1	0.6	0.770	1.277	4.98	8.54	0.1773	0.3664
1	26.4	0.6	0.770	1.216	4.45	8.13	0.5975	0.1587
2	26.7	0.6	0.777	1.233	4.74	8.20	1.0571	0.2510
3	25.7	0.6	0.783	1.221	4.74	8.20	3.3326	0.2813
4	26.9	0.6	0.789	1.257	4.64	8.19	3.3507	0.3599
5	27.2	0.6	0.798	1.279	4.38	8.20	4.5268	0.5235
6	26.8	0.6	0.805	1.283	4.65	8.23	2.3432	0.5415
7	26.3	0.6	0.814	1.282	4.77	8.22	2.9182	0.5790
8	25.8	0.6	0.813	1.270	5.04	8.23	2.5876	0.4842
9	24.5	0.6	0.819	1.249	5.30	8.11	7.0067	0.6645
10	23.8	0.6	0.827	1.245	5.26	8.49	7.4366	0.6954
11	23.5	0.6	0.835	1.248	5.16	8.41	5.5781	0.5997
12	23.3	0.6	0.842	1.253	5.37	8.48	5.5822	0.5967
13	24.5	0.7	0.855	1.299	4.90	8.53	3.4056	0.8554
14	26.0	0.7	0.865	1.357	5.30	8.47	3.4305	0.8454

ความต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด

ความต้องการใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตของไบรโอซัวน้ำจืด โดยใช้น้ำจากบ่อเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ คณะประมง

ตารางผนวกที่ 5 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดชุดที่ 1 (ชุดควบคุม)

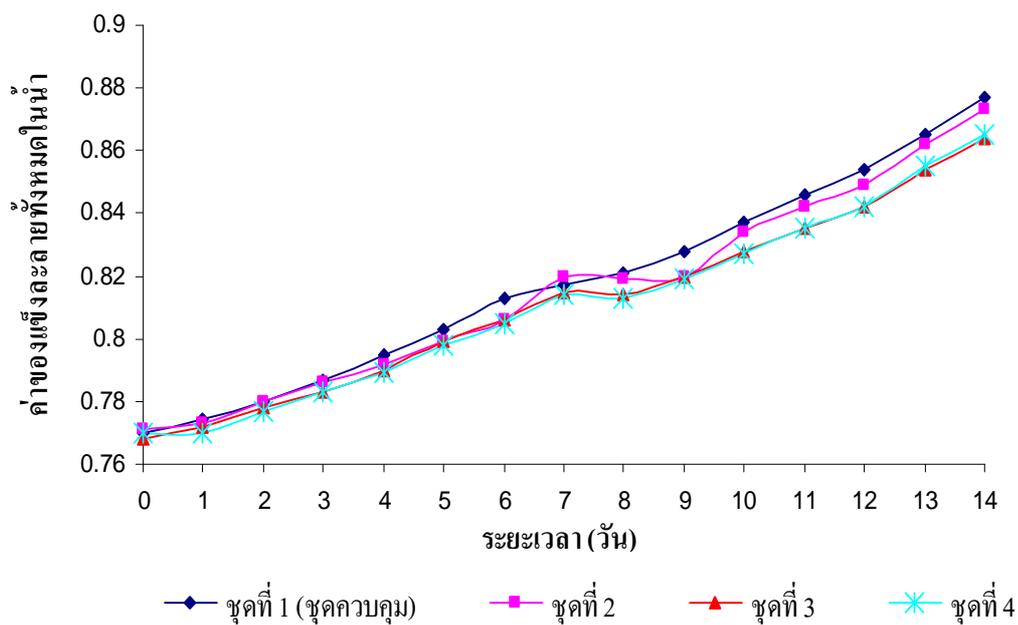
ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	pH	DO (mg/l)
0	30.3	0.7	0.892	1.512	8.52	5.12
1	27.2	0.7	0.890	1.428	8.23	4.75
1.5	27.7	0.7	0.893	1.446	7.97	4.63
2	26.9	0.7	0.898	1.432	8.02	4.22
2.5	28.4	0.7	0.907	1.484	7.95	4.55
3	27.7	0.7	0.908	1.470	8.05	4.20
3.5	28.3	0.7	0.911	1.488	7.94	4.09
4	27.3	0.7	0.913	1.464	7.78	3.85
4.5	28.5	0.7	0.921	1.510	7.82	3.74

ตารางผนวกที่ 6 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ชุดที่ 2

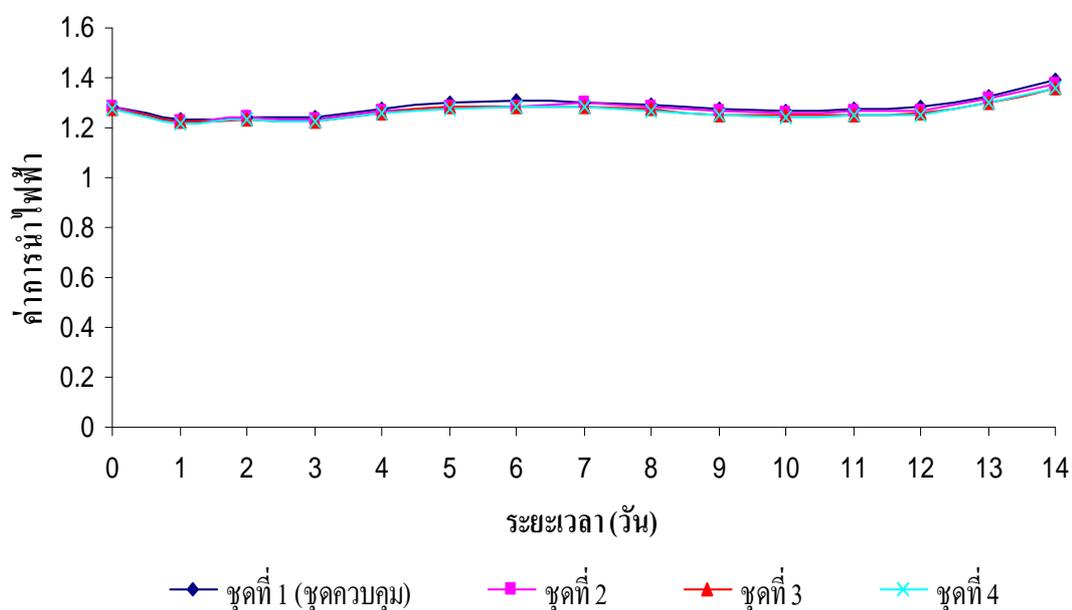
ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	pH	DO (mg/l)
0	30.3	0.7	0.894	1.513	8.33	3.01
1	27.2	0.7	0.906	1.452	7.68	0.12
1.5	27.6	0.7	0.910	1.470	7.53	0.14
2	29.6	0.7	0.926	1.476	7.63	0.12
2.5	28.2	0.7	0.935	1.526	7.48	0.12
3	27.7	0.7	0.946	1.530	7.50	0.10
3.5	28.2	0.7	0.945	1.541	7.44	0.10
4	27.2	0.7	0.950	1.523	7.41	0.10
4.5	28.3	0.7	0.951	1.554	7.37	0.10

ตารางผนวกที่ 7 พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ชุดที่ 3

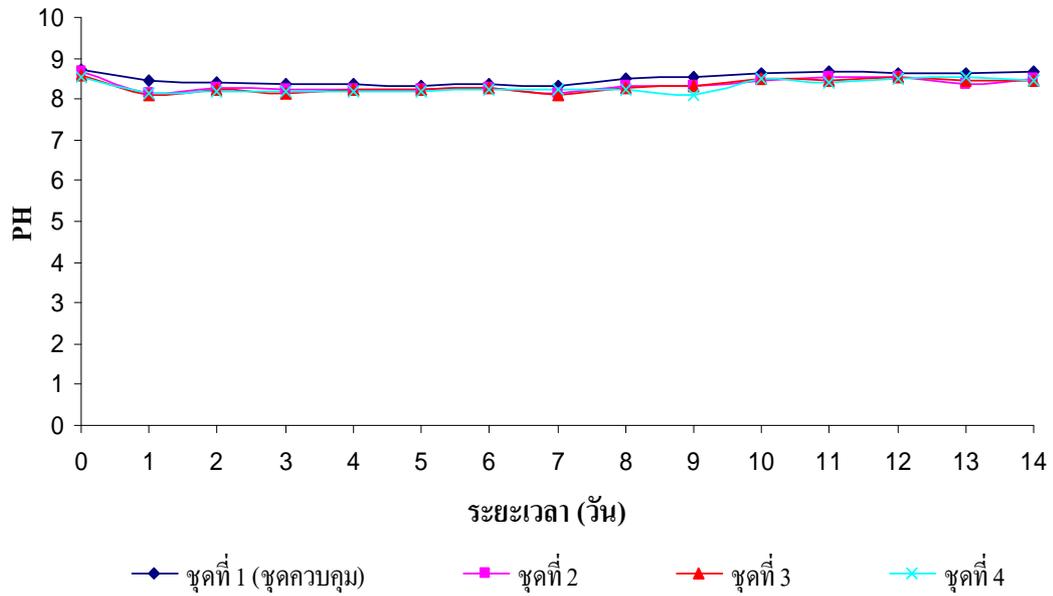
ระยะเวลา (วัน)	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	TDS (g/l)	Conductivity (mS)	pH	DO (mg/l)
0	30.1	0.7	0.895	1.512	8.12	2.92
1	27.3	0.7	0.910	1.463	7.62	0.07
1.5	27.8	0.7	0.917	1.486	7.30	0.09
2	27.0	0.7	0.937	1.497	7.48	0.10
2.5	28.4	0.7	0.947	1.553	7.34	0.08
3	27.9	0.7	0.960	1.557	7.34	0.08
3.5	28.3	0.7	0.960	1.570	7.32	0.07
4	27.4	0.7	0.969	1.559	7.28	0.07
4.5	28.6	0.7	0.977	1.607	7.27	0.07



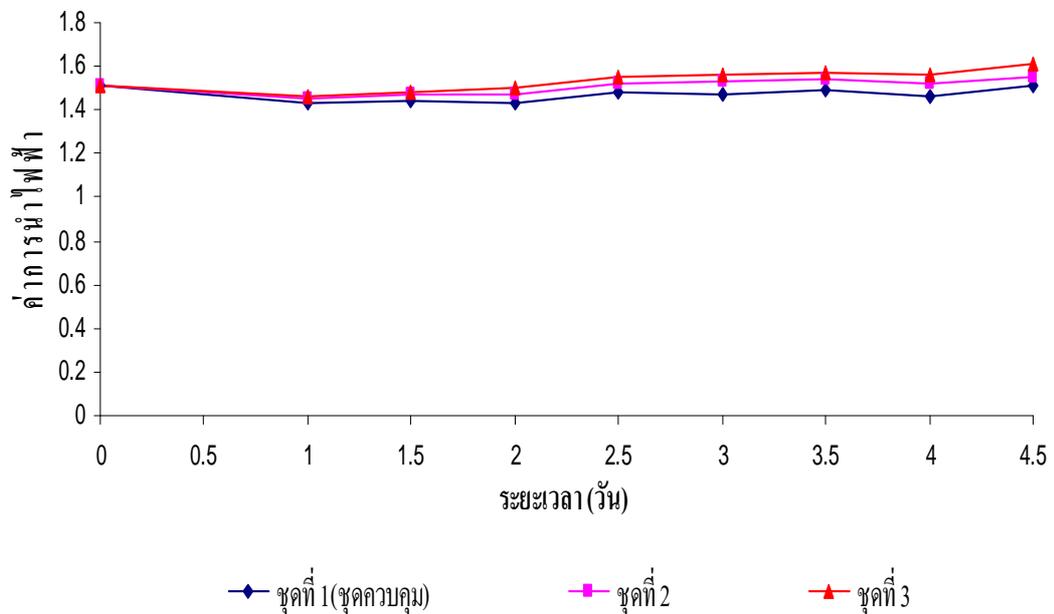
ภาพผนวกที่ 1 ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และ ฟอสเฟตกับการอยู่รอดของไบรโอชีวน้ำจืด



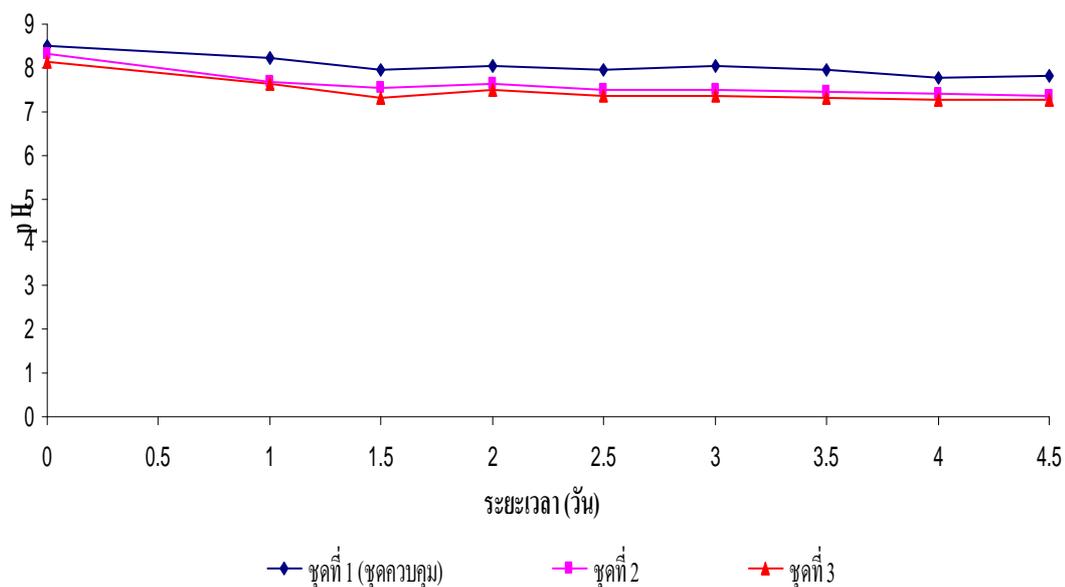
ภาพผนวกที่ 2 การนำไฟฟ้าขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และฟอสเฟตกับการอยู่รอดของไบรโอชีวน้ำจืด



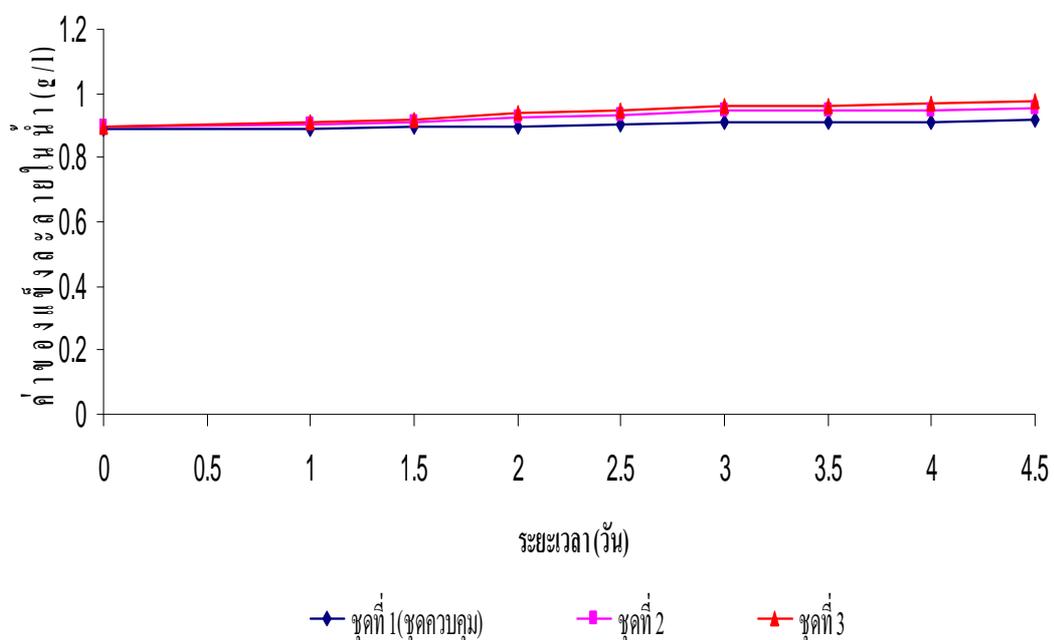
ภาพผนวกที่ 3 ความเป็นกรดเป็นด่าง ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรต และ ฟอสเฟตกับการอยู่รอดของไบรโอซัวน้ำจืด



ภาพผนวกที่ 4 การนำไฟฟ้าของน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ขณะที่ทำการทดลองความต้องการออกซิเจนของไบรโอซัวน้ำจืด



ภาพผนวกที่ 5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ขณะทำการทดลองความต้องการออกซิเจนของไบรโอสวันน้ำจืด



ภาพผนวกที่ 6 ปริมาณของแก๊สละลายในน้ำของน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ขณะทำการทดลองความต้องการออกซิเจนของไบรโอสวันน้ำจืด

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุดาทิพย์ แสนสุภา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	9 พฤศจิกายน 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดนครพนม
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(ชีววิทยาประยุกต์) สถาบันราชภัฏสกลนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ สาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนสนับสนุนและพัฒนานุเคราะห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และ ศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ไทย (BRT)