



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตรการประมง

สาขา

ชีววิทยาประมง

ภาควิชา

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยง กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) และในห้องปฏิบัติการ

Factors Affecting the Growth of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus, in

Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Ponds and Laboratory Conditions

นามผู้วิจัย นางสาวชนิดา เกตุมา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิมสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์กาญจนาภรณ์ ลิ้มโนมนต์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ชชี แก้วสุรลิขิต, M.S.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย ออคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 16 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
(*Penaeus monodon* Fabricius) และในห้องปฏิบัติการ

Factors Affecting the Growth of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus, in Black Tiger Shrimp
(*Penaeus monodon* Fabricius) Ponds and Laboratory Conditions

โดย

นางสาวชนัดดา เกตุมา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2551

ชนิดดา เกตุมา 2551: ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) และในห้องปฏิบัติการ ปรินญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชอล ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 126 หน้า

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ตั้งแต่ในช่วงเริ่มเตรียมบ่อหลังจากการเลี้ยงรอบที่ผ่านมา โดยไม่นำเลนออกจากบ่อ สูบน้ำจากบ่อพักน้ำเข้ามาในบ่อเลี้ยงขนาด 4 ไร่ 3 บ่อ จากนั้นนำสาหร่ายไส้ไก่ มาขยายพันธุ์ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ ประเมินมวลชีวภาพของสาหร่าย บริเวณ 3 ตำแหน่งในบ่อทดลอง คือ บริเวณขอบบ่อ แนวหัวน้ำอาหาร และกองเลนกลางบ่อ ประเมินมวลชีวภาพของสาหร่ายทุก 10 วัน ก่อนปล่อยลูกกุ้งและเลี้ยงจนกระทั่งสาหร่ายหมดจากบ่อทดลอง ผลจากการศึกษา พบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ ทั้ง 3 บ่อทดลอง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) บ่อที่ 1 และบ่อที่ 3 สาหร่ายเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 60 วันแรก จนกระทั่งมีมวลชีวภาพสูงสุด ในวันที่ 84 และจะลดลงจนไม่มีสาหร่ายในวันที่ 150 ของการทดลอง ส่วนในบ่อที่ 2 มีมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด ในวันที่ 52 ของการทดลอง และสาหร่ายหมดจากบ่อในวันที่ 112 ปริมาณ NH_4^+-N , NO_3^--N และ $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ ในน้ำปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ฟอสฟอรัสรวมในดิน และไนโตรเจนรวม ไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ จากการศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ ที่ความเค็มแตกต่างกัน 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ในห้องปฏิบัติการวัดการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักทุก 7 วัน พบว่า สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับความเค็ม 5 psu ซึ่งสาหร่ายในระดับความเค็มต่ำ (0-15 psu) มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง (25-35 psu) แต่ในความเค็ม 30 และ 35 psu สาหร่ายสามารถเจริญได้นานกว่าในระดับความเค็ม 10-25 psu การเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้ง 8 ระดับความเค็ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณ NO_2^--N , NO_3^--N , NH_4^+-N และ $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ ไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ และจากการศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ย 3 สูตร ได้แก่ 16-16-16, 46-0-0 และปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นปุ๋ย 3 ระดับ (15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร) และที่ระดับความเค็ม 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 15 psu) วัดการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักทุก 7 วัน สาหร่ายไส้ไก่ ในปุ๋ยเคมี 16-16-16 ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเค็ม 0 psu มีอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายดีที่สุด ส่วนปุ๋ยเคมี 46-0-0 ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเค็ม 0 psu เหมาะกับการเลี้ยงสาหร่ายในช่วงแรก และปุ๋ยหินฟอสเฟต สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ทุกระดับความเข้มข้น และทุกระดับความเค็ม การเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้ปุ๋ย 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสรุปสาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโต ในระดับความเค็มช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0-35 psu และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบ่อที่ไม่มีการนำเลนหลังจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมาออก

Chanadda Ketma 2008: Factors Affecting Growth of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus, in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Ponds and Laboratory Conditions. Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 126 pages.

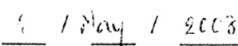
The growth of gut weed (*Ulva intestinalis* Linnaeus) in black tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) ponds was studied. After harvesting the shrimp, water was pumped from the reservoir pond into three experimental growout ponds (4 rais) without removing the sludge from the ponds; then *U. intestinalis* was added into each pond. The growth of *U. intestinalis* was measured every 10 days considering biomass and algal diversity, before stocking postlarvae (PL) and during the growout period and until no algae remained in the ponds. Results showed that there were statistically significant differences ($p < 0.05$) among the biomasses of *U. intestinalis* from the three experimental ponds. In pond 1 and pond 3, the algae grew very fast during the first 60 days and reached the highest biomass at day 84. Subsequently, algal growth gradually decreased until no algae were observed at day 150. Pond 2 had its highest algal biomass at day 52, the algae gradually decreasing until none were observed at day 112. Concentrations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ in the water and organic matter and total nitrogen in the soil had no relationship to the biomass of *U. intestinalis*. The growth of *U. intestinalis* at eight different levels of salinity, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 psu, was studied under laboratory conditions. Algae were weighed weekly for growth studies. Results showed that the maximum growth of *U. intestinalis* was at 5 psu, while at salinities ranging from 0-15 psu *U. intestinalis* grew better than at salinities of 25-35 psu. However, at the higher salinity range of 25-35 psu algae maintained growth longer than at the lower range of 10-25 psu. There were significant differences among the biomasses of *U. intestinalis* at eight different salinities ($p < 0.05$). Concentrations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ had no relationship to the growth of *U. intestinalis*. Three different formulations of fertilizers, 16-16-16, 46-0-0 and rock phosphate, were used for the growth of *U. intestinalis* at four different salinity levels (0, 5, 10 and 15 psu) under laboratory conditions. *U. intestinalis* had the best growth in 16-16-16 fertilizer at the concentration of 20 mg/l at 0 psu. Fertilizer 46-0-0 at the concentration of 15 mg/l at 0 psu was suitable for early algal growth; rock phosphate at all concentrations and all salinity levels had no effect on the growth of this algae. There were statistically significant differences among the amounts of growth of *U. intestinalis* using the three fertilizers ($p < 0.05$). In conclusion, this study determined that *U. intestinalis* could grow at a wide salinity range of 0-35 psu and could grow better in culture ponds in which the sludge was not removed after harvesting the shrimp.



Student's signature



Thesis Advisor's signature



กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลิมสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด ศาสตราจารย์กาญจนาภรณ์ ลีวโนมนต์ และ
รองศาสตราจารย์ชัชวี แก้วสุริยิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ชัยชาญ มหา
สวัสดิ์ ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร มากคุ่น ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้
คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณจริยาวดี สุริยพันธุ์ คุณเกศินี หลายสุทธิสาร คุณสาธิต ประเสริฐศรี และคุณ
ปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์ และเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ
ตลอดจนกระทั่งการจัดพิมพ์รูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ คุณประยูร หงส์รัตน์ ภรรยา และครอบครัว ที่เอื้อเฟื้อสถานที่การศึกษา
ตลอดจนการให้ความสะดวกต่างๆ และศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการ
ศึกษาวิจัย คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แก่ บิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจ
และคอยให้ความช่วยเหลือดูแลระหว่างการศึกษาทดลองเป็นอย่างดี ตลอดจนครูอาจารย์ทั้งหลายที่
ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก โครงการวิจัยย่อยการเลี้ยงกุ้งกุลาดำขนาดใหญ่โดย
ใช้สาหร่ายไส้ไก่ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ชนิดดา เกตุมา

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	23
สรุปและข้อเสนอแนะ	79
สรุป	79
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	81
ภาคผนวก	89

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ (คำนวณจากน้ำหนักแห้งของสาหร่าย)	8
2 แสดงเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ (คำนวณจากน้ำหนักแห้งของสาหร่าย)	9
3 รายละเอียดกรอบมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินมวลชีวภาพด้วยสายตา	16
4 มวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายสีเขียวในบ่อเพาะเลี้ยงกึ่งกลางแจ้ง	35
5 น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงโดยใช้ไนโตรเจนที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ตามลำดับโดยใช้ปุ๋ยสูตร Povasoli's	55
6 น้ำหนักของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงด้วยปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu	70
7 น้ำหนักของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงด้วยปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu	73
8 น้ำหนักของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu	76

ตารางผนวกที่

1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	90
2 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีเขียว โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	91
3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	93
5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	94
6 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	95
7 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	96
8 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	97
9 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	98
10 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	99
11 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
12 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	101
13 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	102
14 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	103
15 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	104
16 ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร Rock-Phosphate ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	105
17 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	106
18 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	107
19 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
20 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	109
21 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	110
22 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	111
23 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	112
24 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรต-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	113
25 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรต-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	115
26 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรต-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
27 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตรควบคุม	119
28 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตรควบคุม	120

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สาหร่ายไส้ไก่ (<i>Ulva intestinalis</i>)	4
2	วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ A:zoospores, B:gametes, C:zygote	6
3	สาหร่ายไส้ไก่ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	7
4	แสดงการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็มต่างๆ	11
5	จุดที่วางกรอบให้คะแนนสาหร่าย <i>Ulva intestinalis</i> หรือ <i>Enteromorpha intestinalis</i>	18
6	สาหร่ายไส้ไก่บริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 1	23
7	สาหร่ายไส้ไก่บริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 1	24
8	สาหร่ายไส้ไก่บริเวณแนวหวานอาหารในบ่อทดลองที่ 1	24
9	สภาพบริเวณพื้นบ่อที่มีหอยจำนวนมากในบ่อทดลองที่ 1	24
10	แม่เฟรียงบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 1	25
11	ตัวอ่อนแมลงปอบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 1	25
12	สาหร่าย <i>Najas</i> sp. บริเวณแนวหวานอาหารในบ่อทดลองที่ 1	25
13	สาหร่าย <i>Chara</i> sp. บริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 1	26
14	มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวม เลนและบริเวณแนวหวานอาหาร ในบ่อทดลองที่ 1 (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	27
15	สาหร่าย <i>Spirogyra</i> sp. ที่บริเวณพื้นบ่อในบ่อทดลองที่ 2	28
16	พื้นบ่อบริเวณขอบบ่อที่มีเศษเปลือกหอยในบ่อทดลองที่ 2	28
17	สาหร่ายไส้ไก่ และสาหร่าย <i>Spirogyra</i> sp. ที่พบบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 2	29
18	สาหร่ายไส้ไก่ที่พบบริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 2	29
19	มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวม เลนและบริเวณแนวหวานอาหาร ในบ่อทดลองที่ 2 (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	31
20	สภาพดินพื้นบ่อบริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 3	32
21	สาหร่ายไส้ไก่ที่ขึ้นบริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 3	32
22	สาหร่ายไส้ไก่ที่ขึ้นบริเวณแนวหวานอาหารในบ่อทดลองที่ 3	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่จับเก็บตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวมเลน และบริเวณแนวห่านอาหาร ในบ่อทดลองที่ 3 (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	34
24	มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวก่อน และหลังการปล่อยลูกกุ้งกุลาดำระหว่างบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	37
25	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	40
26	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	42
27	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	44
28	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	46
29	ค่าความโปร่งแสงในน้ำในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลัง การปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	47
30	ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	48
31	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินในดิน และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	50
32	ปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดิน และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลัง การปล่อยกุ้งกุลาดำ (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)	51
33	การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ตามลำดับ	56
34	การเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็มต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu	61
36	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu	63
37	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu	65
38	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu	67
39	การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	71
40	การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ในปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	72
41	การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	74
ภาพผนวกที่		หน้า
1	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยระดับความเข้มข้น 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	121
2	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยระดับความเข้มข้น 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	122
3	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยระดับความเข้มข้น 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร	123
4	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ในปุ๋ยควบคุม ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu	124

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) และในห้องปฏิบัติการ

Factors Affecting the Growth of Gut Weed, *Ulva intestinalis* Linnaeus, in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius) Ponds and Laboratory Conditions

คำนำ

มนุษย์ใช้ประโยชน์จากสาหร่ายมาเป็นระยะเวลานาน โดยใช้เป็นอาหารของมนุษย์ เป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก เป็นต้น สาหร่ายที่นำมาใช้ประโยชน์มีทั้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวจากธรรมชาติ และถึงแม้ว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลจะมีมานานหลายศตวรรษ แต่ในปัจจุบันก็ยังมีการเก็บสาหร่ายจากธรรมชาติ (สรวิต, 2543) สาหร่ายเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในประเทศแถบเอเชียตะวันออก และความนิยมบริโภคสาหร่ายยังได้แพร่กระจายออกไปสู่ชุมชนชาวเอเชียในประเทศต่างๆ สาหร่ายที่นิยมนำมาบริโภค ได้แก่ สาขิใบ (จีฉ่าย, *Nori* : *Porphyra* spp.), kombu (*Laminaria* spp.), wakame (*Undaria pinnatifida*), hiziki (*Hizikia fusiformis*) และ aonori (*Monostroma* spp. และ *Enteromorpha* spp.) ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาประกอบอาหารของมนุษย์ และอาหารสัตว์เลี้ยง เป็นต้น (Chapman and Chapman, 1980) โดยมีการบริโภคกันเพิ่มมากขึ้น และมีการนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เพิ่มขึ้นด้วย (Critchley and Ohno, 1998) นอกจากนี้สาหร่ายทะเลยังมีศักยภาพในการนำมาช่วยควบคุมและบำบัดคุณภาพน้ำทิ้ง จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยการนำสาหร่ายมาเลี้ยงในบ่อน้ำทิ้ง ซึ่งสาหร่ายจะใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำที่มาจากถ่ายของสัตว์เลี้ยง และจากการย่อยสลายเศษอาหารในบ่อ จึงช่วยให้คุณภาพน้ำดีขึ้น และยังได้ผลผลิตของสาหร่ายด้วย (เกรียงไกร, 2537) ตัวอย่างเช่น สาหร่ายไส้ไก่สามารถดูดซับแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำปริมาณมาก นำมาใช้ในกระบวนการการเจริญเติบโต โดยผ่านผนังเซลล์ของสาหร่ายได้ดี (Lotze and Schramm, 2000) จึงทำให้มีความพยายามนำสาหร่ายทะเลมาเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำชนิดต่างๆ

ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ลดน้อยลงมาก เนื่องจากกุ้งมีการเจริญเติบโตช้า และมีขนาดแตกต่างกันมาก ภาวะเช่นนี้เกิดขึ้นติดต่อกันหลายปีจนทำให้ผู้เลี้ยงประสบปัญหาการขาดทุน ที่ผ่านมานั้นได้มีความพยายามหาแนวทางต่างๆ ในการ

เลี้ยงกุ้งกุลาดำอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะทำให้กุ้งกุลาดำมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่มีความมั่นใจในวิธีการเหล่านั้นไปปฏิบัติ เพราะเมื่อนำมาปฏิบัติจริงมักจะไม่ได้ผลจึงทำให้เกษตรกรเปลี่ยนไปเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แทน (ประยูร และคณะ, 2549) ทำให้ผลผลิตกุ้งกุลาดำมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว

ดังนั้น สุรรัตน์ฟาร์ม จึงได้ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* หรือ *Enteromorpha intestinalis*) เพื่อสร้างแหล่งอาหารจากธรรมชาติให้กับกุ้งกุลาดำ และเป็นการลดต้นทุน การเลี้ยงลักษณะนี้ทำให้กุ้งกุลาดำมีสุขภาพแข็งแรง เนื่องจากมีอาหารธรรมชาติอุดมสมบูรณ์ กุ้งจึงมีการเจริญเติบโตดี (ประยูร และคณะ, 2549) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงต้องการทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ตั้งแต่เริ่มการเตรียมสาหร่ายก่อนปล่อยลูกกุ้ง จนกระทั่งสาหร่ายหมดไปจากบ่อเลี้ยง รวมทั้งศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายในห้องปฏิบัติการที่ระดับความเค็ม และระดับความเข้มข้นของปุ๋ยสูตรต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้อง สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
2. ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในห้องปฏิบัติการที่ระดับความเค็มต่างๆ
3. ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในห้องปฏิบัติการโดยใช้สูตรปุ๋ยชนิดต่างๆ

การตรวจเอกสาร

1. ข้อมูลเบื้องต้นของสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)

สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* หรือชื่อเดิมคือสาหร่าย *Enteromorpha intestinalis* สาเหตุที่ทำให้สาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* เปลี่ยนมาใช้ชื่อสกุล *Ulva* นั้น เนื่องมาจากในการศึกษาของ Hayden *et al.* (2003) ได้มีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 2 สกุล โดยทำการเลี้ยงแบบปลอดเชื้อจากแบคทีเรีย (axenic culture) พบว่ามีความเปลี่ยนแปลงและผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายทั้ง 2 สกุลเหมือนกัน โดย *Ulva* และ *Enteromorpha* ถูกนำมาจำแนกชนิดด้วย DNA โดยวิธี ITSnrDNA (internal transcribed spacer ribosomal DNA) และวิธี chloroplast-encoded *rbcL* gene พบว่า RUBISCO (ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase) ผลปรากฏว่า ลักษณะทางพันธุกรรมของสาหร่ายทั้ง 2 สกุล มีลักษณะทางพันธุกรรมที่เหมือนกัน และไม่มี ความแตกต่างกันในด้านวิวัฒนาการ ดังนั้นจึงทำให้เปลี่ยนมาใช้ชื่อ *Ulva intestinalis* เนื่องมาจากสกุล *Ulva* ได้มีการถูกตั้งขึ้นมาก่อนสกุล *Enteromorpha*

สาหร่ายไส้ไก่ *Ulva intestinalis* เป็นสาหร่ายสีเขียว จัดตามลำดับอนุกรมวิธาน ดังนี้

Division Chlorophyta

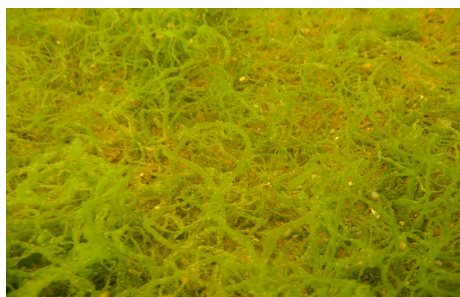
Class Chlorophyceae

Order Ulvales

Family Ulvaceae

Genus *Ulva*

Species *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753 (ภาพที่ 1)

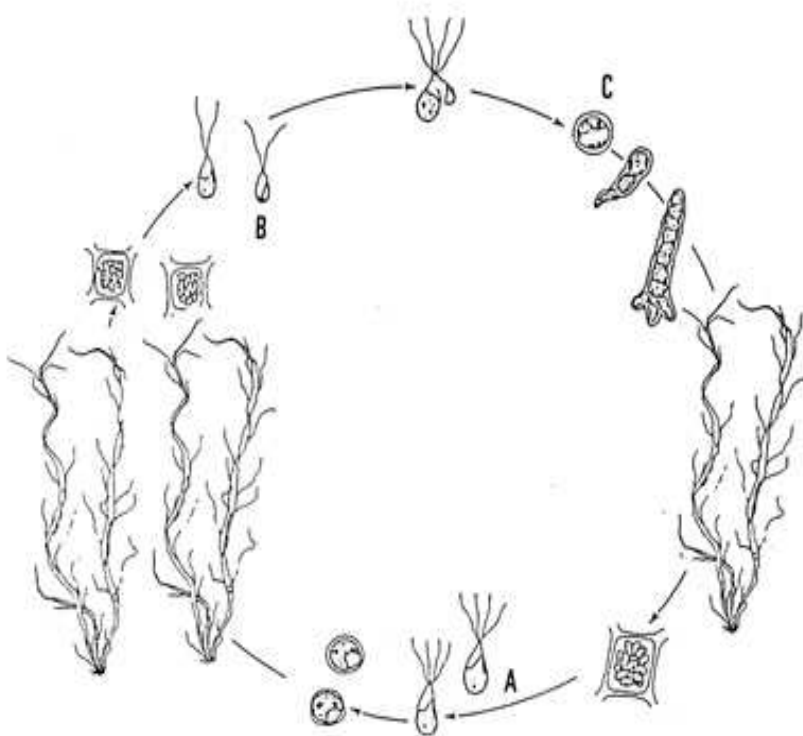


ภาพที่ 1 สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis*)

2. ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายไสล่ไก่อ

สาหร่ายไสล่ไก่อ มีลักษณะทลัสดเป็นหลอดกลวงคล้ายลำไต้ มีความหนาเพียง 1 ชั้นเซลล์ยึดติดกับพื้นโดยใช้ไรซอยด์ (rhizoid) พื้นที่ยึดเกาะอาจเป็นก้อนหิน เปลือกหอย เศษไม้ หรือพรรณไม้น้ำอื่นๆ เมื่ออายุมากขึ้นอาจหลุดขึ้นมาตามผิวน้ำ (ยูวดี, 2546) เมื่อกอกเป็นต้นใหม่จะมีลักษณะเป็นเส้นสายที่เซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว (uniserial) เมื่อมีการแบ่งเซลล์จะเป็นเส้นสายมีเซลล์หลายแถว (pluriserial) และมีความหนา 2 ชั้นของเซลล์ ต่อมาเซลล์ทั้ง 2 ชั้นนี้จะแยกออกจากกัน จึงเกิดเป็นหลอดกลวงตรงกลาง (กาญจนภาชน์, 2527) สูงประมาณ 12 เซนติเมตร โดยมีรากเล็กๆยึดเกาะส่วนโคนแคบ และขยายตอนบน มีสีเขียวเหลืองถึงเขียวเข้ม (Lewmanomont and Ogawa, 1995) ทุกเซลล์บนทลัสดของสาหร่าย สามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ แต่โดยปกติจะเกิดขึ้นที่บริเวณปลายทลัสดของสาหร่าย (อนงค์, 2547)

วงจรชีวิตส่วนใหญ่ของสาหร่ายจะเป็นแบบไอโซมอร์ฟิก ดิพลอแฮพลอนติก (isomorphic diplohaplontic) โดยทลัสดที่เป็นสปอร์โรไฟต์ (sporophyte) จะสร้างซุโอสปอร์ (zoospores) ที่มีแฟลกเจลลัม 4 เส้น และแกมมีท (gametes) ที่มีแฟลกเจลลัม 2 เส้น การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis) จะเกิดขึ้นในช่วงการสร้างสปอร์ อาจมีการสืบพันธุ์เฉพาะแบบไม่อาศัยเพศ โดยการสร้างสปอร์ที่มีแฟลกเจลลัม 2 หรือ 4 เส้น บางครั้งอาจพบการสืบพันธุ์แบบพาร์ทิโนเจเนซิส (parthenogenesis) จากแกมมีท 2 เพศ โดยสามารถออกเป็นทลัสดใหม่ได้ทั้งที่ไม่ได้ผสมกัน (ยูวดี, 2546) วงจรชีวิตของสาหร่ายจะใช้ระยะเวลาเพียงช่วงสั้นๆ ในการเจริญเติบโต (ภาพที่ 2) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม และฤดูกาล (Ohno and Critchley, 1993)



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของสาหร่ายไส้ไก่ A: zoospores, B: gametes, C: zygote

ที่มา: Ohno and Critchley (1993)

3. นิเวศวิทยาของสาหร่ายไส้ไก่

สาหร่ายไส้ไก่มักพบเกาะอยู่ตามก้อนหินบริเวณชายหาดที่อยู่ในระดับน้ำขึ้นน้ำลง หรือขึ้นในแอ่งน้ำทะเลขัง รวมทั้งบนเปลือกหอยบริเวณชายฝั่งที่น้ำท่วมถึง และโผล่พ้นน้ำขณะน้ำลง สาหร่ายชนิดนี้พบเสมอในแหล่งน้ำกร่อย หรือในบ่อเลี้ยงปลา (Lewmanomont and Ogawa, 1995) (ภาพที่ 3) รวมทั้งสามารถพบได้ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น และเขตหนาว สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง พบตลอดแนวชายฝั่งแปซิฟิก และพื้นที่บริเวณชายฝั่งทั่วโลก (Waaland, 1977) การเจริญเติบโตของสาหร่ายยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น เมื่อเกิดฝนตกขึ้นบริเวณปากแม่น้ำ มีน้ำจืดไหลลงมาสู่บริเวณปากแม่น้ำสูงขึ้น ทำให้ระดับความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกิดการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งสีและลักษณะของสาหร่าย ซึ่งโดยปกติสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนเมษายนจนถึงเดือนพฤษภาคม ความเค็มที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 24-30 psu (practical salinity units) จะเจริญได้ดีในพื้นที่ที่มีออกซิเจนสูง

สามารถทนต่อการฝั่งแห้ง และเมื่อความเค็มของน้ำทะเลเปลี่ยนแปลงจะทำให้สาหร่ายปล่อยสปอร์ (Ohno and Critchley, 1993) ซึ่งการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ sporophytes และ gametophytes ของสาหร่ายไส้ไก่อ้นั้น ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และระดับความเค็มของน้ำทะเล (Pringle, 1986) สาหร่ายชนิดนี้ยังสามารถขึ้นได้ดีในน้ำทะเลที่มีธาตุอาหารสูง หรือมีธาตุอาหารไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา (Fong *et al*, 2004) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23 - 26 องศาเซลเซียส และมีความเข้มแสงตั้งแต่ 345-365 ลักซ์ (Martins *et al.*, 1999) ซึ่งแสงและปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สามารถจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้อีกด้วย (Duke *et al.*, 1986)



ภาพที่ 3 สาหร่ายไส้ไก่อที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

4. การนำสาหร่ายไส้ไก่อมาใช้ประโยชน์

เนื่องจากสาหร่ายสกุล *Enteromorpha* มีปริมาณสารอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการบริโภค และนำมาใช้ประโยชน์ จากการศึกษาของ Chapman (1980) พบว่าสาหร่ายสกุลนี้มีน้ำ 13.6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 12.4 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 53.0 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 10.6 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 10.4 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Moralesa *et al.* (2005) พบว่าสาหร่ายสกุลนี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี มีส่วนประกอบได้แก่ โปรตีน 9 - 14 เปอร์เซ็นต์ อีเทอร์ 2 - 3.6 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 32 - 36 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันโอเมก้า-3 และกรดไขมันโอเมก้า-6 10.4 และ 10.9 กรัมต่อ 100 กรัม ของกรดไขมันทั้งหมด โปรตีนในสาหร่ายชนิดนี้สามารถย่อยได้มากถึง 98 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียเกินมาตรฐาน ไม่มีสารที่เป็นพิษ จึงมีความเหมาะสมที่ใช้ในการบริโภคสำหรับมนุษย์ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสาหร่ายชนิดอื่นๆ

สาหร่าย ใต้อีกถือว่ามีความค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าในสาหร่ายหลายๆชนิด (Vymazal, 1995) ดังตารางที่ 1 และ 2 นอกจากนี้ Wheeler and Björnsäter (1992) ได้รายงานว่า สาหร่ายทะเล *E. intestinalis* มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 2.0 - 5.5 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ และจากการศึกษาของ Ohno and Critchley (1993) พบว่า สาหร่าย ใต้อีกตามธรรมชาติมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ระหว่าง 10.29 - 11.75 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่สูง สำหรับสาหร่ายขนาดใหญ่

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ (คำนวณจากน้ำหนักแห้งของสาหร่าย)

ชนิดของสาหร่าย	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในสาหร่าย
<i>Laminaria saccharina</i>	0.90 - 2.30
<i>Codium fragile</i>	1.64 - 2.60
<i>Fucus vesiculosus</i>	1.00 - 3.00
<i>Ulva</i> sp.	3.96
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	1.38 - 4.07
<i>Macrocystis pyrifera</i>	4.11
<i>Gigartina agardhii</i>	4.79
<i>Chondrus crispus</i>	1.65 - 4.80

ที่มา: Vymazal (1995)

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในสาหร่ายขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ (คำนวณจากน้ำหนักแห้งของสาหร่าย)

ชนิดของสาหร่าย	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในสาหร่าย
<i>Cladophora intestinalis</i>	0.04
<i>Ulva lactuca</i>	0.11 - 0.33
<i>Ulva fenestrata</i>	0.21 - 0.51
<i>Codium fragile</i>	0.28 - 0.49
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	0.30 - 0.75
<i>Porphyra</i> sp.	0.37 - 0.86

ที่มา: Vymazal (1995)

มีการนำสาหร่ายสกุลนี้มาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี อินเดีย และอินโดนีเซีย มีการนำสาหร่ายใส่ไปกวนเพาะเลี้ยงบนเส้นเชือก เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร นำมาเป็นอาหารให้แก่สัตว์เลี้ยง และสารสกัดจากสาหร่ายชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติทางการแพทย์ โดยเป็นยาปฏิชีวนะ เป็นสารที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย รา และเห็ดรา (Critchley and Ohno, 1998) จึงถูกแนะนำให้ใช้สำหรับการบริโภคของคน เพราะมีส่วนผสมที่มีประโยชน์หลายประการ เช่น แร่ธาตุ โปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมันที่จำเป็น และไฟเบอร์ นอกจากนี้ยังมีมูลค่าสูงทางการค้า เนื่องจากสาหร่ายใส่ไถ่มีคุณสมบัติและประกอบไปด้วยสารเคมีที่มีประโยชน์หลายชนิด ในประเทศจีน ญี่ปุ่น อเมริกา ฝรั่งเศส และชิลี สาหร่ายสกุลนี้ถูกเก็บเกี่ยวเพื่อใช้ในการเตรียม “aonori” ซึ่งประกอบอยู่ในอาหารจานเดียวต่าง ๆ เช่น สลัด ซุป ลูกก็ อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ และเครื่องปรุงต่างๆ (Moralesa *et al.*, 2005) สาหร่ายชนิดนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงร่วมกับสัตว์น้ำวัยอ่อน เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับบิเดเกาะของตัวอ่อน (Wennhage and Pihl, 1994) รวมทั้งนำมาเป็นอาหารให้แก่ลูกหอย จากการศึกษากของ Olivier *et al.* (1997) ได้ทำการเลี้ยงสาหร่ายใส่ไถ่ร่วมกับลูกหอย โดยทำการเปรียบเทียบกับสาหร่ายชนิดอื่นๆ พบว่า ลูกหอยสามารถกิน สาหร่ายใส่ไถ่ได้ดีกว่าสาหร่ายและพืชน้ำชนิดอื่นๆ

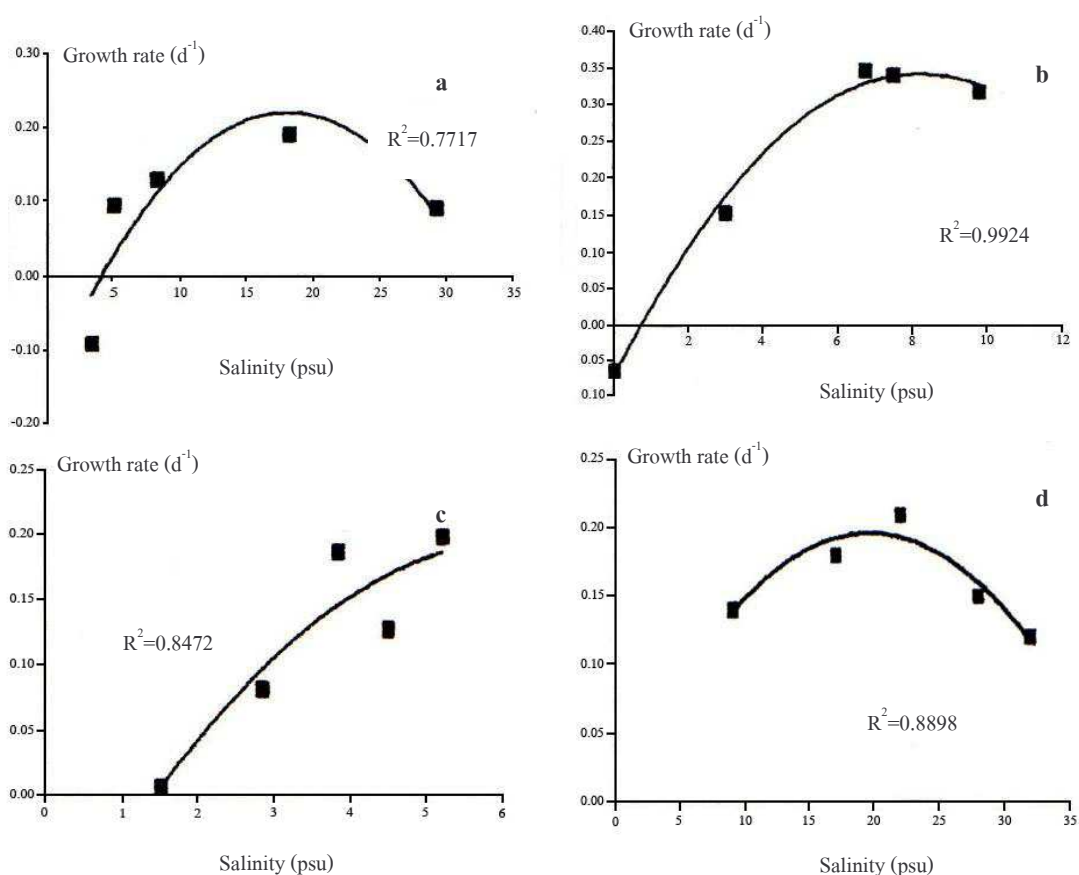
นอกจากนี้ สาหร่ายสกุล *Enteromorpha* ยังใช้ทำเป็นปุ๋ยสำหรับพืช เพื่อให้พืชได้รับแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน และโพแทสเซียม ซึ่งมีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช ปุ๋ยสาหร่ายจะถูกนำมาใช้ในรูปสดหรือแห้ง โดยการฝังกลบในดินก่อนการปลูกพืช และอาจใส่อีกครั้งเมื่อพืชงอกเป็นต้นกล้า นอกจากนี้ประเทศที่นิยมนำสาหร่ายมาทำเป็นปุ๋ยมาก เช่น ประเทศไอร์แลนด์ สกอตแลนด์ อังกฤษ สหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์ เป็นต้น (ณิฐวรรตน์ และ เยาวลักษณ์, 2529) และจากการศึกษาของ Boyer and Fong (2005) พบว่าสาหร่าย *E. intestinalis* สามารถช่วยดักจับตะกอนในแหล่งน้ำให้ลดต่ำลง รวมทั้งเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้กับแหล่งน้ำ

5. การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในน้ำที่มีระดับความเค็มต่างๆ

สาหร่ายไส้ไก่สามารถทนต่อความเค็มได้ในช่วงกว้าง พบได้ตามชายฝั่งทะเลทั่วโลก ความเค็มถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสาหร่ายที่ต้องลงหาพื้นที่ยึดเกาะ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มนั้น มีผลกระทบต่อกระบวนการทางกายภาพ และทางชีวเคมี Fong *et al.* (1996) นำสาหร่ายไส้ไก่มาเลี้ยงในน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย พบว่าสาหร่าย *E. intestinalis* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับความเค็มที่ 15 psu และยังสามารถทนต่อความเค็มได้เป็นระยะเวลานานที่น้ำระดับความเค็ม 35 psu โดยมีอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย เท่ากับ 2.6 - 4.5 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และจากการทดลองของ Kamer and Fong (2000) สาหร่ายไส้ไก่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเค็มได้ในช่วงกว้าง โดยทำการทดลองที่ระดับความเค็ม 0, 5, 15 และ 25 เป็นระยะเวลา 24 วัน บันทึกการทดลองตลอด 24 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า สาหร่ายสามารถเจริญเติบโต และมีมวลชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น ทั้งในระดับความเค็มที่ต่ำหรือในระดับความเค็มที่สูง แต่สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่ระดับความเค็ม 0 และ 5 psu ได้เป็นระยะเวลานานที่สุด

จากการศึกษาของ Martins *et al.* (1999) พบว่าสาหร่าย *E. intestinalis* มีการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งที่มีระดับความเค็มเฉลี่ย 18-22 psu โดยที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีระดับความเค็มต่ำ มากกว่าในบริเวณที่มีความเค็มสูง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำ จะส่งผลทำให้เกิดการแพร่กระจายของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มจำนวนมากขึ้น จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการเลี้ยงสาหร่ายที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 0-32 psu พบว่าสาหร่ายไม่สามารถทนต่อความเค็มที่ระดับต่ำกว่า 5 psu ได้ ในขณะที่สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเค็ม

ที่ 20 psu โดยการเจริญเติบโตของสาหร่ายต่ำลง เมื่อระดับความเค็มของน้ำต่ำกว่า 5 psu และสูงกว่า 25 psu (ภาพที่ 4) ดังนั้นความเค็มจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Martins and Marques (2002) ทำการศึกษาจำลองการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Enteromorpha* spp. ที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 0-30 psu พบว่าสาหร่าย *Enteromorpha* spp. สามารถเจริญได้ดีที่ความเค็มระดับ 5, 10 และ 20 psu ตามลำดับ ซึ่งสาหร่ายใส่ไก่อสามารถเจริญเติบโตปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งการเกิดเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายใส่ไก่อ ยังขึ้นอยู่กับระดับความเค็มของน้ำทะเลอีกด้วย



ภาพที่ 4 a) แสดงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* ที่ระดับความเค็ม 3 – 29 psu ในเดือนเมษายน b) แสดงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* ที่ระดับความเค็ม 0 – 10 psu ในเดือนเมษายน c) แสดงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* ที่ระดับความเค็ม 1.5 – 5 psu ในเดือนมิถุนายน และ d) แสดงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* ที่ระดับความเค็ม 9 – 32 psu ในเดือนตุลาคม

ที่มา: Martins *et al.* (1999)

จากการศึกษาของ Sousa *et al.* (2007) เมื่อน้ำมีระดับความเค็มต่ำ จะส่งผลให้เกิดการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่ายไส้ไก่ แต่ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มกะทันหัน สาหร่ายก็ยังสามารถที่จะสืบพันธุ์และเจริญเติบโต เนื่องจากสาหร่ายมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง

6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่

สาหร่ายไส้ไก่สามารถบ่งชี้ระดับธาตุอาหารและคุณภาพน้ำที่มาจากแผ่นดินไหลลงสู่ป่าชายเลน โดยสาหร่ายสามารถใช้ไนโตรเจนทั้งในรูปของอนินทรีย์และอินทรีย์ อีกทั้งยังสามารถใช้ในไนโตรเจนในรูปของก๊าซได้อีกด้วย ไนโตรเจนในรูปของสารอนินทรีย์ ได้แก่ แกลือ 3 ชนิด คือ ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ส่วนสารอินทรีย์ในไนโตรเจนชนิดอื่น ได้แก่ กรดอะมิโน เป็นต้น ซึ่งสาหร่ายต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโต ถ้าสาหร่ายขาดไนโตรเจนจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและรงควัตถุ (ลัดดา, 2537) โดยสาหร่ายสามารถใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียได้ดีที่สุด หากน้ำทะเลมีระดับแอมโมเนียสูง จะมีการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของสาหร่ายไส้ไก่ในบริเวณนั้นมากกว่าจุดอื่นๆ ซึ่งไนโตรเจนถือเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อกำลังผลิตเบื้องต้นของระบบนิเวศ เนื่องจากเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น จะส่งผลทำให้สาหร่ายมีการแพร่กระจาย และเจริญเติบโตได้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่เป็นป่าชายเลน และบริเวณปากอ่าว (Cohen and Fong, 2004) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Lotze and Schramm (2000) พบว่าสาหร่าย *E. intestinalis* สามารถดึงไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมาใช้ได้มากกว่าในรูปของไนเตรท

ธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่สำคัญ จากการศึกษาก่อนของ Fong *et al.* (1996) เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* และ *U. expansa* พบว่าเมื่อนำสาหร่าย 2 ชนิดมาเลี้ยงในสถานะเดียวกัน โดยใช้การนำไนโตรเจนเพิ่มเข้าไปในสูตรปุ๋ย ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ไม่มีปริมาณไนโตรเจนในสูตรปุ๋ย มีระดับปริมาณไนโตรเจนปานกลาง และมีระดับปริมาณไนโตรเจนสูง ผลปรากฏว่าสาหร่าย *E. intestinalis* สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าสาหร่าย *U. expansa* โดยสามารถดึงไนโตรเจนในน้ำมาใช้ได้ดีกว่า และเนื่องจากสามารถดึงแอมโมเนียมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการดึงไนโตรเจนที่อยู่ในรูปอื่นๆ และในการทดลองครั้งนี้ สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่มีระดับปริมาณไนเตรท และแอมโมเนียที่สูงขึ้นพร้อมกันทั้งสองอย่าง สาหร่ายไส้ไก่จึงมีการ

เจริญเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับปริมาณไนเตรท และแอมโมเนีย เนื่องจากการแตกตัวของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย และไนเตรท สาหร่ายต้องใช้พลังงานในการเปลี่ยนรูปจากไนเตรทไปเป็น แอมโมเนีย สาหร่ายถึงจะดึงมาใช้ในรูปของกรโคอะมิโน (Lobban and Harrison, 1994)

จากการทดลองของ Harlin (1978) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการดึงไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทไปใช้ของสาหร่าย *E. intestinalis* และ *E. linza* ซึ่งเป็นสาหร่ายในสกุลเดียวกันแต่ต่างชนิดกัน นำมาทดลอง เพื่อวัดการนำไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรทไปใช้ในการเจริญเติบโตของสาหร่าย ปรากฏว่า สาหร่ายทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการรับไนเตรทมาใช้ในระดับเดียวกัน และเมื่อสาหร่ายอยู่ในที่มืด อัตราการดึงไนโตรเจนในรูปของไนเตรทมาใช้จะมีประสิทธิภาพลดลงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อนำกลับมาอยู่ในที่มีแสง พบว่าอัตราการนำไนโตรเจนในรูปของไนเตรทของสาหร่ายมีประสิทธิภาพสูงขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ และการนำสาหร่ายใส่ไถ่มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดย Kamer and Fong (2000) พบว่า *E. intestinalis* จะสูญเสียแรงกดดัน ส่วนปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่าย ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัส ในตู้ทดลองมีค่าลดลง แต่มีปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณน้ำหนักรากของสาหร่ายเพิ่มมากขึ้นหลังจากสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สาหร่ายบางส่วนตาย ทำให้มีปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น

ฟอสฟอรัสถือเป็นธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดของสาหร่ายในกระบวนการสร้าง ATP กรดนิวคลีอิก ในทะเลจะพบอยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอย น้ำทะเลที่มีความเค็มปกติ จะมีการแลกเปลี่ยนไอออนทำให้เกิดอซิฟอสเฟตตามปฏิกิริยาดังนี้



ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของสารละลายในรูปของ HPO_4^{2-} ประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ พบอยู่ในรูปของ PO_4^{3-} 12 เปอร์เซ็นต์ และพบอยู่ในรูปของ H_2PO_4^- 1 เปอร์เซ็นต์ (Vymazal, 1995) โดยดินที่ถูกละลายออกมาในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟต และ ฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำ ถือเป็นธาตุอาหารที่จำกัดในการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Lavery and McComb, 1991) การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น หรือลดลง ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณฟอสเฟตและไนเตรทที่ละลายในน้ำ ในการรับฟอสฟอรัสของสาหร่ายที่ได้รับธาตุอาหารจากดินตะกอน

สาหร่ายในวงศ์ Ulvaceae นั้น สามารถดึงฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินตะกอนได้ โดยใช้ในรูปของ อินทรีย์สาร และฟอสฟอรัสที่ละลายสู่แหล่งน้ำในรูปอื่นรองลงมา (Païomo *et al.*, 2004) จาก การศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารของ Villares and Carballeira (2003) ระหว่างสาหร่ายใน สกุล *Ulva* และ *Enteromorpha* พบว่า การแพร่กระจายและการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง สาหร่ายทั้งสองชนิดจะสามารถเจริญเติบโตได้ดี แสดงว่าการเจริญของสาหร่ายในสกุลนี้ขึ้นอยู่กับระดับปริมาณของฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในน้ำ

ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* โดย Fong *et al.* (2004) ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้ ในน้ำที่มีระดับอัตราส่วน ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส 6 ระดับ คือ 0:0, 200:20, 400:40, 600:60, 800:80 และ 1000:100 พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่มีไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่ระดับความเข้มข้น 600:60 มีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และในระดับความเข้มข้นที่ 1000:100 สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นปริมาณสารประกอบไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ จึงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ทั้งในธรรมชาติ และในห้องปฏิบัติการ ซึ่งปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัส ที่ละลายในน้ำ มีความสำคัญต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ โดยปริมาณธาตุอาหารจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Lavery and McComb, 1991)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษามวลชีวภาพ และความหนาแน่นของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่

การเตรียมสาหร่ายก่อนปล่อยลูกกุ้ง

หลังจากจับกุ้ง จากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมาแล้ว เริ่มการเตรียมบ่อโดยไม่นำเลนที่สะสมบริเวณกลางบ่อออกจากพื้นบ่อ สูบน้ำจากบ่อพักน้ำผ่านผ้ากรองเพื่อป้องกันสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เข้ามาในบ่อเลี้ยง จนมีระดับความลึก 1.2 เมตร นำสาหร่ายที่เพาะไว้สำหรับขยายในบ่อเลี้ยงกุ้ง มาใส่ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อทดลอง โดยใส่ปุ๋ย rock phosphate บ่อละ 1 ตันต่อไร่ ทั้งไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือน เติมน้ำเข้าบ่อเลี้ยงให้ถึงระดับความลึกของบ่อ เมื่อสาหร่ายเพิ่มปริมาณได้ 30-40 เปอร์เซ็นต์ของผิวน้ำ และเมื่อตรวจสอบเลนบริเวณกลางบ่อ พบว่าไม่มีกลิ่นเหม็น จึงเริ่มปล่อยลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาร์วา 15 (พี15) ในอัตราความหนาแน่น 30,000 ตัวต่อไร่ ลงในบ่อ ในวันที่ 52 โดยไม่มีการให้อาหารสำหรับลูกกุ้งจนกว่าสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อจะมีปริมาณลดลง โดยใช้วิธีการเลี้ยงและการให้อาหารตามแนวทางของ ประยูร และคณะ (2549)

ประเมินความหนาแน่นมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ด้วยวิธีการประเมินด้วยสายตา (rapid visual estimation technique) ตามวิธีการดัดแปลงการประเมินมวลชีวภาพหญ้าทะเลด้วยสายตาของ Mellors (1991) โดยเริ่มทำการประเมินตั้งแต่มีการเติมสาหร่ายในช่วงการเตรียมน้ำ (พฤศจิกายน 2549) ในบ่อทดลอง จำนวน 3 บ่อ ประเมินทุกๆ 10 วัน จนกระทั่งสาหร่ายลดจำนวนลงหรือไม่มีสาหร่ายภายในบ่อ (กุมภาพันธ์ 2550) ในแต่ละบ่อ มีการประเมินมวลชีวภาพสาหร่ายบริเวณขอบบ่อ แนวหัวน้ำอาหาร และกองเลนกลางบ่อ จุดละ 3 จุด วางแผนการทดลองแบบ Nested Design

1.1 กำหนดกรอบมาตรฐาน 5 กรอบ โดยใช้การประเมินมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่มีวิธีการดังนี้ (ดัดแปลงจาก Mellors (1991)) กรอบขนาด 50x50 เซนติเมตรวางลงบนสาหร่ายที่มีปริมาณต่าง ๆ กัน ตามตารางที่ 3 เพื่อให้เป็นกรอบคะแนนมาตรฐานในบริเวณที่ทำการศึกษากล่าวภาพเพื่อใช้เป็นมาตรฐาน และใช้ทบทวนการให้คะแนนในการเก็บข้อมูลทุกครั้ง

ตารางที่ 3 รายละเอียดกรอบมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินมลชีวภาพด้วยสาหร่าย

กรอบที่	คะแนน	จำนวนสาหร่ายในกรอบ
-	0	ไม่มีสาหร่ายในกรอบ
1	1	มีจำนวนสาหร่ายน้อยที่สุด
2	2	มีจำนวนสาหร่ายซึ่งคาดว่าจะมีน้ำหนักระหว่าง กรอบ 1 และ กรอบ 3
3	3	มีจำนวนสาหร่ายซึ่งคาดว่าจะมีน้ำหนักระหว่าง กรอบ 1 และ กรอบ 5
4	4	มีจำนวนสาหร่ายซึ่งคาดว่าจะมีน้ำหนักระหว่าง กรอบ 3 และ กรอบ 5
5	5	มีจำนวนสาหร่ายมากที่สุด

1.2 วางกรอบจำนวน 10 กรอบ โดยสุ่มวางให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาตั้งแต่บริเวณที่มีสาหร่ายน้อย จนถึงบริเวณที่มีสาหร่ายสูงสุด ผู้ประเมินจะทำการให้คะแนน โดยสามารถให้คะแนนได้โดยมีทศนิยม 1 ตำแหน่ง แล้วเก็บตัวอย่างสาหร่ายภายในกรอบทั้ง 10 กรอบ เพื่อหาน้ำหนักสาหร่ายในแต่ละกรอบโดยวิธีการดังต่อไปนี้

1.2.1 ทำความสะอาดสาหร่ายที่เก็บมาล้างโดยเอาตะกอนดิน หรือ ทรายที่ติดมากับสาหร่ายออกให้หมด

1.2.2 ชับน้ำสาหร่ายให้หมด ชั่งน้ำหนักเปียกของสาหร่ายโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง หน่วยเป็นกรัม

1.2.3 ห่อสาหร่ายใส่กระดาษหรือแผ่นอลูมิเนียม โดยเขียนหมายเลขกำกับสาหร่ายที่เก็บมาจากกรอบแต่ละกรอบ

1.2.4 นำสาหร่าย เข้าอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าสาหร่ายจะแห้งสนิท

1.2.5 หลังจากทำการอบสาหร่ายจนแห้งแล้ว นำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกน้ำหนักแห้ง หน่วยเป็นกรัม (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) จะได้น้ำหนักของสาหร่ายต่อพื้นที่ 0.25 ตารางเมตรของกรอบ ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 10 กรอบ นำมาคำนวณหามวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง (กรัม)/พื้นที่ 1 ตารางเมตร)

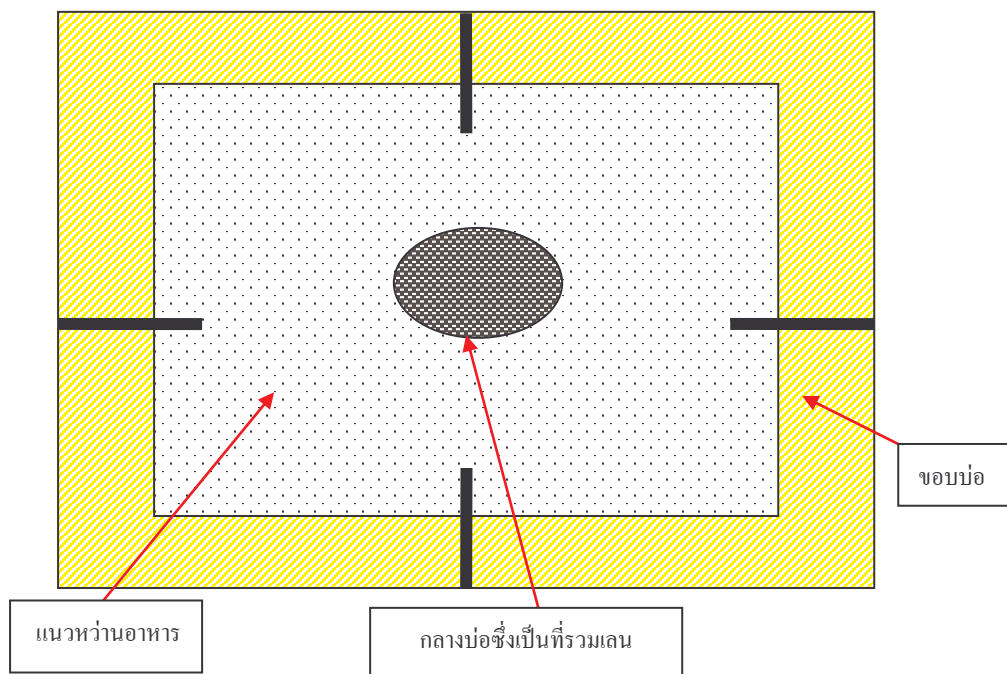
1.2.6 ปรับข้อมูลผู้สำรวจจากคะแนนเป็นมวลชีวภาพ โดยหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของมวลชีวภาพของสาหร่ายและคะแนนจากกรอบ 10 กรอบ นำมาหาสมการเชิงเส้นเพื่อใช้เป็นสมการในการคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพ จากการประเมินของผู้เก็บตัวอย่างตลอดการศึกษา

1.3 ประเมินมวลชีวภาพของสาหร่ายในบ่อทดลอง จำนวน 3 บ่อ ที่ทำการเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเริ่มตั้งแต่ระยะการเตรียมน้ำ ทำการประเมินทุกๆ 10 วันจนกระทั่งสาหร่ายหมดจากบ่อเลี้ยง การประเมินมวลชีวภาพของสาหร่ายภายในบ่อทดลอง มีวิธีการ ดังนี้

1.3.1 สุ่มวางกรอบขนาด 50x50 เซนติเมตร จำนวนจุดละ 3 กรอบ บริเวณจุดที่กำหนด คือ บริเวณขอบบ่อ แนวหัวน้ำอาหารและกลางบ่อที่มีเลนหนาแน่น (ภาพที่ 5) ซึ่งจะประเมินตั้งแต่สาหร่ายสีเขียวเริ่มเกิดขึ้นในบ่อเลี้ยง จนกระทั่งสาหร่ายหมดจากบ่อเลี้ยง ประเมินมวลชีวภาพด้วยการให้คะแนนน้ำหนักของสาหร่ายในกรอบครั้งละ 1 กรอบ และบันทึกเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของสาหร่ายสีเขียว

1.3.2 นำข้อมูลที่ทำการสำรวจมาประมวลผล ให้เป็นมวลชีวภาพของสาหร่ายด้วยสมการที่ได้จากข้อ 1.2.6

บ่อเลี้ยงขนาด 4 ไร่



ภาพที่ 5 จุดที่วางกรอบให้คะแนนสาหร่ายสีเขียว

2. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำและดินในบ่อทดลองที่มีสาหร่ายสีเขียว

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ เก็บตัวอย่างน้ำทุก 10 วัน ตั้งแต่ช่วงการเตรียมบ่อ ก่อนการปล่อยกุ้ง จนกระทั่งไม่มีสาหร่ายในบ่อ (ประมาณ 45 วันหลังจากปล่อยกุ้ง) ตัวอย่างน้ำจะนำไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ วัดโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- อุณหภูมิ วัดโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- ความโปร่งแสง (transparency) วัดโดยใช้ Secchi disc
- ความเค็ม วัดโดยใช้เครื่อง YSI 30/10 FT
- ความเป็นด่างทั้งหมดวัดโดยใช้ titration ตามวิธีของ (APHA *et al.*, 1995)
- ความกระด้าง วัดโดยใช้วิธี EDTA titrimetric method (APHA *et al.*, 1995)
- ค่าความนำไฟฟ้า วัดโดยใช้เครื่อง YSI 30/10 FT
- แอมโมเนียรวมใช้วิธี phenol – hypochlorite method (APHA *et al.*, 1995)

3.4 การให้อากาศใช้วิธีการให้ผ่านน้ำกลั่นในขวดรูปชมพู่ (flask) ซึ่งปล่อยฟองอากาศ 60 ครั้งต่อ 1 นาที

3.5 เตรียมอาหารเหลวสำหรับสาหร่าย โดยใช้สูตรอาหาร Provasoli's enriched seawater (PES) (Provasoli, 1963, 1968; McLachlan, 1973; West, Personal Communication) อ้างโดย Bold and Wynne (1978) ซึ่งใช้อัตราส่วนอาหาร 1 มิลลิลิตรต่อน้ำปริมาตร 10 ลิตร แล้วใส่ลงในโหลแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำในโหลแก้ว 10 ลิตรต่อโหล

3.6 นำสาหร่ายในระยะที่มีการเจริญเติบโต (log phase) สกัดน้ำออก และนำสาหร่ายวางให้สะเด็ดน้ำบนผ้าซับน้ำเป็นระยะเวลาประมาณ 3 นาที ชั่งน้ำหนักของสาหร่าย จำนวน 5 กรัม ใส่ลงในโหลแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 10 ลิตรต่อโหล ระดับความเค็มละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

3.7 บันทึกข้อมูลน้ำหนักของสาหร่ายทุก 7 วัน ตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อน และหลังการเลี้ยงสาหร่าย ไม่มีการเปลี่ยนน้ำระหว่างการเลี้ยงสาหร่ายในทุกระดับความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำดังต่อไปนี้

- แอมโมเนียรวม ใช้วิธี phenol – hypochlorite method (APHA *et al.*, 1995)
- ไนไตรท์ วัดโดยใช้วิธีของ APHA *et al.*, (1995)
- ไนเตรท วัดโดยใช้วิธี cadmium reduction method (APHA *et al.*, 1995)
- ฟอสเฟต วัดโดยใช้วิธี titration ตามวิธีของ (APHA *et al.*, 1995)

3.8 บันทึกน้ำหนักสาหร่ายและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

4. การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายใส่ไก่ที่เลี้ยงโดยใช้ปุ๋ยสูตรต่าง ๆ

ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ เช่นเดียวกับในข้อ 3

4.1 นำปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้และหาซื้อได้ง่ายมาทำการศึกษา โดยใช้ปุ๋ยสูตรต่างๆ ที่ระดับความเข้มข้นชนิดละ 3 ระดับๆ ละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ดังนี้

เตรียมปุ๋ยสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 3 ความเข้มข้นๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

- ปุ๋ยหนัก 0.015 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร
- ปุ๋ยหนัก 0.020 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร
- ปุ๋ยหนัก 0.030 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

เตรียมปุ๋ยสูตร 46-0-0 แบ่งที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 3 ความเข้มข้นๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

- ปุ๋ยหนัก 0.015 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร
- ปุ๋ยหนัก 0.020 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร
- ปุ๋ยหนัก 0.030 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

เตรียมปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต แบ่งที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน 3 ความเข้มข้นๆ ละ 3 ซ้ำ คือ

- ปุ๋ยหนัก 0.015 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร
- ปุ๋ยหนัก 0.020 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร
- ปุ๋ยหนัก 0.030 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

4.2 เตรียมน้ำที่ระดับความเค็ม 0 5 10 และ 15 psu เนื่องจากการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่ความเค็ม 8 ระดับ พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีความเค็มดังกล่าว ดังนั้นจึงนำมาศึกษาต่อในการศึกษานี้ โดยใช้ปุ๋ยสูตรต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำสาหร่ายในระยะที่มีการเจริญเติบโต (log phase) มาพักให้สะเด็ดน้ำ โดยวางบนผ้าซับน้ำจนกระทั่งน้ำออกจากตัวสาหร่ายเป็นระยะเวลาประมาณ 3 นาที ชั่งน้ำหนักของสาหร่าย จำนวน 5 กรัม ใส่ลงในกล่อง กว้างขนาด 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร นำมาใส่ลงในโหลแก้วขนาด กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร ต่อโหล ที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยต่าง ๆ กันทำด้วยกันทั้งหมด 36 โหลต่อ 1 สูตรปุ๋ยเคมี (ใส่ปุ๋ยสูตร Provasoli's เป็นธาตุอาหารรองให้กับสาหร่ายทุกโหลทดลอง) ให้แสง และให้อากาศเช่นเดียวกับในข้อ 3

4.3 บันทึกข้อมูลน้ำหนักของสาหร่ายและตรวจคุณภาพน้ำทุก 7 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำ ในทุกระดับความเค็มและความเข้มข้น โดยวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเช่นเดียวกับในข้อ 3.5

4.4 บันทึกน้ำหนักของสาหร่ายที่ระดับความเข้มข้นของปุ๋ยแต่ละชนิดตลอดระยะเวลาในการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ระยะเวลาการศึกษา

- ศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2550

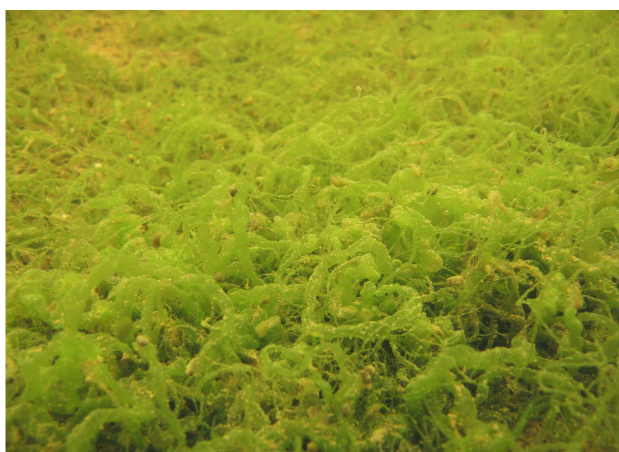
ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การศึกษามวลชีวภาพและความหนาแน่นของสาหร่าย ใส้ไก่อ้นบ่อที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายใส้ไก่อ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสาหร่ายใส้ไก่อที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวมเลน และบริเวณแนวหวานอาหาร พบว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายใส้ไก่อ ของบ่อดทดลองทั้ง 3 บ่อ และจุดที่เก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างกันดังนี้

บ่อดทดลองที่ 1

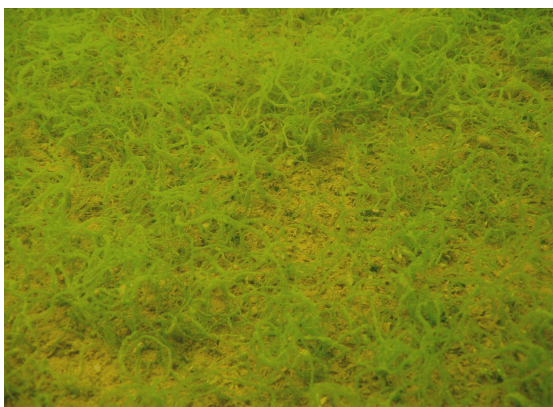
สภาพโดยทั่วไปของบ่อดทดลองที่ 1 คือ ดินบริเวณพื้นบ่อมีสีน้ำตาลอ่อน บริเวณขอบบ่อแนวหวานอาหาร และกองเลนกลางบ่อมีสภาพไม่เป็นดินเลนมากนัก พื้นบ่อมีเปลือกหอย เศษไม้ และก้อนดินขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วพื้นบ่อ น้ำใส สามารถมองเห็นบริเวณพื้นบ่อในทุกจุดที่ทำการศึกษา เมื่อนำสาหร่ายใส้ไก่อเพาะขยายปริมาณในบ่อ พบว่ามีสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหลายชนิดเกิดขึ้นในบ่อดทดลอง เช่น หนอนแดง แม่เพรียง ตัวอ่อนแมลงปอ หอยฝาเดียว และหอยสองฝาบางชนิด เป็นต้น และมีสาหร่ายชนิดอื่นขึ้นภายในบ่อ ได้แก่ *Chara* sp. และ *Najas* sp. (ภาพที่ 6-13)



ภาพที่ 6 สาหร่ายใส้ไก่อบริเวณขอบบ่อในบ่อดทดลองที่ 1



ภาพที่ 7 สาหร่ายสีเขียวแกมเขียวบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 1



ภาพที่ 8 สาหร่ายสีเขียวแกมเขียวบริเวณแนวหวานอาหารในบ่อทดลองที่ 1



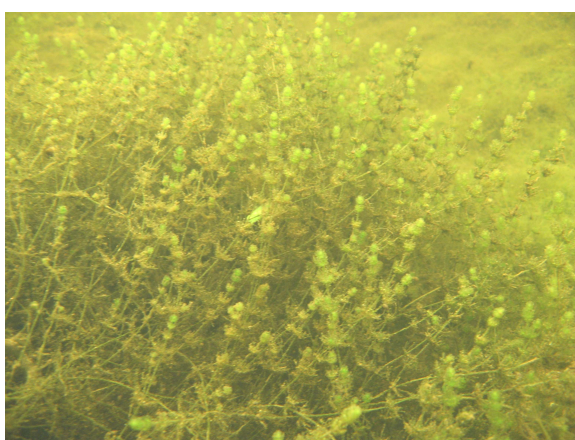
ภาพที่ 9 สภาพบริเวณพื้นบ่อที่มีหอยจำนวนมากในบ่อทดลองที่ 1



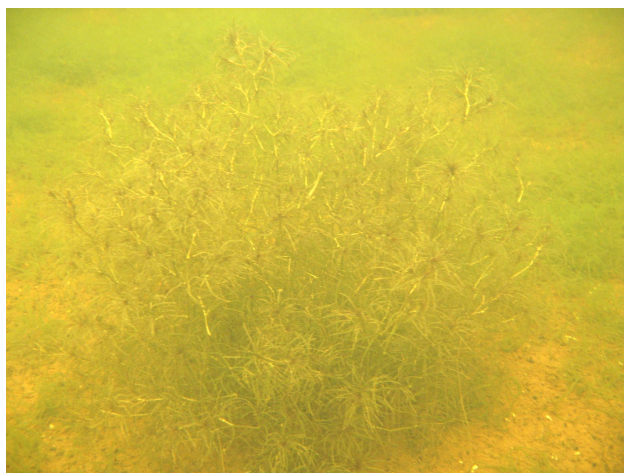
ภาพที่ 10 แม่เพรียงบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 1



ภาพที่ 11 ตัวอ่อนแมลงปอบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 1



ภาพที่ 12 สาหร่าย *Najas* sp. บริเวณแนวห่านอาหารในบ่อทดลองที่ 1



ภาพที่ 13 สาหร่าย *Chara* sp. บริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 1

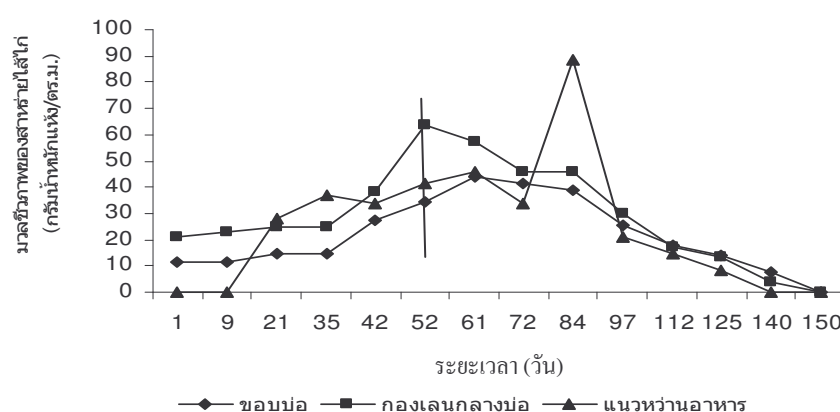
ก่อนการปล่อยกุ้งกุลาดำ

มวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายใ้ใ้ในบ่อทดลองที่ 1 ของการเตรียมบ่อ เท่ากับ 11.01 ± 6.69 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4) หลังจากนั้นสาหร่ายมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในวันที่ 52 ซึ่งเป็นวันที่ปล่อยลูกกุ้ง สาหร่ายมีมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 46.41 ± 15.41 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในช่วงนี้สาหร่ายสามารถเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด บริเวณกองเลนกลางบ่อ โดยมีค่าสูงเกือบตลอดระยะเวลาการเตรียมบ่อ ซึ่งมีค่ามวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 63.74 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร อาจเนื่องมาจากบริเวณนี้กลางบ่อเป็นที่สะสมของสารอินทรีย์จากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในรอบที่ผ่านมา ซึ่งไม่มีการนำเลนออกจากพื้นบ่อ จึงเหมาะเป็นแหล่งอาหารและยึดเกาะของสาหร่ายใ้ใ้ ส่วนบริเวณแนวหวานอาหารเป็นบริเวณที่ไม่พบสาหร่ายในช่วง 9 วันแรก หลังจากนั้นจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยมีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 41.25 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรในวันที่ 52 ส่วนบริเวณขอบบ่อ เป็นบริเวณที่มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักในช่วงนี้ โดยค่าเท่ากับ 34.15 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรในวันที่ 52

ช่วงหลังปล่อยกุ้งกุลาดำ

หลังจากการปล่อยลูกกุ้งกุลาดำในวันที่ 52 ของการศึกษา สาหร่ายใ้ใ้ยังสามารถเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นได้ในบ่อทดลอง และมีมวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายสูงสุดในวันที่ 84 เท่ากับ 57.81 ± 27.01 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4) โดยมีมวลชีวภาพของสาหร่ายใ้ใ้

สูงสุดบริเวณแนวหวานอาหารเท่ากับ 88.72 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร อาจเนื่องมาจากเริ่มมีการสะสมของอาหารที่เหลือจากการกินของกิ้งกูดำบริเวณแนวหวานอาหาร ทำให้สาหร่ายมีปริมาณเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นเริ่มมีมวลชีวภาพของสาหร่ายลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 97 ของการศึกษา (ภาพที่ 14) และลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีมวลชีวภาพของสาหร่ายเฉลี่ยน้อยที่สุดเฉลี่ยในวันที่ 140 เท่ากับ 3.93 ± 2.52 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และสาหร่ายหมดลงจากบ่อในวันที่ 150 ของการศึกษา ถึงแม้ว่าหลังจากการปล่อยกิ้งกูดำลงเลี้ยงร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ จะพบว่ามวลชีวภาพของสาหร่ายสูงสุดบริเวณแนวหวานอาหาร ส่วนบริเวณกองเลนกลางบ่อมีสาหร่ายมาก เนื่องจากไม่นำเลนบริเวณพื้นบ่อออกจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมา และมีสารอาหารสะสมบริเวณนี้สูง ประกอบกับน้ำในบ่อใส ส่งผลให้แสงส่องถึงพื้นที่บริเวณกลางบ่อ ถึงแม้ว่ามีระดับความลึกกว่าส่วนอื่นๆ ทำให้สาหร่ายเจริญได้ดี ในขณะที่บริเวณขอบบ่อน้ำตื้นกว่าบริเวณอื่น จึงมีมวลน้ำให้สาหร่ายเจริญเติบโตน้อยกว่าบริเวณอื่น

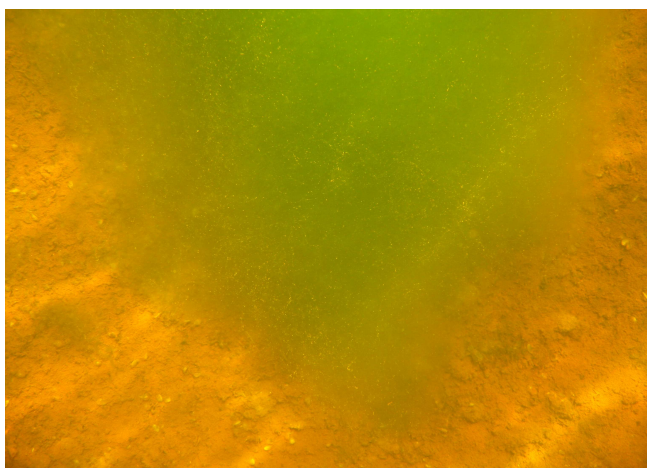


ภาพที่ 14 มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวมเลน และบริเวณแนวหวานอาหาร ในบ่อทดลองที่ 1 (I แสดงวันปล่อยกิ้งกูดำ)

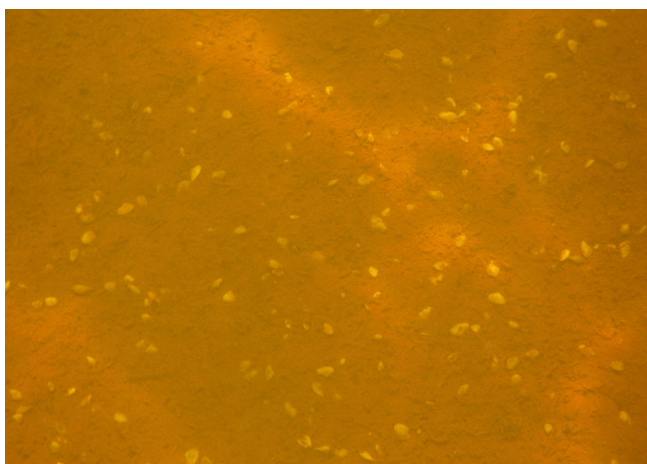
บ่อทดลองที่ 2

สภาพโดยทั่วไปของบ่อทดลองที่ 2 ดินบริเวณพื้นบ่อมีสีน้ำตาลแดง บริเวณขอบบ่อ และแนวหวานอาหารค่อนข้างเป็นดินเลน ดินค่อนข้างนํ้า ส่วนกองเลนกลางบ่อมีสภาพเป็นดินเลน โดยบริเวณผิวหน้าดินมีสีน้ำตาลแดง และเมื่อกดดินลงไป พบว่าดินมีสีดำ และมีกลิ่น พื้นบ่อมีการกระจายของเศษเปลือกหอย เศษไม้ และก้อนดินขนาดเล็ก น้อยกว่าบ่อทดลองที่ 1 มาก น้ำใส

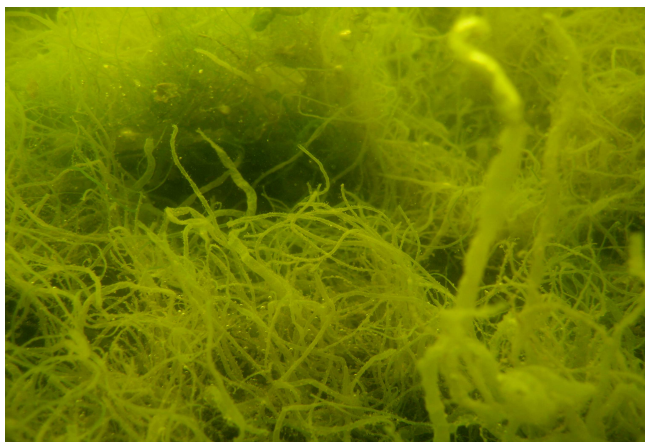
สามารถมองเห็นพื้นบ่อ แต่ในบางจุดจะพบฝ้ายลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ เมื่อเริ่มทำการเพาะสาหร่ายไส้ไก่ พบว่าสาหร่ายไส้ไก่จะขึ้นปะปนกับสาหร่าย *Spirogyra* sp. พบสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กภายในบ่อทดลอง เช่น หนอนแดง หอยฝ้ายเดี่ยวและหอยสองฝ้ายบางชนิด เป็นต้น ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างน้อยทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 15-18)



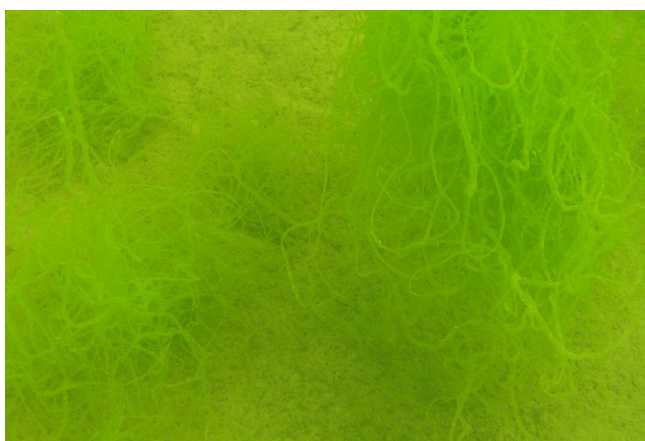
ภาพที่ 15 สาหร่าย *Spirogyra* sp. ที่พื้นบ่อบริเวณแนวหวานอาหารในบ่อทดลองที่ 2



ภาพที่ 16 พื้นบ่อบริเวณขอบบ่อที่มีเศษเปลือกหอยในบ่อทดลองที่ 2



ภาพที่ 17 สาหร่ายสีเขียวและสาหร่าย *Spirogyra* sp. ที่พบบริเวณกองเลนกลางบ่อในบ่อทดลองที่ 2



ภาพที่ 18 สาหร่ายสีเขียวที่พบบริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 2

ก่อนปล่อยกุ้งกุลาดำ

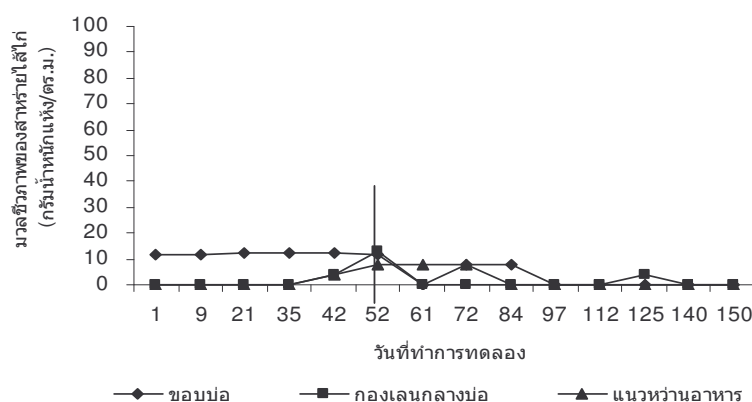
มวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายสีเขียวในบ่อทดลองที่ 2 ของการเตรียมบ่อ เท่ากับ 3.86 ± 0.00 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4) หลังจากนั้น สาหร่ายมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยบริเวณจุดเก็บตัวอย่างกองเลนกลางบ่อ และแนวห่านอาหารไม่พบสาหร่ายในช่วง 35 วันแรกของการศึกษา (ภาพที่ 19) ในวันที่ 52 ซึ่งเป็นวันที่ปล่อยลูกกุ้ง สาหร่ายมีมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 10.85 ± 2.63 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในระหว่างการเตรียมบ่อนี้สาหร่ายเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด คือ บริเวณขอบบ่อ โดยมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นตลอดระยะเวลาการเตรียมบ่อ

มีมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.96 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร บริเวณกองเลนกลางบ่อ เป็นบริเวณที่ไม่พบสาหร่ายในช่วง 35 วันแรก หลังจากนั้นจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีมวลชีวภาพเท่ากับ 12.75 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรในวันที่ 52 และแนวห่านอาหารไม่พบสาหร่ายในช่วง 35 วันแรกเช่นเดียวกับบริเวณกองเลนกลางบ่อ มีมวลชีวภาพเท่ากับ 7.85 กรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรในวันที่ 52 ของการศึกษา

ช่วงหลังปล่อยกุ้งกุลาดำ

หลังจากการปล่อยกุ้งกุลาดำในวันที่ 52 ของการศึกษา พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และหลังจากนั้นมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในวันที่ 97 ของการศึกษา (ภาพที่ 19) ซึ่งเป็นวันที่มีมวลชีวภาพของสาหร่ายเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 1.25 ± 0.00 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4) หลังจากปล่อยกุ้งกุลาดำแล้ว มวลชีวภาพของสาหร่ายสูงสุดบริเวณขอบบ่อ คือ 7.67 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เนื่องจากบริเวณขอบบ่อ ดินมีสภาพที่ไม่เป็นดินเลนมากนัก แสงสามารถส่องถึงบริเวณพื้นบ่อ มีเศษวัสดุให้สาหร่ายยึดเกาะ ทำให้สาหร่ายสามารถเจริญได้ดีกว่าบริเวณอื่น บริเวณกองเลนกลางบ่อมีค่ามวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวเท่ากับ 1.25 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวในบริเวณนี้จะถูกสาหร่าย *Spirogyra* sp. ขึ้นปะปนและปกคลุมสาหร่ายสีเขียว ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้น้อยกว่าบริเวณอื่น ในบริเวณแนวห่านอาหารมีลักษณะคล้ายบริเวณกองเลนกลางบ่อ แต่มีปริมาณสาหร่ายมากกว่าเพียงเล็กน้อย แต่ทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในบ่อทดลองที่ 2 นี้ดินมีสภาพเป็นกรด และมีการปรับสภาพพื้นบ่อโดยใช้วัสดุปูนก่อนข้างมาก ปูนเคลือบแข็งอยู่ที่ผิวหน้าดิน จึงทำให้สาหร่ายมีมวลชีวภาพสาหร่ายน้อย

มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวบ่อทดลองที่ 2



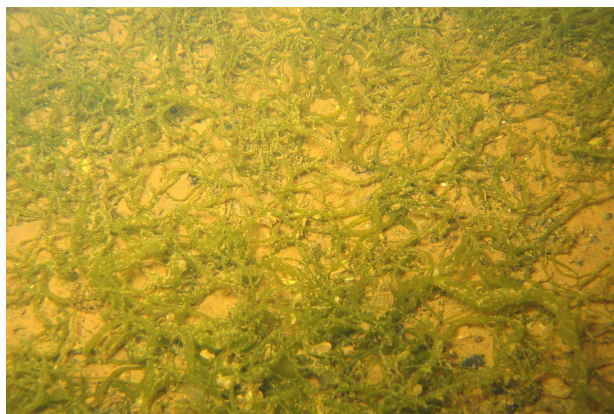
ภาพที่ 19 มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวมเลน และบริเวณแนวห่านอาหาร ในบ่อทดลองที่ 2 (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

บ่อทดลองที่ 3

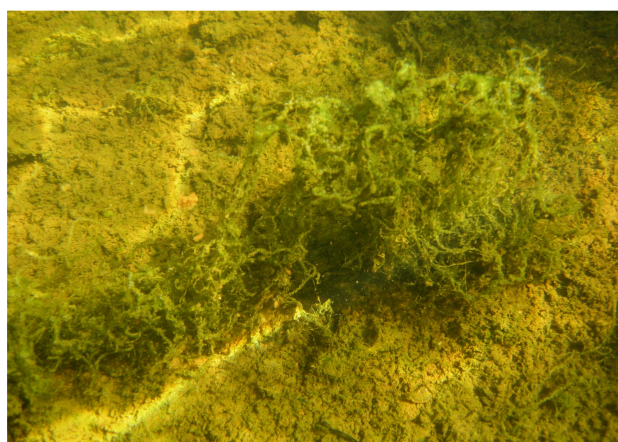
สภาพโดยทั่วไปของบ่อทดลองที่ 3 ดินบริเวณพื้นบ่อมีสีน้ำตาลส้มเล็กน้อย บริเวณขอบบ่อ และแนวห่านอาหารพื้นดินค่อนข้างนึ่ม แต่มีสภาพไม่เป็นดินเลนมากนัก ส่วนบริเวณกองเลน กลางบ่อดินค่อนข้างมีสีน้ำตาลดำ ต่างจากบริเวณขอบบ่อ และแนวห่านอาหาร โดยดินมีสภาพ ค่อนข้างนึ่มกว่าในจุดอื่น แต่ดินไม่มีกลิ่นเหม็น ในบ่อทดลองนี้มีเศษเปลือกหอยฝาเดียว และหอย สองฝากระจายอยู่ทั่วพื้นบ่อค่อนข้างมาก แต่มีปริมาณเศษเปลือกไม้ และก้อนดินขนาดเล็กน้อย น้ำ ใส สามารถมองเห็นบริเวณพื้นก้นบ่อทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง เมื่อเริ่มเพาะสาหร่ายสีเขียว พบว่ามี สาหร่าย *Spirogyra* sp. ขึ้นปะปนกับสาหร่ายสีเขียวเล็กน้อย ในบ่อทดลองนี้ยังพบสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก จำพวกสัตว์หน้าดิน ตัวอ่อนของแมลงปอ หอยฝาเดียว และหอยสองฝาบางชนิด เป็นต้น พบ ค่อนข้างมากบริเวณขอบบ่อ และกระจายอยู่ทั่วไปตามจุดเก็บตัวอย่างอื่น (ภาพที่ 20-22)



ภาพที่ 20 สภาพดินพื้นบ่อบริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 3



ภาพที่ 21 สาหร่ายสีเขียวแกมเขียวที่ขึ้นบริเวณขอบบ่อในบ่อทดลองที่ 3



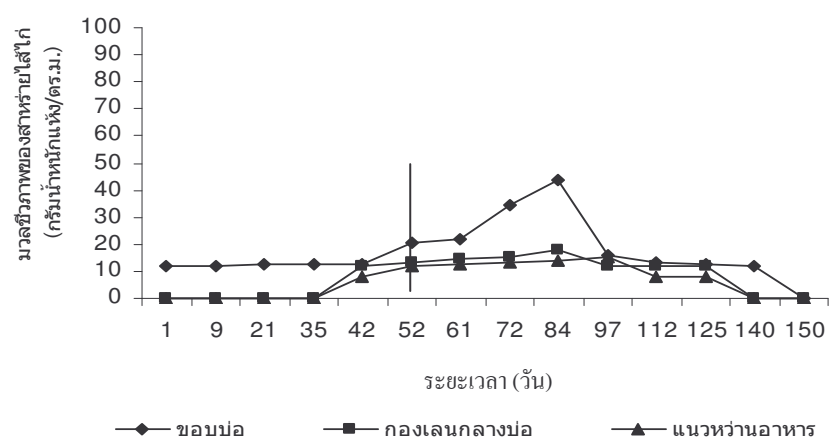
ภาพที่ 22 สาหร่ายสีเขียวแกมเขียวที่ขึ้นบริเวณแนวหน้าอาหารในบ่อทดลองที่ 3

ก่อนปล่อยกุ้งกุลาดำ

มวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายสีเขียวในบ่อทดลองที่ 3 ของการเตรียมบ่อ เท่ากับ 4.05 ± 0.00 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4) หลังจากนั้นสาหร่ายมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยโดยในวันที่ 52 ของการศึกษา เป็นวันที่ปล่อยลูกกุ้งกุลาดำ สาหร่ายมีมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 ± 4.84 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในการเตรียมบ่อนี้สาหร่ายมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนได้มากที่สุด บริเวณขอบบ่อโดยมีค่ามวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 20.86 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เนื่องจากในบริเวณนี้เป็นจุดที่แสงสามารถส่องถึงพื้นก้นบ่อ และมีวัสดุที่สาหร่ายสามารถยึดเกาะใช้ในการเจริญเติบโตมากกว่าในจุดอื่น ส่วนบริเวณแนวหวานอาหาร และกองเลนกลางบ่อเป็นบริเวณที่ไม่พบสาหร่ายในช่วง 35 วันแรก (ภาพที่ 23) หลังจากนั้นจึงเพิ่มปริมาณขึ้นโดยมวลชีวภาพเท่ากับ 13.40 และ 11.78 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในวันที่ 52 ของการศึกษา

ช่วงหลังปล่อยกุ้งกุลาดำ

หลังจากการปล่อยกุ้งกุลาดำในวันที่ 52 ของการศึกษา สาหร่ายสีเขียวยังสามารถเจริญเติบโตได้ในบ่อทดลอง และมีมวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายสูงสุดในวันที่ 84 เท่ากับ 25.28 ± 16.23 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4) โดยมีมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวสูงสุดบริเวณขอบบ่อ เท่ากับ 43.90 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เนื่องจากในบริเวณนี้สภาพดินบริเวณพื้นบ่อไม่แน่นและไม่แข็งจนเกินไป แสงสามารถส่องถึงพื้นบ่อ มีวัสดุให้สาหร่ายยึดเกาะได้มากกว่าจุดอื่น สาหร่ายสามารถใช้ในการยึดเกาะสำหรับการเจริญเติบโตได้ดี ส่วนบริเวณกองเลนกลางบ่อมีมวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 17.79 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เนื่องจากพบสาหร่าย *Spirogyra* sp. ขึ้นปะปนกับสาหร่ายสีเขียวเล็กน้อย และบริเวณแนวหวานอาหารนั้นมีมวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 14.93 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ซึ่งในบริเวณนี้มีการขึ้นปะปนของสาหร่าย *Spirogyra* sp. มาก หลังจากการปล่อยลูกกุ้งสาหร่ายสามารถเจริญเติบโต และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในบ่อ จนกระทั่งสาหร่ายเริ่มมีปริมาณมวลชีวภาพลดลงในวันที่ 97 ของการศึกษา (ภาพที่ 23) และลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีมวลชีวภาพของสาหร่ายเฉลี่ยน้อยที่สุดในวันที่ 140 เท่ากับ 3.99 ± 0.00 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และสาหร่ายหมดไปจากบ่อในวันที่ 150 ของการศึกษา มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวสูงสุดที่บริเวณขอบบ่อ บริเวณกองเลนกลางบ่อ และบริเวณแนวหวานอาหารตามลำดับ โดยทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 23 มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่จับได้ตัวอย่างบริเวณขอบบ่อ กลางบ่อซึ่งเป็นจุดรวมเลน และบริเวณแนวหวานอาหาร ในบ่อทดลองที่ 3 (แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

ตารางที่ 4 มวลชีวภาพเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ครั้งที่	วันที่	บ่อทดลองที่ 1 (กรัมน้ำหนักแห้ง/ ตร.ม)	บ่อทดลองที่ 2 (กรัมน้ำหนักแห้ง/ ตร.ม)	บ่อทดลองที่ 3 (กรัมน้ำหนักแห้ง/ ตร.ม)
1	1	11.01±6.69	3.86±0.00	4.05±0.00
2	9	11.52±7.77	3.93±0.00	4.05±0.00
3	21	22.52±6.88	4.05±0.00	4.18±0.00
4	35	25.69±11.09	4.05±0.00	4.18±0.00
5	42	33.26±5.49	6.54±4.86	10.66±2.62
6	52	46.41±15.41	10.85±2.63*	15.35±4.84
7	61	48.96±7.26	2.68±0.00	16.27±4.89
8	72	40.37±6.03	5.17±4.48	20.97±11.55
9	84	57.81±27.01*	2.56±0.00	25.28±16.23*
10	97	25.65±4.50	1.25±0.00	14.29±2.09
11	112	16.60±1.67	-	11.06±2.86
12	125	11.88±3.17	-	10.79±2.55
13	140	3.93±2.52	-	3.99±0.00
14	150	-	-	-

หมายเหตุ วันที่ 52 วันปล่อยลูกกุ้งกุลาดำ และ * ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่สูงสุด

มวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ทุกจุดเก็บตัวอย่างในทุกบ่อทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยบ่อทดลองที่ 1 มีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด 57.81±27.01 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ส่วนบ่อทดลองที่ 3 มีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด 25.28±16.23 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และบ่อทดลองที่ 2 ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงสุด 10.85±2.63 กรัม/น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 24) จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า มวลชีวภาพของสาหร่ายในแต่ละบ่อมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ในช่วง 52 วันที่เพาะสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อทดลอง ก่อนปล่อยลูกกุ้งกุลาดำ สาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องในทุกบ่อทดลอง แต่จะมีค่ามวลชีวภาพของสาหร่ายในปริมาณที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากมีปัจจัย

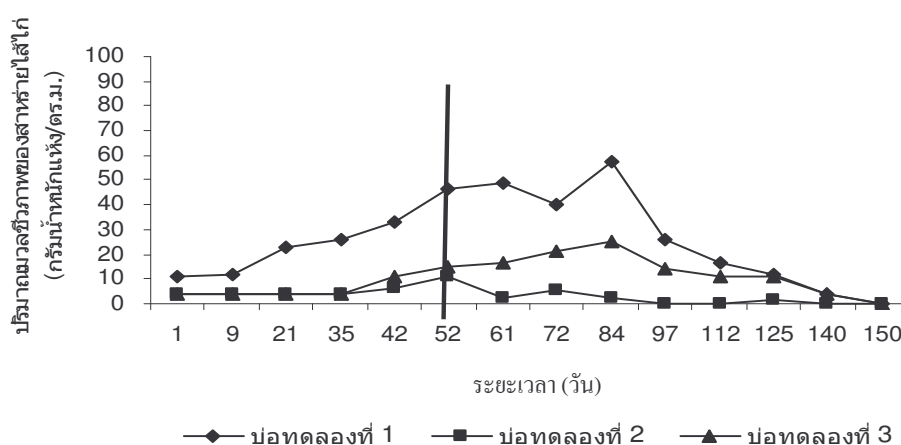
หลายประการที่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อทดลอง โดยมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อทดลองที่ 1 มีมวลชีวภาพสูงกว่าสาหร่ายในบ่ออื่นๆ ตลอดการเลี้ยง เมื่อพิจารณาจากสภาพทั่วไปภายในบ่อ พบว่า บ่อที่ 1 ซึ่งมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย น้ำใส รวมทั้งมีวัสดุ ก้อนหิน เปลือกหอย ให้สาหร่ายสามารถยึดเกาะได้ดี โดยในระหว่างการเลี้ยงไม่มีสาหร่ายชนิดอื่นขึ้นปกคลุมสาหร่ายไส้ไก่ ทำให้มวลชีวภาพของสาหร่ายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่บ่อที่ 2 ดินมีสภาพเป็นกรด สังกะสีจากดินพื้นบ่อมีสีน้ำตาลแดง ถึงแม้ว่าน้ำใสมีค่าความโปร่งแสงสูง แต่น้ำมีสีน้ำตาลส้ม ทำให้ความเข้มแสงและคุณภาพของแสงที่ส่องถึงพื้นบ่อไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ประกอบกับพื้นบ่อมีวัสดุให้สาหร่ายยึดเกาะน้อย ทำให้สาหร่ายไม่สามารถเพิ่มจำนวน และเจริญเติบโตไม่ดี นอกจากนี้การเติมปุ๋ยขาวลงไปใบบ่อจำนวนมาก จนตกตะกอนปกคลุมหน้าดิน อาจส่งผลกระทบต่อแลกเปลี่ยน และหมุนเวียนสารอาหารระหว่างน้ำและดิน ในระหว่างการเลี้ยง พบว่า มีสาหร่ายชนิดอื่นขึ้นปกคลุมสาหร่ายไส้ไก่อ่อนข้างมาก สาหร่ายชนิดอื่นที่ขึ้นปกคลุมนี้ แย่งดูดซับสารอาหารต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ และบดบังแสงไม่ให้ส่องลงไปถึงสาหร่ายไส้ไก่ และพื้นเบื้องล่าง ส่งผลให้สาหร่ายในบ่อทดลองที่ 2 มีมวลชีวภาพต่อตลอดการเลี้ยง ในบ่อทดลองที่ 3 มีปริมาณสาหร่ายน้อยกว่าในบ่อทดลองที่ 1 แต่มากกว่าในบ่อทดลองที่ 2 เล็กน้อย เนื่องจากดินพื้นบ่อมีสภาพเป็นกรด เช่นเดียวกับบ่อที่ 2 สังกะสีได้ชัดเจนบริเวณขอบบ่อมีสีส้มแดง ดินบริเวณกลางบ่อมีสีน้ำตาลดำ น้ำใสจนสามารถมองเห็นพื้นบ่อ และไม่มีฝ้าที่บริเวณผิวน้ำ แต่น้ำมีสีน้ำตาลส้ม มีการปรับสภาพบ่อด้วยปูนขาว ทำให้มีลักษณะเช่นเดียวกับบ่อทดลองที่ 2 อย่างไรก็ตามในบ่อทดลองที่ 3 มีเศษหินและเปลือกหอยให้สาหร่ายยึดเกาะ จึงทำให้สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้

เมื่อพิจารณาพื้นที่บริเวณต่างๆ ภายในบ่อ ได้แก่ ขอบบ่อ กองเลนกลางบ่อ และแนวหว่านอาหาร พบว่าบ่อทดลองทั้ง 3 มีสาหร่ายไส้ไก่แพร่กระจายตามบริเวณต่างๆ แตกต่างกันไป กล่าวคือ บ่อทดลองที่ 1 สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีบริเวณกองเลนกลางบ่อ ในขณะที่บ่อทดลองที่ 2 และ 3 สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีบริเวณขอบบ่อ แต่มวลชีวภาพของสาหร่ายที่พบในบ่อทดลองที่ 2 และ 3 บริเวณขอบบ่อ ยังมีค่าต่ำกว่าค่ามวลชีวภาพที่พบในบริเวณเดียวกันของบ่อที่ 1

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การเจริญของสาหร่ายภายในบ่อ ไม่ได้ขึ้นกับตำแหน่งต่างๆ ภายในบ่อเป็นสำคัญ แต่มีหลายปัจจัยร่วมกัน โดยเฉพาะปัจจัยทางกายภาพที่เป็นปัจจัยเฉพาะแต่ละบ่อ ดังนี้ ในกรณีที่มีบ่อมีการรวมกองเลนที่กลางบ่อ น้ำใสดินพื้นบ่อมีสีน้ำตาล มีเศษเปลือกหอย ก้อนหิน ขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วพื้นบ่อ และไม่มีสาหร่ายชนิดอื่นๆ ขึ้นปะปน สาหร่ายไส้ไก่จะสามารถ

เจริญเติบโตได้ดีทั่วทั้งบ่อ โดยเฉพาะบริเวณกองเลนกลางบ่อ เนื่องจากได้รับสารอาหารที่มีการหมุนเวียนจากกองเลนสู่ น้ำ รวมทั้งน้ำใสแสงสามารถส่องผ่านในน้ำได้ดี ถึงแม้ว่าจะเป็นบริเวณกองเลนกลางบ่อ ซึ่งอาจมีความลึกถึง 2 เมตร

ในกรณีที่บ่อมีปัญหาอยู่เดิม เช่นดินมีสภาพเป็นกรด สีของดิน และน้ำเป็นสีส้มแดง คล้ายลูกร้าง มีเศษเปลือกหอยหรือเศษดินค่อนข้างน้อย และอาจมีสาหร่ายชนิดอื่นขึ้นปะปน ประกอบกับการปรับสภาพพื้นบ่อ และคุณภาพน้ำด้วยการเติมปูน ปูนที่ไม่ละลายจะเคลือบอยู่บนผิวดินจำนวนมาก ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของดินอ่อนสาหร่าย การนำปูนขาวมาใช้ในการปรับสภาพของน้ำ ทำให้การหว่านปูนขาวในปริมาณมากนี้เคลือบดินพื้นบ่อ เกิดจากปริมาณของเกลือแคลเซียม และแมกนีเซียมบางส่วน ซึ่งตามปกติพืชและสาหร่ายนำไปใช้ในการสังเคราะห์รงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์ เอ (ประเทือง, 2534) สาหร่ายสีเขียวในบ่อมีการเจริญเติบโตไม่ดก โดยจะมีมวลชีวภาพสูงบริเวณขอบบ่อ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณขอบบ่อ มักมีวัสดุที่เหมาะสมให้สาหร่ายยึดเกาะ น้ำค่อนข้างตื้นแสงส่องถึงพื้นได้สาหร่ายจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่เนื่องจากน้ำตื้นทำให้มีมวลน้ำต่อพื้นที่ให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้น้อยกว่าในที่ลึก ดังนั้นถึงแม้ว่าจะเห็นสาหร่ายเจริญยาวขึ้นมาปกคลุมบริเวณขอบบ่อ แต่เมื่อประเมินมวลชีวภาพแล้วกลับพบว่าสาหร่ายมีมวลชีวภาพไม่สูงมากนัก



ภาพที่ 24 มวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวก่อน และหลังการปล่อยลูกกุ้งกุลาดำระหว่างบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

จากการศึกษามวลชีวภาพ และความหนาแน่นของสาหร่ายไส้ไก่ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ วิวรรณ และฐิติมา (2543a) ที่ทำการเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri* ร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อดิน ระยะเวลาเลี้ยงนาน 152 วัน พบว่า น้ำหนักของสาหร่ายเพิ่มขึ้น ในวันที่ 28-84 และลดลงในวันที่ 98 จนสิ้นสุดการทดลองสาหร่ายมีน้ำหนักลดลงตามลำดับ เช่นเดียวกับในการศึกษาครั้งนี้ ในบ่อทดลองที่ 1 และ 3 แต่จากการศึกษาของ วิวรรณ และฐิติมา (2543b) ที่เลี้ยงสาหร่าย *G. fisheri* ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเช่นกัน แต่ทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 126 วัน โดยสาหร่ายมีปริมาณลดลงตั้งแต่วันที่ 56 ของการเลี้ยง

สาหร่ายยังมีความต้องการแสง และสารอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ดังนั้น ปริมาณตะกอนจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่บดบังแสงที่ส่องมายังบริเวณพื้นบ่อ ทำให้สาหร่ายสังเคราะห์แสงได้น้อย และตะกอนขัดขวางการดูดซึมสารอาหารที่อยู่ในน้ำ (วิวรรณ และฐิติมา, 2543 a) และจากการศึกษาในครั้งนี้หลังจากการปล่อยลูกกุ้งกุลาดำ สาหร่ายไส้ไก่จะค่อยๆ มีปริมาณมวลชีวภาพลดลง จนกระทั่งหมดจากบ่อทดลอง ปริมาณตะกอนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากเศษอาหาร และสิ่งขับถ่ายจากกุ้ง เนื่องจากกุ้งกุลาดำสามารถกินอาหารได้เพียง 25-34 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่ให้เท่านั้น (แม็ก, 2533)

ปริมาณสาหร่ายไส้ไก่ในแต่ละบ่อที่ทำการทดลองนั้นมีความแตกต่างกัน รวมทั้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด จากการทดลองของ วิวรรณ และคณะ (2539) ที่ทำการศึกษากการเลี้ยงสาหร่าย *G. fisheri* แบบผลิตสูงในบ่อดิน กล่าวคือ น้ำหนักของสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นอยู่ในบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวของมวลน้ำอยู่ตลอดเวลา คือในจุดที่มีเครื่องตีน้ำ น้ำหนักของสาหร่ายจะมากกว่าบริเวณอื่นที่ทำการทดลอง เนื่องจากการเคลื่อนตัวของน้ำอยู่ตลอดเวลา แต่จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า บริเวณที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดของการศึกษา คือ บริเวณกองเลนกลางบ่อ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำต่ำ และมีการตกตะกอนสูง และจากการทดลองของ Parker (1982) ที่ทำการศึกษากการเลี้ยงสาหร่ายสกุล *Gracilaria* ในน้ำนิ่ง กล่าวว่า สาหร่ายในน้ำที่มีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าในน้ำที่มีสภาพนิ่ง จากการพัฒนาธาตุอาหารที่อยู่ในบริเวณพื้นน้ำ ขึ้นมาสู่บริเวณผิวน้ำนั้น เป็นช่วงเวลาที่สาหร่ายสามารถนำธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ แต่การทดลองครั้งนี้ บริเวณแนวหัวน้ำอาหารที่เป็นบริเวณที่มวลน้ำเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เป็นบริเวณที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายรองลงมาจากบริเวณกองเลนกลางบ่อ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการทดลองมีขนาดไม่เท่ากัน และสาหร่ายมีลักษณะแตกต่างกัน โดย *Gracilaria* มีลักษณะรูปร่างเรียวยาว อวบน้ำ ทึบสีมีขนาดใหญ่กว่าสาหร่ายไส้ไก่ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดกลวง

คล้ายลำไส้ และเจริญยืดยาวจนถึงผิวหนัง ซึ่งอาจไม่เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะบริเวณแนวหน้าอาหาร

2 การศึกษาคุณภาพน้ำและคุณภาพดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่

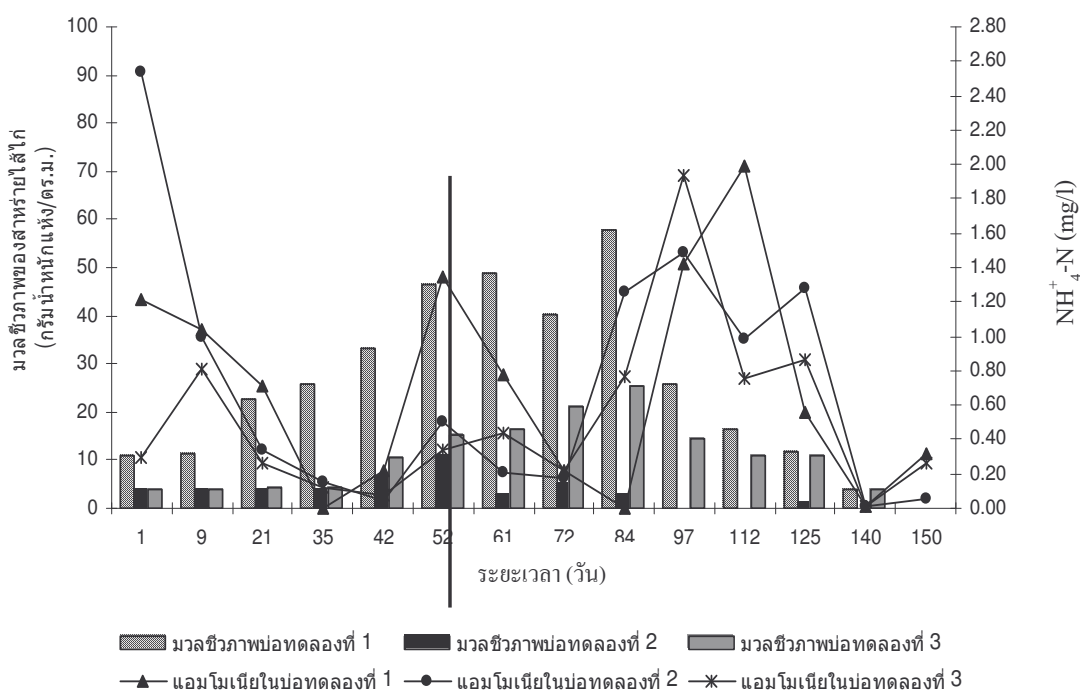
2.1 คุณภาพน้ำ

2.1.1 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน

จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงร่วมกับกิ้งกูดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกิ้งกูดำ ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.210 , 2.540 และ 0.300 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งในช่วงวันแรกนี้ มีปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนสูงทุกบ่อทดลอง เนื่องจากการไม่มีการนำเลนออกจากพื้นบ่อในรอบการเลี้ยงที่ผ่านมา หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนจึงมีค่าลดลง และมีมวลชีวภาพของสาหร่ายเพิ่มขึ้น ในวันที่ 52 ของการศึกษา ซึ่งเป็นวันปล่อยลูกกิ้งกูดำ ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนสูงขึ้น อาจเนื่องจากการตายของแพลงก์ตอนพืชบางส่วนภายในบ่อ โดยในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 1.35 , 0.50 และ 0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนเฉลี่ยก่อนการปล่อยกิ้งในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.754 ± 0.548 , 0.762 ± 0.933 และ 0.318 ± 0.259 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากปล่อยกิ้งในวันที่ 61 พบว่าปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนลดลง (ภาพที่ 25) เนื่องจากเป็นช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโต หลังจากนั้นแอมโมเนีย – ไนโตรเจนมีค่าสูงขึ้น หลังจากวันที่ 84 ไปแล้ว โดยบ่อทดลองที่ 2 และ 3 มีปริมาณสูงสุดหลังจากการปล่อยกิ้งเท่ากับ 1.49 และ 1.94 มิลลิกรัม ในวันที่ 97 แต่บ่อทดลองที่ 1 มีปริมาณสูงสุดหลังจากการปล่อยกิ้งในวันที่ 112 เท่ากับ 1.99 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนที่เพิ่มสูงขึ้นหลังจากวันที่ 84 ไปแล้วอาจเกิดจากของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของกิ้ง รวมทั้งเป็นช่วงที่สาหร่ายตาย หลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลง จนมีค่าต่ำในวันที่ 140 ทุกบ่อทดลอง ซึ่งเป็นช่วงที่สาหร่ายตายลงทั้งหมด แต่เมื่อตรวจสอบค่าความโปร่งแสง พบว่า น้ำมีค่าความโปร่งแสงต่ำ (45-75 เซนติเมตร) จึงอาจเป็นไปได้ว่าแอมโมเนีย – ไนโตรเจนลดลง เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในการเจริญ และเพิ่มจำนวน

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 25) ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนก่อนการปล่อยกึ่งกลางค่าน้อยกว่าปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนหลังจากการปล่อยกึ่ง

ถึงแม้ว่าในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนสูง และมีปริมาณเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นอันตรายต่อกุ้งกุลาดำ (ชโล, 2543) ซึ่งปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนที่สูงขึ้นเกิดจากการขับถ่ายของกุ้ง และการเน่าสลายของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรีย (Boyd, 1987) ซึ่งสาหร่ายสามารถดึงแอมโมเนียมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าไนโตรเจนที่อยู่ในรูปอื่น และสามารถนำแอมโมเนียมาใช้ในการรูปของ กรดอะมิโน (Lobban and Harrison, 1994) โดยสอดคล้องกับการทดลอง Fong *et al.* (1996) ที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถนำไนโตรเจนในน้ำ ที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ และเมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของสาหร่ายเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน แต่หากปริมาณแอมโมเนีย ไม่ได้อยู่ในรูปของแอมโมเนียที่เป็นพิษ สาหร่ายจะสามารถนำแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้



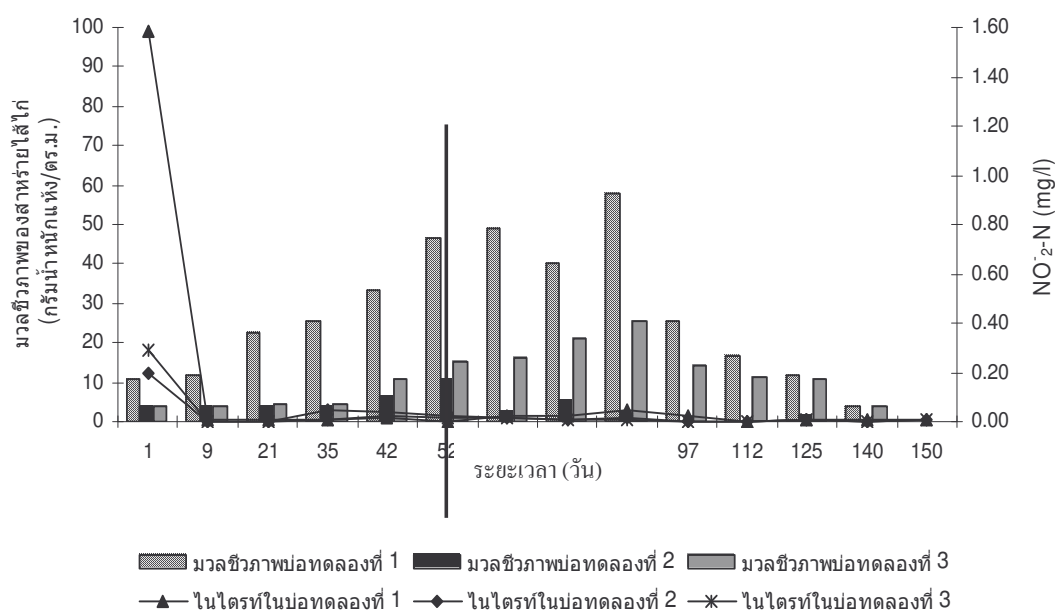
ภาพที่ 25 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก่อน และหลังการปล่อยกึ่งกลางค่าน้ำ (I แสดงวันปล่อยกึ่งกลางค่าน้ำ)

2.1.2 ไนไตรท์ - ไนโตรเจน

จากการศึกษาปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงร่วมกับกิ้งกูด้าในบ่อดทดลองที่ 1 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกิ้งกูด้า ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนในบ่อดทดลองที่ 1 2 และ 3 มีค่าเริ่มต้นของการศึกษาเท่ากับ 1.587 , 0.200 และ 0.290 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงในวันแรกที่ทำการศึกษ เนื่องจากไม่มีการนำเลนออกจากพื้นบ่อ ทำให้มีการสะสมของปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน เช่นเดียวกับ ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน โดยหลังจากนั้นจึงมีปริมาณลดลง (ภาพที่ 26) มีปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนเฉลี่ยก่อนการปล่อยกิ้งในบ่อดทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.271 ± 0.004 , 0.052 ± 0.021 และ 0.057 ± 0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในวันที่ 52 ซึ่งเป็นวันปล่อยลูกกิ้ง พบว่าปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนในบ่อดทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.003, 0.024 และ 0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนมีค่าต่ำ และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวและปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 26) แต่พบว่าในบ่อดทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนก่อนการปล่อยกิ้งกูด้ามากกว่าหลังปล่อยกิ้ง

ในบ่อดทดลองที่ 1 ไนไตรท์ - ไนโตรเจนสูงมากในวันแรกของการศึกษา และลดปริมาณอย่างรวดเร็วภายในวันที่ 9 ดังนั้นจึงพบว่าปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกิ้ง ที่มีค่าปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.5 – 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะทำให้กิ้งกินอาหารน้อยลง แต่ถ้าหากมีปริมาณที่สูงกว่านี้จะทำให้สัตว์น้ำตาย (Boyd, 1982) ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน มีการเปลี่ยนแปลงต่ำ และมีค่าไม่เกินระดับมาตรฐาน คือ 0.1 – 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (Lui, 1989) จากการศึกษ พบว่าปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนที่สูงกว่ากำหนด จะอยู่ในช่วงก่อนการปล่อยกิ้งลงเลี้ยง ซึ่งเกิดจากการสะสมของตะกอนเลนบริเวณพื้นบ่อ จึงทำให้มีปริมาณสูงในช่วงแรก แต่ทั้งนี้สาหร่ายยังสามารถดึงไนไตรท์ที่อยู่ในน้ำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ (Fong *et al.*, 1996)



ภาพที่ 26 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

2.1.3 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน

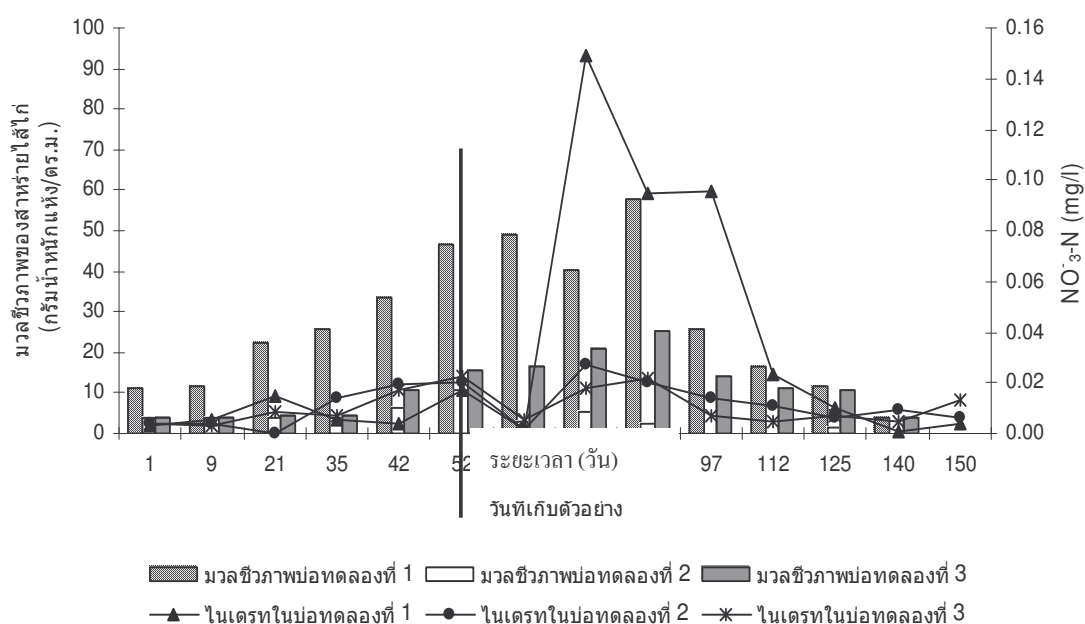
การศึกษาปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเริ่มต้นของการศึกษาเท่ากับ 0.003, 0.004 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยในวันเริ่มต้น เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในน้ำอยู่ในรูปของแอมโมเนีย - ไนโตรเจน และไนไตรท์ - ไนโตรเจน โดยมีปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนเฉลี่ยก่อนการปล่อยกุ้งในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.008 ± 0.006 , 0.010 ± 0.009 และ 0.010 ± 0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยค่อยๆมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกบ่อทดลอง วันที่ 52 ที่ เป็นวันปล่อยลูกกุ้ง พบว่าปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.017, 0.020 และ 0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในวันที่ 61 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนมีปริมาณลดลง (ภาพที่ 27) เนื่องจากเป็นช่วงที่ไนโตรเจนในน้ำ อยู่ในรูปของปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน หลังจากนั้นจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในบ่อทดลองที่ 1 เนื่องจากเป็นช่วงที่ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน ในบ่อทดลองที่ 1 มีปริมาณลดลง ประกอบกับบ่อทดลองที่ 1 เป็นบ่อที่มีสาหร่ายมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่ 2 และ 3 ช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่สาหร่ายไส้ไก่เริ่มมี

มวลชีวภาพคงที่ อาจส่งผลให้การดูดซับสารอาหารต่างๆ ลดลง ต่อมาเมื่อสาหร่ายเริ่มตาย ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนในน้ำกลับมีค่าลดลง เนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ และปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 27) ในบ่อทดลองที่ 1 และ 2 ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนก่อนการปล่อยกุ้งกุลาดำ น้อยกว่าหลังการปล่อยกุ้ง ส่วนในบ่อทดลองที่ 3 มีปริมาณปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนใกล้เคียงกันทั้งก่อน และหลังการปล่อยกุ้ง

ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนเฉลี่ยรวมของในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 อยู่ในเกณฑ์ที่มีปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* คือ 0.012 – 0.014 มิลลิกรัมต่อลิตร (Bendoricchio *et al.*, 1994) ถึงแม้ว่าในบ่อทดลองที่ 1 จะมีปริมาณสูงกว่ากำหนดก็ตาม และจากการศึกษาของ Fong *et al.*, (1996) พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่มีปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนค่อนข้างสูง ส่วนปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนที่ลดลงนั้น อาจเกิดจากแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้สะสมภายในเซลล์ เมื่อตายจึงตกตะกอนลงสู่พื้นบ่อ ทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลาย และเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันบริเวณพื้นบ่อ เปลี่ยนอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นไนเตรท ซึ่งเป็นระบบหมุนเวียนไนโตรเจนภายในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยปริมาณไนเตรทลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง (Bouldin *et al.*, 1974) เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้

คุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวทั้ง 3 ปอดทดลอง



ภาพที่ 27 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลัง การปล่อยกุ้งกุลาดำ (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

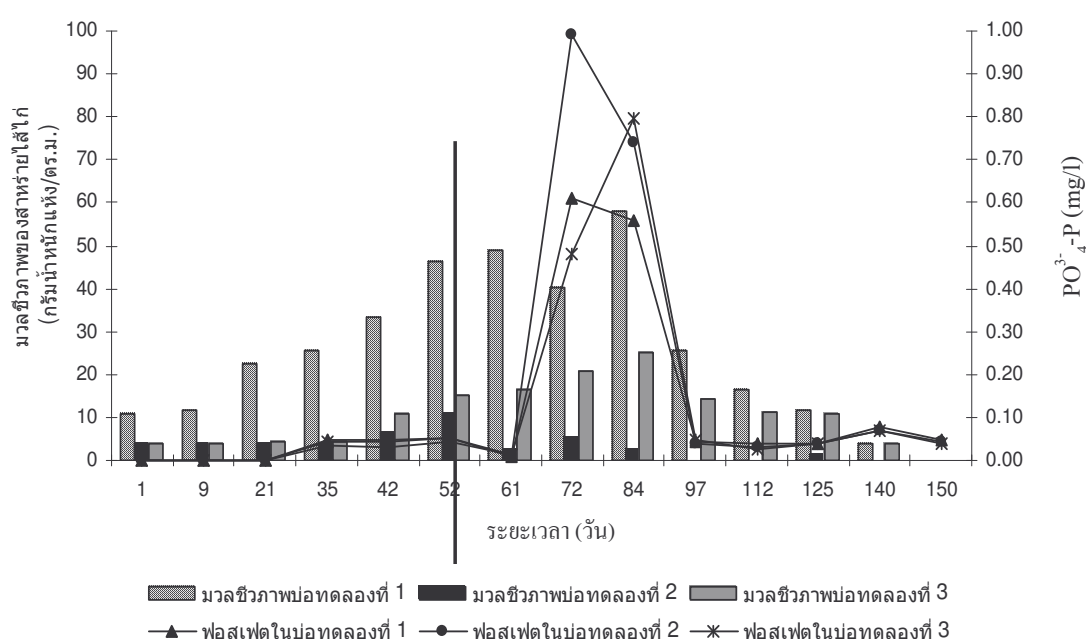
จากการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ไนไตรท์ – ไนโตรเจน และไนเตรท – ไนโตรเจนร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำก่อนการปล่อยกุ้ง พบว่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ในรูปของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ไนไตรท์ – ไนโตรเจน และไนเตรท – ไนโตรเจน ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนไนโตรเจน โดยช่วงแรกของการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน และไนไตรท์ – ไนโตรเจนสูงนั้น เนื่องจากการสะสมของตะกอนเลนบริเวณพื้นบ่อ หลังจากการปล่อยกุ้ง พบว่าปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากของเสียจากกุ้ง ของเสียจากอาหารกุ้ง การตายของสาหร่าย และแพลงก์ตอนพืชบางส่วน ในช่วงที่สาหร่ายมีมวลชีวภาพลดลงในวันที่ 112-150 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในน้ำกลับมีค่าลดลงทั้งหมด ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช โดยจะเห็นได้จากค่าความโปร่งแสงของน้ำที่มีค่าลดลงในช่วงดังกล่าว อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Palmer (1977) พบว่า ถ้าปริมาณไนโตรเจนมีค่าสูงกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายมีแนวโน้มที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณไนโตรเจนในช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตดี

2.1.4 ปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส

จากการศึกษาปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงร่วมกับกิ้งกูดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกิ้งกูดำ พบว่า ปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสในบ่อทดลอง มีค่าเริ่มต้นของการศึกษาเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง 3 บ่อทดลอง และไม่พบปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสในช่วง 21 วันแรกก่อนการปล่อยกิ้งกูดำ ซึ่งโดยปกติแล้วจะพบปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำน้อย หลังจากนั้นปริมาณฟอสเฟต - ฟอสฟอรัสภายในบ่อจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น เกิดจากประสิทธิภาพในการละลายของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่มีการละลายของปุ๋ยอย่างช้าๆ โดยมีปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสเฉลี่ยก่อนการปล่อยกิ้งกูดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.024 ± 0.026 , 0.018 ± 0.020 และ 0.023 ± 0.026 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณสูงขึ้นทุกบ่อทดลอง หลังการปล่อยกิ้งกูดำ พบว่าในวันที่ 61 – 97 ปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องจากเกิดกระแส น้ำจากเครื่องตีน้ำที่เริ่มเปิดในช่วงวันที่เริ่มมีปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส เพิ่มสูงขึ้นภายในบ่อ หลังจากนั้นจะลดต่ำลง ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืช โดยปริมาณเฉลี่ยหลังการปล่อยกิ้งกูดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.178 ± 0.252 , 0.246 ± 0.390 และ 0.190 ± 0.290 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว และปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส ปรากฏว่าเฉพาะในบ่อทดลองที่ 3 มีความสัมพันธ์กัน มีค่า ($R^2 = 0.5485$) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าต่ำมาก เมื่อพิจารณาโดยรวม จึงเห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนมาก แต่ในบ่อทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน มีปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส ก่อนการปล่อยกิ้งกูดำน้อยกว่าหลังปล่อยกิ้งกูดำ ปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส เฉลี่ยรวมของในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.112 ± 0.195 , 0.148 ± 0.298 และ 0.118 ± 0.222 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาของ Bendoricchio *et al.* (1994) พบว่าสาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* สามารถเจริญเติบโตได้ดีถ้ามีฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.01-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการศึกษาของ Fong *et al.* (2004) พบว่าสาหร่ายสีเขียวสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับฟอสฟอรัสสูงในช่วง 79-88% ของปริมาณน้ำ เนื่องจากฟอสเฟตถือว่าเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว หากยังมีปริมาณมาก จะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายที่สูงขึ้น และจากการรายงานของ Palmer (1977) ถ้าปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าสูงกว่า 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายจะมีแนวโน้มการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปริมาณของฟอสเฟตมีปริมาณสูงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา จึงทำให้สาหร่าย

สามารถเจริญเติบโตได้ รวมทั้งมีการใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟตลงภายในบ่อ ซึ่งปุ๋ยหินฟอสเฟตนี้มีปริมาณฟอสเฟตผันแปรอยู่ในช่วง 14-36% และเป็นปุ๋ยที่มีอัตราการละลายในน้ำได้ช้ามาก แต่สามารถละลายในน้ำได้ดีหากมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ โดยปกติปุ๋ยหินฟอสเฟตจะใช้ระยะเวลาในการละลายในน้ำ และค่อยๆ ปลดปล่อยสารอาหารออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี (พรรณทิพา, 2531) ซึ่งน้ำในทั้ง 3 บ่อทดลองมีค่า pH อยู่ในช่วง 7 - 9 ทำให้อัตราการละลายของปุ๋ยค่อนข้างช้า จากภาพที่ 28 ในช่วงวันที่ 61-97 มีปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงที่มีการละลายของปุ๋ยหินฟอสเฟต และเกิดจากการเปิดเครื่องตีน้ำ ซึ่งฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอนุภาค และสารแขวนลอย โดยเฉพาะอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็ก โดยกระจายขึ้นมาจากพื้นบ่อ ซึ่งมักจะมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง (Avnimelech and Lacher, 1979; Thomforde and Boyd, 1991) และเกิดจากการตายของสาหร่าย และแพลงก์ตอนพืชบางส่วน

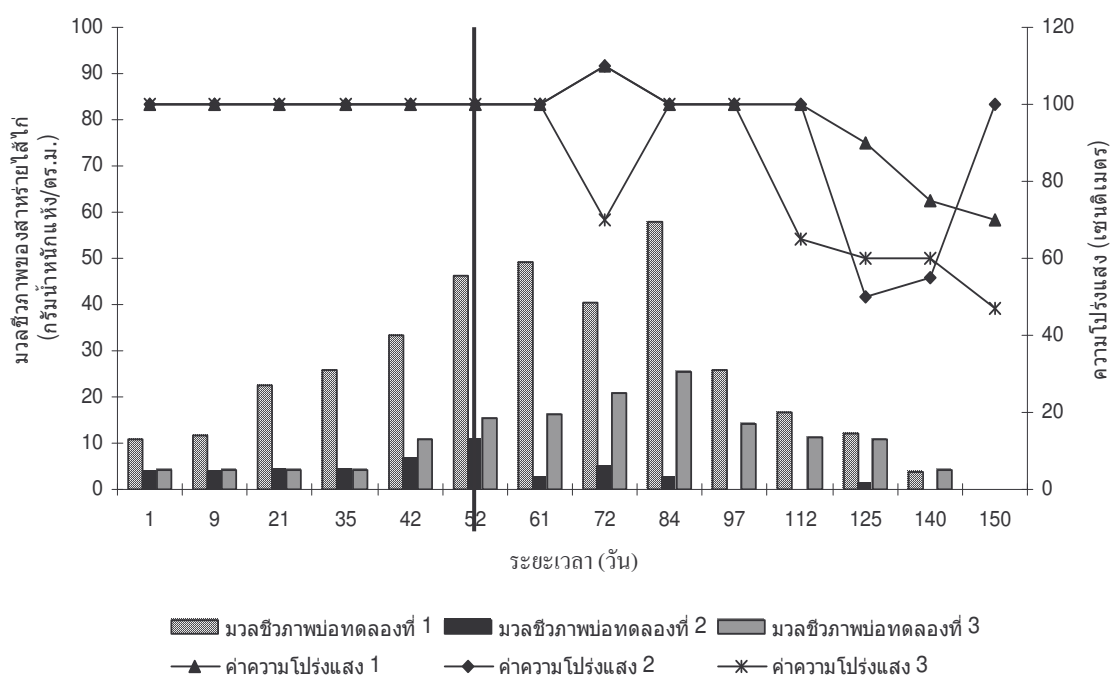


ภาพที่ 28 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

2.1.5 ความโปร่งแสง

จากการศึกษาความโปร่งแสง ร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ พบว่าความ

โปร่งแสงในบ่อดทดลอง เมื่อเริ่มต้นศึกษา มีค่ามากกว่า 100 เซนติเมตร ทั้ง 3 บ่อดทดลอง หลังการปล่อยกุ้ง (ภาพที่ 29) มีค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงบ่อดทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 93 ± 14 , 89 ± 23 และ 75 ± 21 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวและค่าความโปร่งแสง พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ค่าความโปร่งแสงก่อนการปล่อยกุ้งสูงกว่าค่าความโปร่งแสง (ภาพที่ 29) ซึ่งหลังจากการปล่อยกุ้ง พบว่า ในวันที่ 97 - 150 มวลชีวภาพของสาหร่ายลดลง โดยค่าความโปร่งแสงลดลงด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะเกิดจากการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในช่วงเวลาดังกล่าว เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในน้ำลดลงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้เมื่อมีการให้อาหารกุ้งจะเกิดการสะสมของสารอินทรีย์ และของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งตามระยะเวลาการเลี้ยง ทำให้ความโปร่งแสงลดลงได้ จากการศึกษาของ Sousa *et al.* (2006) พบว่า ปริมาณแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Enteromorpha* sp. หากแสงสามารถส่องผ่านลงในน้ำมาก สาหร่ายจะมีความสามารถในการสังเคราะห์แสง นำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น



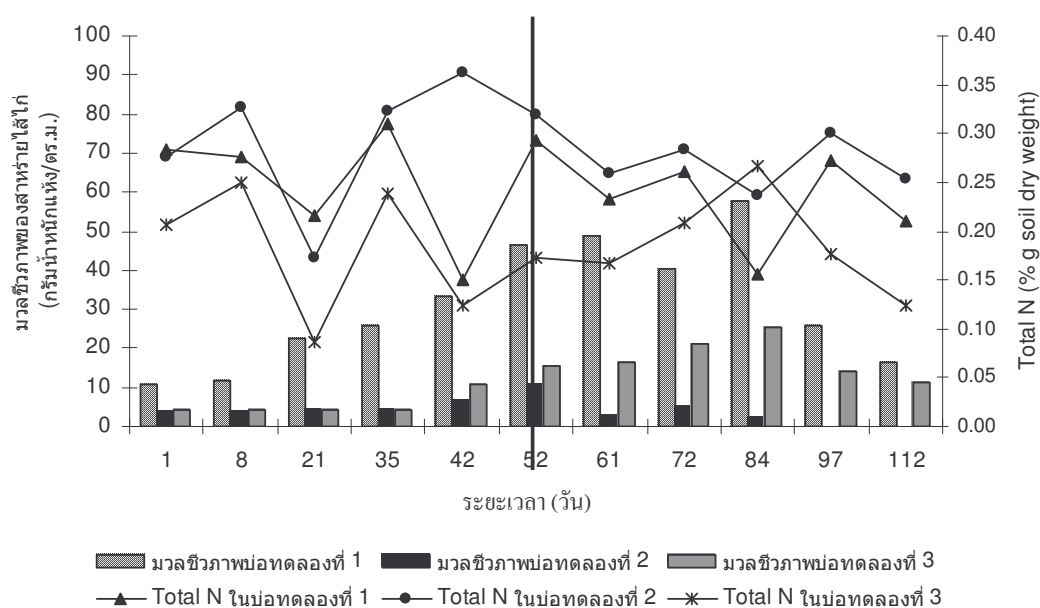
ภาพที่ 29 ค่าความโปร่งแสงในน้ำในน้ำ และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลัง การปล่อยกุ้งกุลาดำ (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

การศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวร่วมกับกุ้งกุลาดำ พบว่าระดับความเค็มอยู่ในช่วง 2 - 9 psu ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวและ

ระดับความเค็ม พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่นเดียวกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความกระด้าง ความกระด้าง และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

2.2 คุณภาพดิน

2.2.1 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน



ภาพที่ 30 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก่อน และหลังการปล่อยกิ้งกูดำ (I แสดงวันปล่อยกิ้งกูดำ)

จากการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวมในดินร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เลี้ยงร่วมกับกิ้งกูดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 โดยมีปริมาณไนโตรเจนรวมในดินเฉลี่ยก่อนการปล่อยกิ้งเท่ากับ 0.25 ± 0.06 , 0.30 ± 0.07 และ 0.18 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์กรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ และมีปริมาณไนโตรเจนรวมในดินเฉลี่ยหลังการปล่อยกิ้งในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.23 ± 0.05 , 0.27 ± 0.03 และ 0.19 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์กรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในบ่อทดลองที่ 1 บริเวณกองเลนกลางบ่อมีปริมาณไนโตรเจนรวมในดินสูงกว่าบริเวณขอบบ่อ และแนวหวานอาหาร ส่วนในบ่อทดลองที่ 2 และ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมในดินที่บริเวณกองเลนกลางบ่อ

และบริเวณแนวหวานอาหารใกล้เคียงกัน เมื่อนำไปหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ และปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 30)

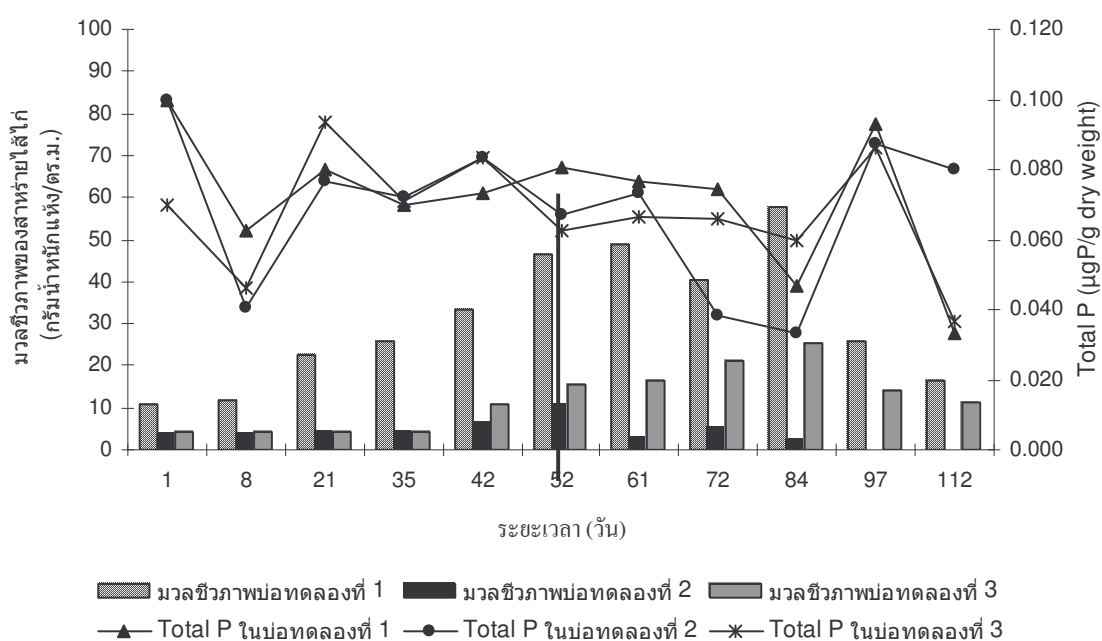
2.2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดิน

จากการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงร่วมกับกิ้งกูดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกิ้งกูดำ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินเฉลี่ยก่อนการปล่อยกิ้งในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.100 ± 0.051 , 0.073 ± 0.020 และ 0.071 ± 0.016 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 31) โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินวันที่ 52 ในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณเท่ากับ 0.081, 0.067 และ 0.062 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ หลังจากการปล่อยกิ้งกูดำลงเลี้ยงร่วมกับสาหร่าย พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินสูงสุดบริเวณแนวหวานอาหารเฉลี่ย เท่ากับ 0.09 ± 0.005 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ส่วนในบริเวณกลางบ่อมีค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสรวม เท่ากับ 0.08 ± 0.011 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง และมีค่าต่ำสุดบริเวณขอบบ่อเฉลี่ย เท่ากับ 0.06 ± 0.020 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมน้ำหนักดินแห้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ถึงแม้ว่าจะมีการเติมปุ๋ยหินฟอสเฟตลงไปในช่วงแรกของการเตรียมบ่อ

จากการหาค่าความสัมพันธ์ ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดิน พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินลดต่ำลงในวันที่ 84 ซึ่งเป็นวันที่สาหร่ายมีมวลชีวภาพสูงสุด และมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าต่ำกว่าเมื่อเริ่มเตรียมบ่อ

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมหลังจากการปล่อยกิ้ง มีความสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ คือ เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินลดต่ำลง มวลชีวภาพของสาหร่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มและลดลงของปริมาณฟอสเฟตนั้น มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นหรือลดลง (นพรัตน์, 2528) โดยฟอสฟอรัสในดินจะถูกละลายออกมาในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟต และฟอสเฟตที่ละลายอยู่ในน้ำ ถือเป็นธาตุอาหารที่จำกัดต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Lavery and McComb, 1991) จากการศึกษาในครั้งนี้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดิน มีความสอดคล้องกับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่หลังการปล่อยกิ้ง จากการทดลองของ วิวรรณ และคณะ (2539) กล่าวว่า ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายในน้ำมีปริมาณน้อย เนื่องจากสารละลายฟอสเฟตที่

อยู่ในน้ำจะจับกับอินทรีย์วัตถุที่ลอยอยู่ในน้ำ และตกตะกอนลงสู่พื้นดิน โดยปริมาณธาตุอาหาร มีความผันแปรในบ่อทดลองสูง แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ วราภรณ์ และคณะ (2547) ที่ทำการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Gracilaria fisheri*, *Caulerpa lentillifera* และ *Acanthophora spicifera* ในบ่อดิน ซึ่งสาหร่าย *C. lentillifera* มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดของการทดลอง โดยในช่วงที่มีค่าปริมาณฟอสเฟตสูง สาหร่ายสามารถเจริญได้ดี และเมื่อในน้ำมีปริมาณไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสสูงจะมีอัตราการเจริญที่ดี

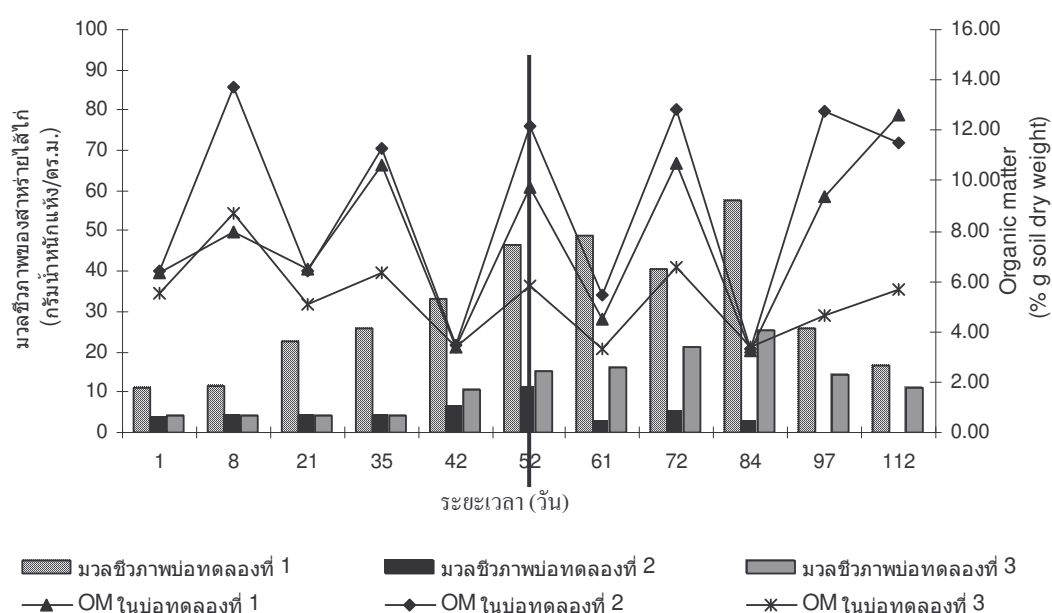


ภาพที่ 31 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินในดิน และมวลชีวภาพของสาหร่ายไ้ไก่ ก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

2.2.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดิน

จากการศึกษาปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดินร่วมกับมวลชีวภาพของสาหร่ายไ้ไก่ที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งกุลาดำในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ในช่วงก่อน และหลังการปล่อยกุ้งกุลาดำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดินเฉลี่ยก่อนการปล่อยกุ้งในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 7.43 ± 2.61 , 8.93 ± 4.03 และ 5.81 ± 1.73 เปอร์เซ็นต์กรัมน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ และหลังจากการปล่อยกุ้งมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 8.08 ± 4.048 , 9.17 ± 4.468 และ 4.70 ± 1.427 เปอร์เซ็นต์กรัมน้ำหนักดินแห้งในดิน ตามลำดับ (ภาพที่ 32) ซึ่งพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดิน มีปริมาณสูงสุดบริเวณกองเลน

กลางบ่อ แนวหวานอาหาร และขอบบ่อ ตามลำดับ จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดิน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Boyer and Fang (2005) ที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินตะกอนไม่มีผลต่อความหนาแน่น และการเจริญเติบโตของสาหร่าย



ภาพที่ 32 ปริมาณอินทรีย์วัตถุรวมในดิน และมวลชีวภาพของสาหร่ายสีเขียว ก่อน และหลัง การปล่อยกุ้งกุลาดำ (I แสดงวันปล่อยกุ้งกุลาดำ)

3. ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็มต่างๆ

3.1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็มต่างๆ

การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่เลี้ยงโดยใช้น้ำที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu โดยใช้ปุ๋ยสูตร Provasoli's ทำการศึกษาทุก 7 วัน จนกระทั่งสาหร่ายสีเขียวตายทั้งหมดทุกระดับความเค็ม ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้นในการทำการศึกษามากกว่า 64 วัน (ระดับความเค็มที่ 0, 5, 30 และ 35 psu สาหร่ายตายหลังจบการทดลอง 3 วัน) แสดงดัง ตารางที่ 5 (ภาพที่ 33)

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ในห้องปฏิบัติการ น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น วันที่ 1 ของการทดลอง คือ 5.00 ± 0.00 กรัม ในทุกระดับความเค็ม และน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ ในวันที่ 7 ของการศึกษา ที่ทุกระดับความเค็ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในวันที่ 14 สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในทุกระดับความเค็ม ดังนี้ 0, 35, 30, 20, 25, 10, 15, และ 5 psu ตามลำดับจากน้อยไปหามาก โดยสาหร่ายในระดับความเค็มที่ 5 psu มีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีน้ำหนักสาหร่ายเฉลี่ย 5.4 ± 0.10 กรัม และสาหร่ายไส้ไก่ในระดับที่ความเค็ม 0 psu มีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายน้อยที่สุด คือ 4.7 ± 0.06 กรัม เนื่องจากการตายของสาหร่ายที่มีเซลล์แก่ ซึ่งติดมากับกลุ่มของสาหร่ายที่ทำการศึกษา น้ำหนักของสาหร่ายเฉลี่ยในวันที่ 14 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในทุกระดับความเค็ม

จากการทดลองในวันที่ 21 สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นที่ทุกระดับความเค็ม โดยระดับความเค็มที่ 5 psu สาหร่ายมีน้ำหนักมากที่สุด คือ 5.90 ± 0.10 กรัม และระดับความเค็ม 35 psu สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 5.0 ± 0.06 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ที่ทุกระดับความเค็ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดลองในวันที่ 28 สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นที่ทุกระดับความเค็ม ในระดับความเค็มที่ 5 psu สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.5 ± 0.10 กรัม และระดับความเค็มที่ 35 psu มีน้ำหนักเฉลี่ยสาหร่ายน้อยที่สุด คือ 5.2 ± 0.06 กรัม ส่วนในระดับความเค็มที่ 5, 10 และ 15 psu สาหร่ายมีการเจริญเติบโตดี โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายที่แตกต่างกันในทุกระดับความเค็ม (ตารางที่ 5)

วันที่ 35 จากการทดลอง สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นจากวันที่ 28 ในทุกระดับความเค็ม โดยระดับความเค็มที่ 5 และ 10 psu มีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายมากที่สุดเท่ากัน คือ 6.7 ± 0.12 กรัม ส่วนในระดับความเค็มที่ 35 psu มีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายน้อยที่สุด คือ 5.5 ± 0.10 กรัม โดยพบว่า การเจริญเติบโตของสาหร่าย มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นทุกระดับความเค็ม (ภาพที่ 33) แต่ น้ำหนักของสาหร่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ทุกระดับความเค็ม

การทดลองวันที่ 43 สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นทุกระดับความเค็ม โดยระดับความเค็มที่ 5 psu มีน้ำหนักสาหร่ายเฉลี่ยมากที่สุด คือ 6.9 ± 0.06 กรัม และระดับความเค็มที่ 35 psu มี

น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ที่น้อยที่สุด คือ 5.6 ± 0.10 กรัม (ตารางที่ 5) ซึ่งในทุกระดับความเค็มมีน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าน้ำหนักของสาหร่ายในระดับความเค็มต่างๆ จะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลจากการเพิ่มน้ำหนักของสาหร่ายโดยรวมในช่วง 43 วันของการทดลองเลี้ยง พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ 0-15 psu สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีน้ำหนักของสาหร่ายเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม สาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 20-35 psu มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่มีปริมาณการเจริญเติบโตน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในที่น้ำที่มีระดับความเค็มต่ำ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษามวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ ที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วในช่วง 45-60 วันแรก เช่นเดียวกันกับการเจริญเติบโตในห้องปฏิบัติการ แต่มีอัตราการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการมาก

วันที่ 50 ของการทดลอง สาหร่ายเริ่มมีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงจากวันที่ 43 ของการทดลอง ในทุกระดับความเค็ม ซึ่งในระดับความเค็มที่ 0 psu มีน้ำหนักเฉลี่ยสาหร่ายมากที่สุด คือ 6.4 ± 0.06 กรัม และระดับความเค็มที่ 20 psu สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 5.3 ± 0.10 กรัม ที่ระดับความเค็มอื่นๆ น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ลดลง ยกเว้นระดับความเค็มที่ 30 psu และ 35 psu สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยคงที่

การทดลองในวันที่ 57 สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 33) เนื่องจากสาหร่ายเริ่มตายลง ทำให้สูญเสียน้ำหนักในทุกระดับความเค็ม ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ทุกระดับความเค็ม โดยระดับความเค็มที่ 30 psu มีน้ำหนักสาหร่ายเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.9 ± 0.10 กรัม และระดับความเค็มที่ 20 psu สาหร่ายมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 3.6 ± 0.60 กรัม (ตารางที่ 5)

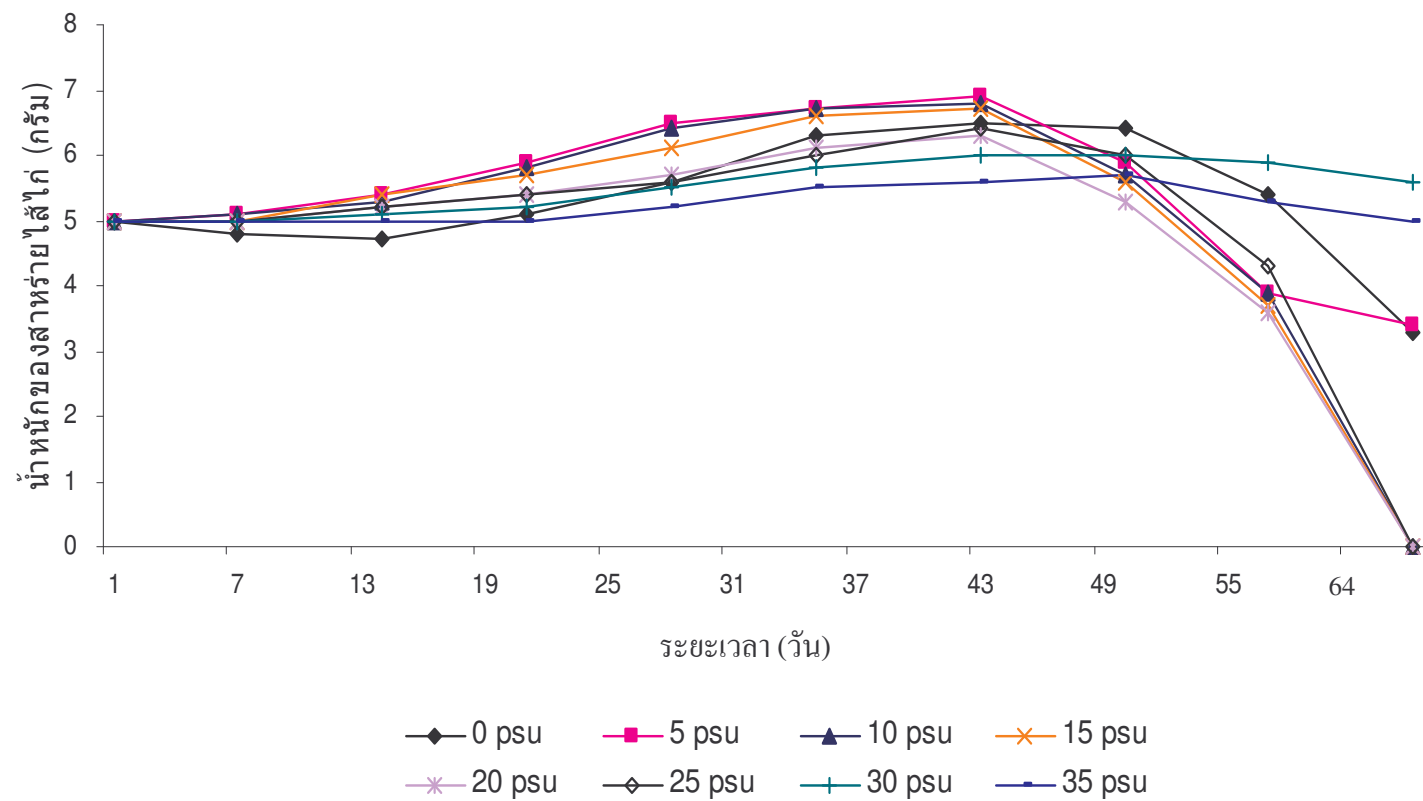
จากการชั่งน้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ที่ทุกระดับความเค็มในวันที่ 64 ของการทดลอง สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลง เนื่องจากสาหร่ายมีการตายเพิ่มขึ้นในทุกระดับความเค็ม และสาหร่ายที่เลี้ยง ในระดับความเค็มที่ 10, 15, 20 และ 25 psu ตายทั้งหมด ส่วนระดับความเค็มที่ 0, 5, 30 และ 35 psu นั้น สาหร่ายยังสามารถเจริญอยู่ได้ โดยในระดับความเค็มที่ 30 psu มีน้ำหนัก

สาหร่ายเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.6 ± 0.10 กรัม ซึ่งน้ำหนักของสาหร่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ทุกระดับความเค็ม

ตารางที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ยของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ตามลำดับโดยใช้สูตร Povasoli's

ความเค็ม	น้ำหนักสาหร่าย (กรัม)									
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28	วันที่ 35	วันที่ 43	วันที่ 50	วันที่ 57	วันที่ 64
0	5.0± 0.0 ^a	4.8± 0.29 ^a	4.7± 0.06 ^a	5.1± 0.10 ^{ab}	5.6± 0.06 ^b	6.3± 0.10 ^c	6.5± 0.17 ^{cd}	6.4± 0.06 ^d	5.4± 0.15 ^a	3.3± 0.44 ^b
5	5.0± 0.0 ^a	5.1± 0.06 ^a	5.4± 0.10 ^d	5.9± 0.10 ^d	6.5± 0.10 ^d	6.7± 0.12 ^d	6.9± 0.06 ^e	5.9± 0.15 ^{bc}	3.9± 0.36 ^a	3.4± 0.35 ^b
10	5.0± 0.0 ^a	5.1± 0.12 ^a	5.3± 0.0 ^{cd}	5.8± 0.06 ^d	6.4± 0.15 ^{cd}	6.7± 0.12 ^d	6.8± 0.12 ^{de}	5.7± 0.06 ^{bc}	3.9± 0.36 ^a	0.00 ^a
15	5.0± 0.0 ^a	5.0± 0.0 ^a	5.4± 0.06 ^{cd}	5.7± 0.10 ^d	6.1± 0.12 ^c	6.6± 0.10 ^d	6.7± 0.10 ^{de}	5.6± 0.15 ^{ab}	3.7± 0.43 ^a	0.00 ^a
20	5.0± 0.0 ^a	5.0± 0.0 ^a	5.2± 0.06 ^c	5.4± 0.06 ^c	5.7± 0.10 ^b	6.1± 0.06 ^{bc}	6.3± 0.06 ^{bc}	5.3± 0.10 ^a	3.6± 0.60 ^a	0.00 ^a
25	5.0± 0.0 ^a	5.0± 0.0 ^a	5.2± 0.06 ^c	5.4± 0.06 ^c	5.6± 0.06 ^b	6.0± 0.10 ^b	6.4± 0.06 ^c	6.0± 0.10 ^c	4.3± 0.25 ^a	0.00 ^a
30	5.0± 0.0 ^a	5.0± 0.0 ^a	5.1± 0.06 ^b	5.2± 0.06 ^{bc}	5.5± 0.0 ^b	5.8± 0.10 ^b	6.0± 0.10 ^b	6.0± 0.17 ^c	5.9± 0.10 ^b	5.6± 0.10 ^d
35	5.0± 0.0 ^a	5.0± 0.0 ^a	5.0± 0.0 ^b	5.0± 0.06 ^a	5.2± 0.06 ^a	5.5± 0.10 ^a	5.6± 0.10 ^a	5.7± 0.10 ^{bc}	5.3± 0.06 ^b	5.0± 0.0 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 33 การเจริญเติบโตของสาหร่ายใส่ไก่ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาน้ำหนักของสาหร่ายหลังจากวันที่ 50 ของการทดลองเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ พบว่า ที่ทุกระดับความเค็ม สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสาหร่ายที่ระดับความเค็มตั้งแต่ 10-25 psu มีน้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว และตายทั้งหมดในวันที่ 64 ส่วนสาหร่ายที่ระดับความเค็ม 0-5 psu มีปริมาณลดลง ในขณะที่สาหร่ายที่อยู่ในน้ำที่ระดับความเค็ม 30-35 psu นั้น ยังคงเหลือน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกับน้ำหนักเริ่มต้นของการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการช่วงแรก (ตารางผนวกที่ 11) ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Martins *et al.* (1999) ที่ศึกษาระดับความเค็มที่มีผลกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* บริเวณป่าชายเลน โดยใช้วิธีการเลี้ยงเลียนแบบธรรมชาติในระดับความเค็มที่ 0-30 psu พบว่า เมื่อสาหร่ายอยู่ในน้ำระดับความเค็มต่ำกว่า 10 psu จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย คือ เมื่อระดับความเค็มต่ำสาหร่ายจะตาย โดยเฉพาะในระดับความเค็มที่ 0-3 psu สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับความเค็ม 10-22 psu และมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดที่ระดับความเค็ม 17-22 psu แต่ถ้าสาหร่ายอยู่ในน้ำที่มีระดับความเค็มสูงกว่า 28 psu จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักที่เกิดจากการตายของสาหร่าย เช่นเดียวกับในระดับความเค็มต่ำ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาการเจริญเติบโตที่ระดับความเค็มต่างๆ ในครั้งนี้

จากการทดลองวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ เปรียบเทียบกับระดับความเค็มที่แตกต่างกันนั้น น้ำหนักของสาหร่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสาหร่ายไส้ไก่ในระดับความเค็มที่ 5 psu มีการเจริญเติบโตสูงสุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสาหร่ายในระดับความเค็มอื่นๆ (ตารางที่ 5) จากการศึกษาของ Martins and Marques (2002) ในการวัดอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* sp. โดยศึกษาระดับความเค็มแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง ในการทดลองที่ 1 สาหร่ายอยู่ในน้ำระดับความเค็มช่วง 0-30 psu ส่วนการทดลองที่ 2 สาหร่ายอยู่ในน้ำระดับความเค็มช่วง 0-10 psu พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายดีที่สุดในระดับความเค็มที่ 18 psu ส่วนในชุดการทดลองที่ 2 สาหร่ายเติบโตดีที่สุดที่ระดับความเค็ม 5 psu แต่น้ำหนักของสาหร่ายเมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 2 ชุดการทดลอง ผลปรากฏว่าในระดับความเค็มที่ 5 psu มีน้ำหนักของสาหร่ายมากที่สุด โดยจากการศึกษาครั้งนี้ มีผลสอดคล้องกับการทดลองชุดที่ 2 ของ Martins and Marques (2002) แต่ไม่สอดคล้องกับการทดลองชุดที่ 1 เนื่องจากการศึกษานี้มีอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่ดีที่สุดที่ระดับความเค็มที่ 5 psu แต่ไม่สอดคล้องกับการทดลองของ Sousa *et al.* (2007) โดยมวลชีวภาพของสาหร่ายในสกุล *Enteromorpha* sp. จะลดลงเมื่อเลี้ยงในน้ำระดับความเค็ม 5 psu และสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่ออยู่ในระดับความเค็มที่ 20

และ 35 psu และจากการศึกษาของ Fong *et al.* (1996) กล่าวว่า ความเค็มต่ำไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ แต่จะมีผลในช่วงระดับความเค็มที่สูง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเจริญของสาหร่ายในระดับความเค็มตั้งแต่ 15 psu ขึ้นไป สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ รวมทั้งจากการศึกษาของ Kamer and Fong, 2001 กล่าวว่า ระดับความเค็มของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* และจากการทดลองของ Kamer and Fong (2000) ที่ศึกษาระดับความเค็มที่มีผลต่อการแพร่กระจายในบริเวณป่าชายเลนของสาหร่าย *E. intestinalis* พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีมวลชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น ทั้งในระดับความเค็มที่ต่ำหรือในระดับความเค็มที่สูง แต่สามารถเจริญได้ดีที่สุดในน้ำที่ระดับความเค็ม 0 และ 5 psu ได้เป็นระยะเวลานานที่สุด ซึ่งสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในระดับความเค็มที่ 30 และ 35 psu ในการทดลองนี้นั้น มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่น้อยกว่าระดับความเค็มอื่นๆ แต่มีการตายช้ากว่าระดับความเค็มอื่น โดยสามารถคงระยะการเจริญของสาหร่ายให้คงที่ (ภาพที่ 28) สรุปว่าจากการศึกษาพบว่าระดับความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ โดยเฉพาะในระดับความเค็มที่อยู่ในช่วง 15 – 25 psu เนื่องจากสาหร่ายในระดับความเค็มนี้ มีการตายเร็วกว่าระดับความเค็มอื่น

เมื่อพิจารณาจากผลที่ได้จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี และรวดเร็วในระดับความเค็มต่ำ 0-15 psu ในระยะเวลาการเลี้ยง 50 วันแรกเท่านั้น หลังจากนั้นจะมีน้ำหนัก และจำนวนลดลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำสาหร่ายที่เจริญที่ระดับ 7 psu มาเลี้ยงปรับสภาพที่ระดับความเค็มต่างๆ ดังนั้นการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง เป็นเวลาอย่างน้อย 43 วัน ก่อนเริ่มมีการตาย ในกรณีการเปลี่ยนแปลงความเค็มเช่นนี้ อาจเกิดขึ้นได้ในการเลี้ยงกึ่งกულดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ เช่น เกิดฝนตกอย่างหนักทำให้ความเค็มของน้ำลดลง หรืออากาศร้อนไม่มีฝนทำให้ความเค็มเพิ่มขึ้น ซึ่งสาหร่ายสามารถเจริญ และทนต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างน้อย 43 วัน หลังจากนั้นผู้เลี้ยงควรเฝ้าระวังไม่ให้เกิดการตายของสาหร่ายภายในบ่อ หากสาหร่ายมีลักษณะเหลืองสภาพไม่สมบูรณ์ ควรมีการกำจัดออกจากบ่อเป็นบางส่วน เพื่อป้องกันการตาย และเกิดการเน่าเสียภายในบ่อเลี้ยงกึ่งได้ และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 34) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาปริมาณของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงกึ่งกุลดำ พบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสาหร่าย เช่นเดียวกัน คือ ในบ่อเลี้ยงกึ่งกุลดำ สาหร่ายจะเติบโตได้ดีในช่วง 45-60 วันแรก และลดจำนวนลง ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการในน้ำที่มีระดับความเค็มสูง 30-35 psu นั้น จะมีการเจริญเติบโตไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ แต่จะสามารถเลี้ยงได้ในระยะยาวกว่า เมื่อผ่าน 50 วันแล้ว สาหร่ายจึงมีจำนวนลดลง แต่ยังมี

ปริมาณที่ไม่ต่ำกว่าช่วงเริ่มเลี้ยง (ตารางที่ 5) และจากการทดลองนี้ พบว่า ระดับความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 34 การเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็มต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

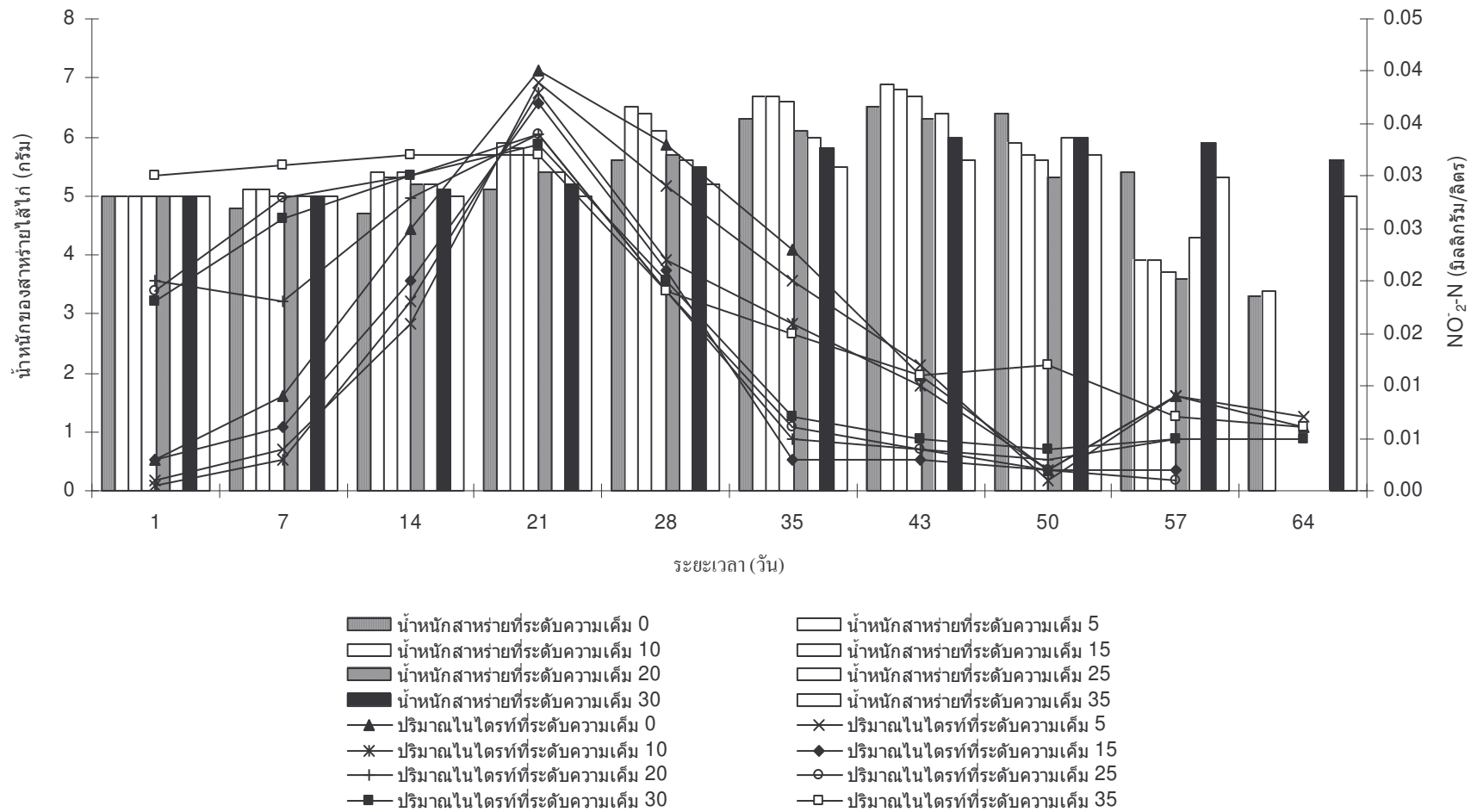
3.2 การศึกษาปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu

3.2.1 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว และปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu พบว่ามีปริมาณน้อยในช่วง 7 วันแรก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการตายของสาหร่าย และมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นหลังจากที่มีการตายของสาหร่าย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 35 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนออกเป็น 2 กลุ่มความเค็ม โดยระดับความเค็มที่ 0-15 psu มีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนต่ำกว่าในระดับความเค็มที่ 20-35 psu ซึ่งปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเพิ่มสูงสุดในวันที่ 21 ของการทดลอง ทั้ง 8 ระดับความเค็ม มีปริมาณเท่ากับ 0.040, 0.039, 0.038, 0.037, 0.034, 0.034, 0.033 และ 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นวันที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น หลังจากที่มีสาหร่ายบางส่วนตายไปในช่วง 3 สัปดาห์แรก เมื่อทำการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง

การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว และปริมาณไนโตรเจน พบว่า การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน ยกเว้นในระดับความเค็มที่ 30 psu ($R^2 = 0.7362$) เท่านั้น โดยสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของสาหร่าย คือ เมื่อปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนลดลง น้ำหนักของสาหร่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาของ Boyer and Fong (2005) พบว่า สาหร่ายสามารถดึงไนโตรเจนมาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไนเตรท หรือดึงมาใช้ในรูปของแอมโมเนียต่อไปได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Fong *et al.* (2004) ที่สาหร่ายสามารถดึงไนโตรเจนในรูปต่างๆที่อยู่ในน้ำ นำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้

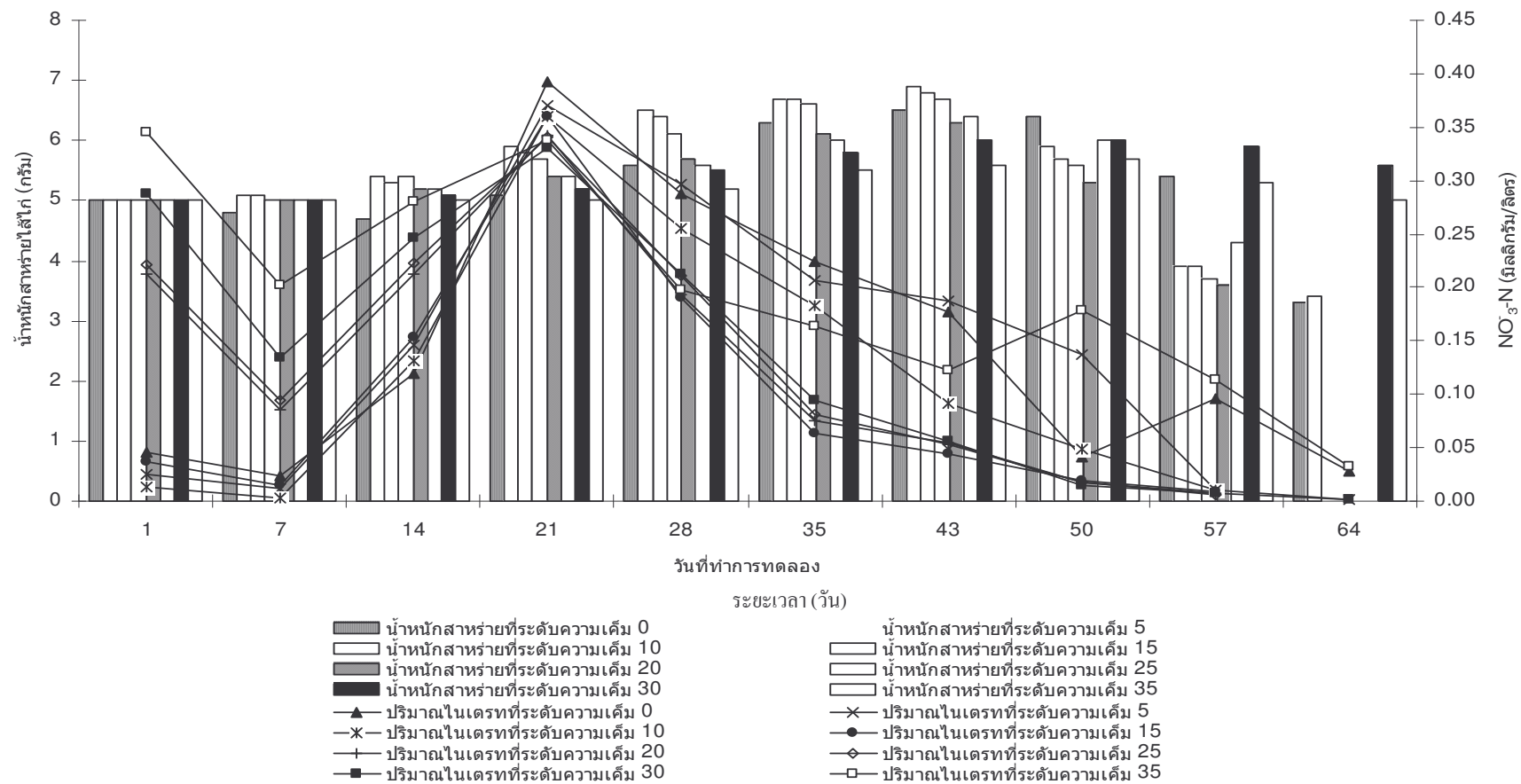


ภาพที่ 35 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไสล่ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu

3.2.2 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ และปริมาณไนโตรเจน – ไนโตรเจน ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu พบว่าไนเตรท – ไนโตรเจนลดลงในวันที่ 7 และมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าสูงสุดในวันที่ 21 ของการทดลอง (ภาพที่ 36) ระดับความเค็ม 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu มีค่าเท่ากับ 0.392, 0.370, 0.360, 0.360, 0.343, 0.341, 0.331 และ 0.338 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นวันที่สาหร่ายเริ่มมีการเจริญเติบโตหลังจากช่วง 3 สัปดาห์แรกที่สาหร่ายบางส่วนตายไป หลังจากนั้นปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโต เมื่อสาหร่ายลดจำนวนลง ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนจึงค่อยๆ ลดลง จนกระทั่งสาหร่ายตาย โดยไนโตรเจนในรูปไนเตรท และไนไตรท์ ที่สาหร่ายดูดซับนำไปใช้ในช่วงแรก อาจเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียเมื่อสาหร่ายตายลง

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่า การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ยกเว้นในระดับความเค็มที่ 30 psu ($R^2 = 0.6148$) อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าต่ำ โดยรวมจึงนับว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน จากการศึกษาของ Fong *et al.* (1996) กล่าวว่า สาหร่ายสามารถดึงไนโตรเจนในรูปของไนเตรทได้ดี ทำให้เมื่อปริมาณไนเตรทลดลง และมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

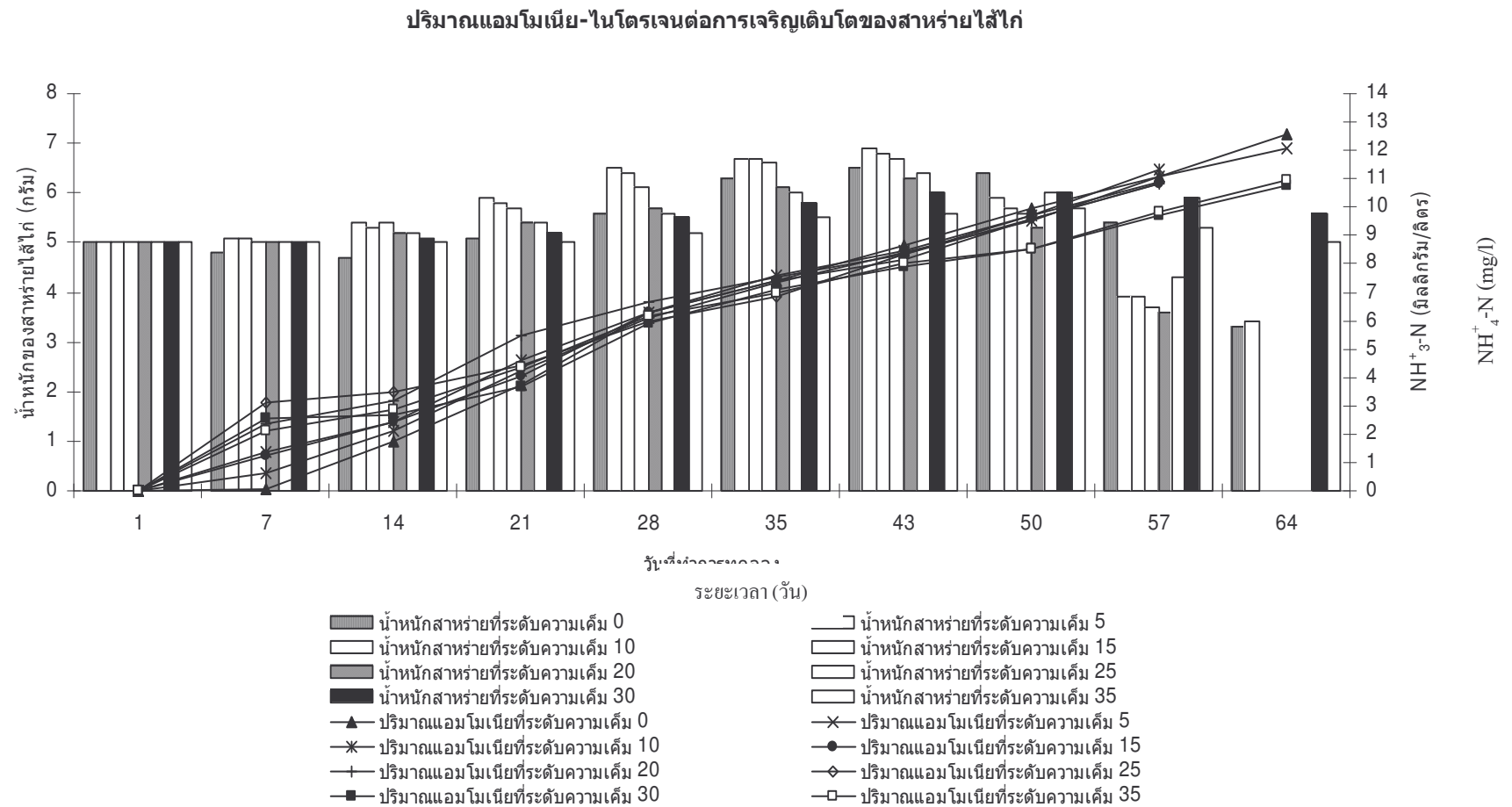


ภาพที่ 36 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไล้ไ้ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu

3.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายไสล่ไก่อ และปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu มีปริมาณเริ่มต้น เท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตรทุกระดับความเค็ม โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 มีค่าเท่ากับ 0.082, 0.641, 1.350, 1.214, 2.373, 3.123, 2.536 และ 2.100 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ โดยในวันเริ่มต้นมีปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนต่ำทุกระดับความเค็ม เนื่องจากเป็นวันเริ่มแรกของการเลี้ยงสาหร่าย หลังจากนั้นปริมาณเพิ่มขึ้นทุกระดับความเค็ม โดยปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งอาจเกิดจากการแลกเปลี่ยนไนโตรเจนภายในโหลทดลอง และสาหร่ายตายลงบางส่วน จนกระทั่งสาหร่ายหมดจากโหลทดลองในทุกระดับความเค็ม (ภาพที่ 37)

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายไสล่ไก่อ และปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ยกเว้นในระดับความเค็มที่ 30 psu ($R^2 = 0.7534$) เท่านั้น อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยรวมจึงนับว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน จากการศึกษาของ Fong *et al.* (1996) พบว่า สาหร่าย *E. intestinalis* สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนียสูง แต่จะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงหากปริมาณแอมโมเนียในน้ำอยู่ในรูปของแอมโมเนียม และจากการศึกษาของ Goldman (1974) ยังพบว่าปริมาณแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำ เกิดจากเซลล์ของสาหร่ายถึง 16 – 18 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดบริเวณเนื้อเยื่อ ซึ่งสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ตลอดการศึกษาในครั้งนี้ได้โดย เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 35 – 37 ในช่วง 21 วันแรก ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง สาหร่ายมีการปรับตัว โดยมีสาหร่ายบางส่วนเน่าตาย สาหร่ายบางส่วนมีน้ำหนักรวมที่ และเริ่มมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในวันที่ 21 ซึ่งปริมาณไนโตรเจน ในรูปของไนเตรท และไนไตรท์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสาหร่ายมีการดูดซับนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้น้อย ปริมาณแอมโมเนียต่ำในวันเริ่มต้น และเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากของเสียของสาหร่าย และการเน่าเสียของสาหร่ายที่ตายไป หลังจากวันที่ 21 สาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากขึ้น จึงดูดซับปริมาณไนเตรท และไนไตรท์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียยังสะสมเพิ่มสูงขึ้นจากการสะสมของเสียภายในโหลทดลอง เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่มีการเปลี่ยนน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง เมื่อสาหร่ายเริ่มตายลงในช่วงท้ายของการทดลอง พบว่า ไนโตรเจนเกือบทั้งหมดถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน



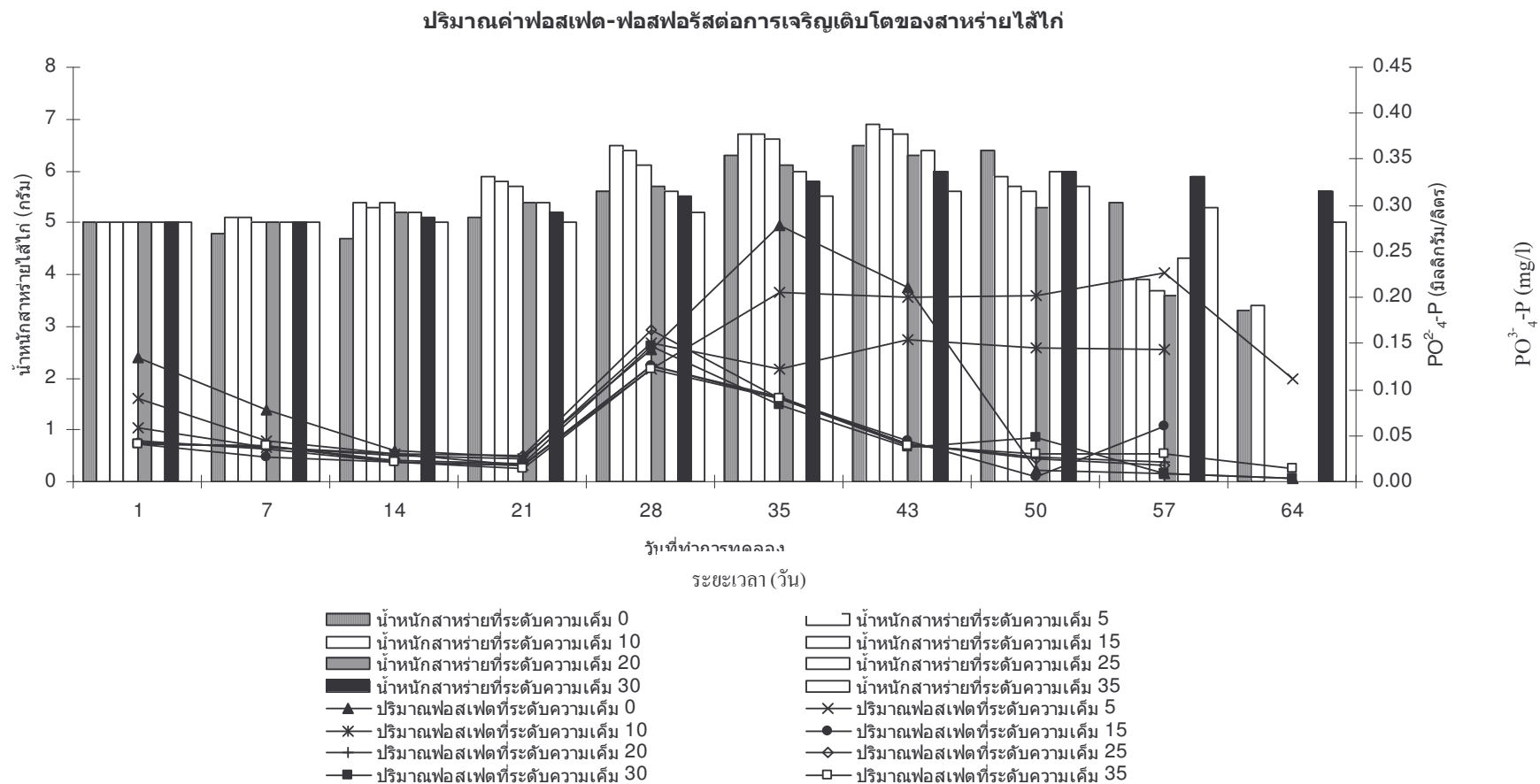
ภาพที่ 37 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu

การทดลองนี้อาจชี้ให้เห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนเตรท และไนไตรท์ มีความจำเป็นต่อสาหร่ายในช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโต สาหร่ายจะดูดซับโดยเปลี่ยนไปเป็นเนื้อเยื่อของสาหร่าย และจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งเป็นของเสียเมื่อสาหร่ายเริ่มตายลง ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่าย แม้ว่าสาหร่ายสามารถดึงแอมโมเนียมาใช้ได้ แต่ก็มีการเจริญที่ลดลง จนกระทั่งสาหร่ายตายลงเกือบทั้งหมด

3.2.4 ปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส

จากการทดลอง ศึกษาระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายใส่ไก่ และปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu มีปริมาณเริ่มต้นที่ใกล้เคียง (ภาพที่ 38) หลังจากนั้นจึงค่อยๆ มีปริมาณลดลง เนื่องจากเป็นช่วงที่สาหร่ายเริ่มมีการเจริญเติบโต และในวันที่ 28 พบว่าปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.138 ± 0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการสะสมจากการตายของสาหร่ายในช่วงเริ่มต้นการเลี้ยง หลังจากนั้น จึงค่อยๆ มีปริมาณลดลง ยกเว้นในระดับความเค็มที่ 0 และ 5 psu ที่ยังมีปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสสูงขึ้น เนื่องจากทั้ง 2 ระดับความเค็ม มีการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายช่วงสัปดาห์แรกมากกว่าระดับความเค็มอื่น และหลังจากนั้นจึงมีปริมาณลดต่ำลง ซึ่งเป็นช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของสาหร่ายใส่ไก่ และปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันทั้ง 8 ระดับความเค็ม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสจะค่อยๆ มีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งในระดับความเค็มที่ 0, 5 และ 10 psu มีปริมาณเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.093 ± 0.096 , 0.125 ± 0.080 และ 0.096 ± 0.057 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในครั้งนี้ ซึ่งปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสในห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง 0.01-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร (Bendoricchio *et al.*, 1994) และมีปริมาณฟอสเฟต – ฟอสฟอรัสที่ใช้ในการเจริญเติบโตของสาหร่ายในธรรมชาติควรมีค่าเท่ากับ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร (Plamer, 1977)



ภาพที่ 38 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu

จากการทดลองของ Villares and Carballeira (2003) ที่ทำการศึกษาการแพร่กระจาย และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ คือ เมื่อปริมาณฟอสเฟตในน้ำสูง จะส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโต และการแพร่กระจายของสาหร่ายที่คิดว่าเป็นบริเวณที่มีปริมาณฟอสเฟตในน้ำต่ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Fong *et al.* (2004) สาหร่ายไส้ไก่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมอยู่สูง ซึ่งควรมีปริมาณ 79-88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสที่อยู่ในน้ำนั้น หากมีปริมาณฟอสฟอรัส 100 ไมโครโมลต่อลิตร จะถือเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารชนิดอื่นที่อยู่ในน้ำ จึงสามารถทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ โดยปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ถือเป็นปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของสาหร่าย ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสอีกด้วย (Sousa *et al.*, 2007)

4. การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงโดยใช้ปุ๋ยสูตรต่าง ๆ

ผลจากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ด้วยปุ๋ย 3 สูตร ได้แก่ 16-16-16, 46-0-0 และหินฟอสเฟต ที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระดับความเค็ม 4 ระดับ 0, 5, 10 และ 15 psu สืบเนื่องจากการศึกษาการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในน้ำความเค็ม 8 ระดับ พบว่าที่ระดับความเค็มดังกล่าว สาหร่ายมีการเจริญเติบโตที่ดี จึงนำมาศึกษาต่อในการศึกษารุ่นนี้ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร Provasoli's เป็นปุ๋ยสูตรควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้ปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu

จากการทดลองใช้ปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6 และภาพที่ 39) สาหร่ายไส้ไก่น้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม โดยวันที่ 7 ของการทดลองน้ำหนักของสาหร่ายมีปริมาณลดลง เท่ากับ 3.73 ± 0.47 , 2.80 ± 2.05 และ 2.83 ± 0.97 กรัม ตามลำดับ โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายน้อยกว่าระดับความเข้มข้นอื่น ในวันที่ 14 สาหร่ายไส้ไก่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากวันที่ 7 โดยเฉพาะ ในระดับความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้จนถึงวันที่ 20 ของการทดลอง โดยมีน้ำหนักสาหร่ายในวันที่ 16 เท่ากับ 5.13 ± 1.32 กรัม และหลังจากนั้นจึงค่อยๆ มีปริมาณลดลง ซึ่งในระดับความเข้มข้นนี้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าระดับความเข้มข้นอื่น และปุ๋ยควบคุม

การทดลองใช้ปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 5 psu (ตารางที่ 6 และภาพที่ 39) สาหร่ายไส้ไก่อมีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 น้ำหนักของสาหร่ายลดลงจากวันแรก เท่ากับ 1.70 ± 0.46 , 2.57 ± 1.64 และ 1.60 ± 1.06 กรัม ตามลำดับ โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายน้อยกว่าระดับความเข้มข้นอื่น และวันที่ 14 ของการทดลอง พบว่าสาหร่ายไส้ไก่อมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากวันที่ 7 ในระดับความเข้มข้นที่ 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 4.60 ± 0.35 และ 4.87 ± 0.12 กรัม สาหร่ายไส้ไก่อสามารถเจริญเติบโตจนถึงวันที่ 17 ของการทดลอง โดยมีน้ำหนักเท่ากับ 5.14 ± 1.12 และ 5.07 ± 0.48 กรัม หลังจากนั้นจึงค่อยๆ มีปริมาณลดลง และตายในวันที่ 20

จากการทดลองใช้ปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 10 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 39) สาหร่ายไส้ไก่อมีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม โดยวันที่ 7 น้ำหนักสาหร่าย เท่ากับ 1.63 ± 0.66 , 1.63 ± 1.56 และ 4.93 ± 0.16 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณลดลงจากวันแรกโดยสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายน้อยกว่าระดับความเข้มข้นอื่น และในวันที่ 14 ของการทดลอง สาหร่ายไส้ไก่อตายหมดทุกระดับความเข้มข้น ยกเว้นระดับความเข้มข้นที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีน้ำหนักลดลงเท่ากับ 1.40 ± 0.92 กรัม

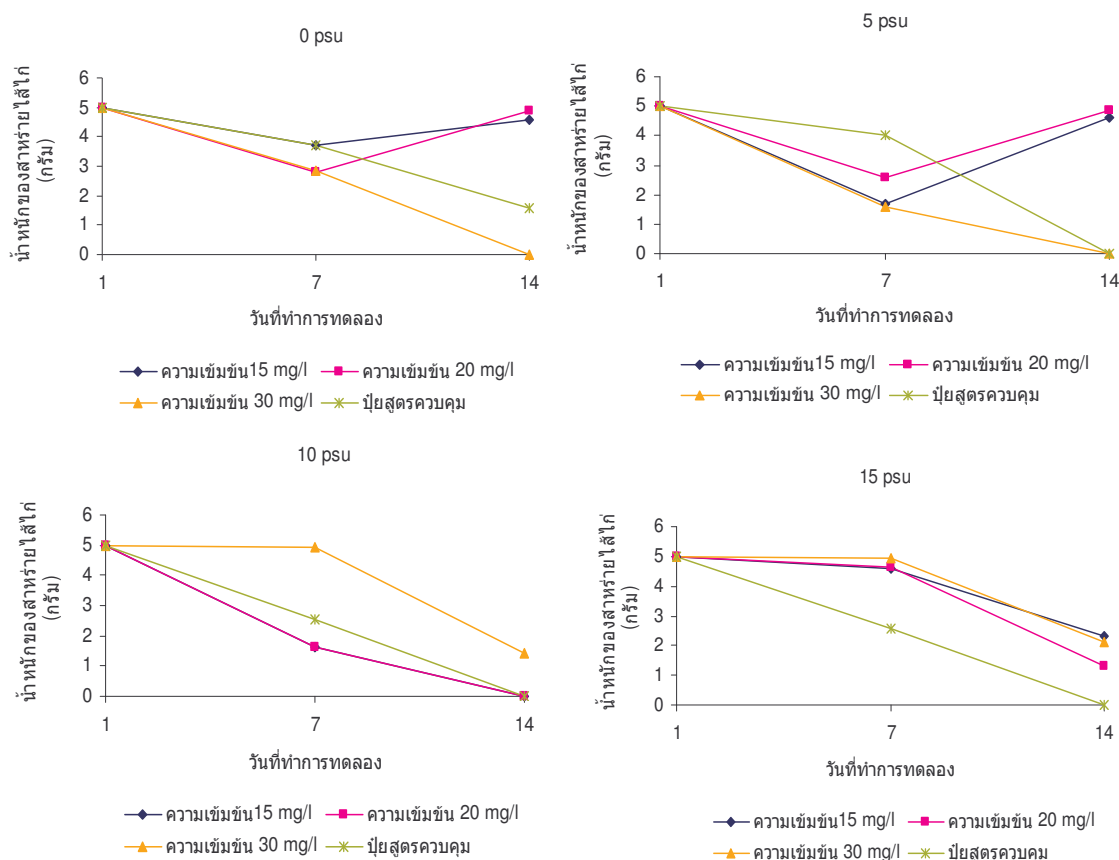
จากการทดลองใช้ปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6 และภาพที่ 39) สาหร่ายไส้ไก่อมีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 มีน้ำหนักของสาหร่าย เท่ากับ 4.57 ± 0.75 , 4.63 ± 0.31 และ 4.93 ± 0.12 กรัม ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากวันเริ่มต้นของการทดลอง โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นปุ๋ยที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักลดลงน้อยกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น และในวันที่ 14 สาหร่ายมีน้ำหนักลดลง และตายลงทุกระดับความเข้มข้นในวันที่ 16 ส่วนปุ๋ยควบคุมสาหร่ายได้ตายลงตั้งแต่วันที่ 14 ของการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตร 16-16-16 และปุ๋ยควบคุม ตายทั้งหมด ภายใน 16 วัน อย่างไรก็ตามพบว่า สาหร่ายที่เติมปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเข้มข้น 15-30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีสภาพที่ดีกว่าปุ๋ยสูตรควบคุม แม้จะมีน้ำหนักลดลงเช่นกัน

ตารางที่ 6 น้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu

วันที่ทดลอง	ระดับความเค็ม (psu)	น้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ (กรัม)			
		ความเข้มข้นปุ๋ย 16-16-16 (มิลลิกรัมต่อลิตร)			povasoli's
		15	20	30	
1	0	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		3.73±0.47 ^a	2.80±2.05 ^a	2.83±0.97 ^a	3.73±0.47 ^a
14		4.60±0.35 ^c	4.87±0.12 ^c	0.00 ^a	1.60±0.61 ^b
1	5	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		1.70±0.46 ^a	2.57±1.64 ^a	1.60±1.06 ^a	4.03±0.32 ^b
14		4.60±0.35 ^a	4.87±0.12 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
1	10	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		1.63±0.66 ^a	1.63±1.56 ^a	4.93±0.16 ^c	2.57±0.31 ^{ab}
14		0.00 ^a	0.00 ^a	1.40±0.92 ^{ab}	0.00 ^b
1	15	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		4.57±0.75 ^a	4.63±0.31 ^a	4.93±0.12 ^a	2.57±0.50 ^a
14		2.33±0.55 ^a	1.30±1.30 ^a	2.13±1.56 ^a	0.00 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

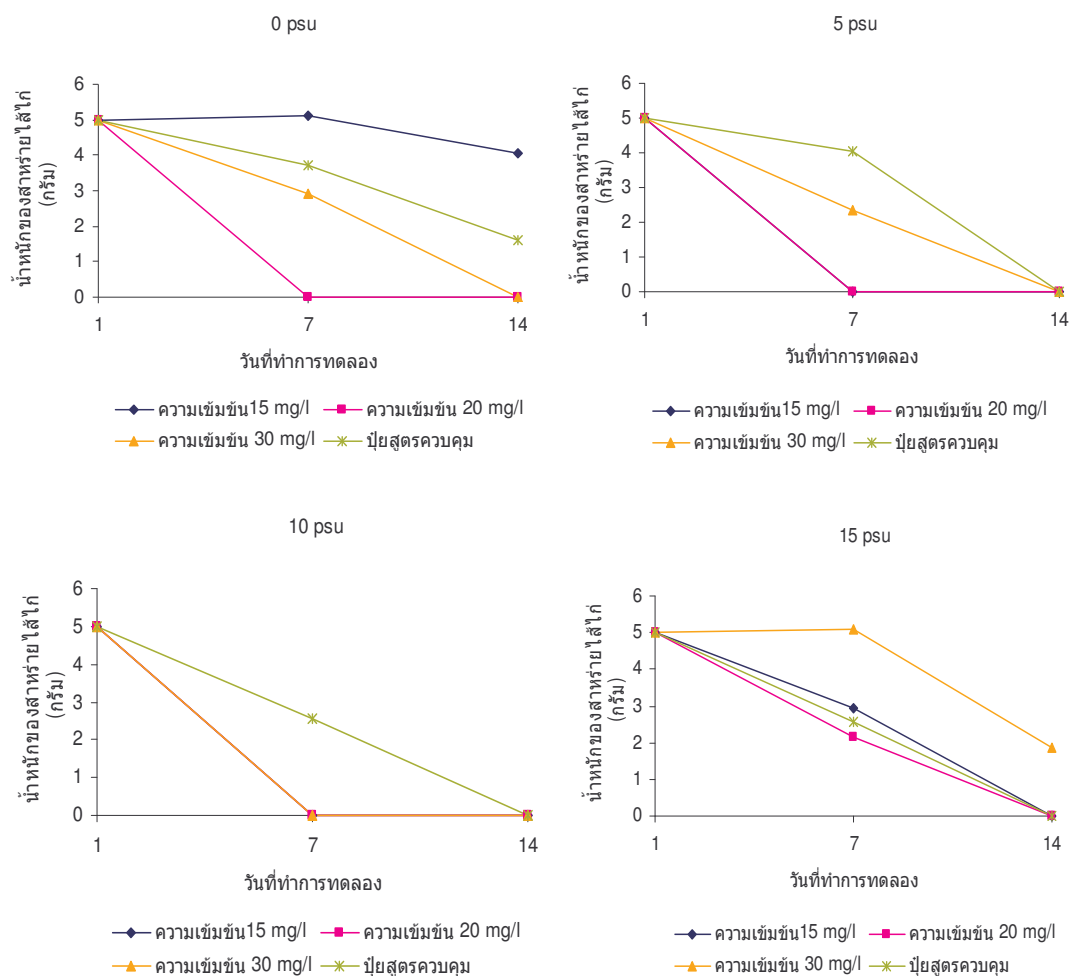


ภาพที่ 39 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ย 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้ปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu

ผลจากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7 และภาพที่ 40) สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 สาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ตายลง ส่วนในระดับความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักของสาหร่าย เท่ากับ 5.10 ± 0.10 กรัม ซึ่งมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากวันแรก แต่สาหร่ายส่วนใหญ่มีน้ำหนักลดลง และในวันที่ 14 สาหร่ายไส้ไก่ตายลงทุกระดับความเข้มข้น ยกเว้นในระดับความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 5 และ 10 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7 และภาพที่ 40) สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม สาหร่ายเริ่มตายตั้งแต่วันที่ 7 ของการทดลอง โดยตายหมดภายใน 14 วัน รวมทั้งในปุ๋ยควบคุม ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มนี้ ไม่มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 40 การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ในปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลจากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7 และภาพที่ 40) สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 สาหร่ายมีน้ำหนักลดลงจากวันแรก ยกเว้นในระดับความเข้มข้นที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมียาน้ำหนักเท่ากับ 5.10 ± 0.10 กรัม และตายลงภายในวันที่ 15 ของการทดลอง

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่โดยใช้ปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ระดับความเค็ม 0 psu สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ในระดับความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปุ๋ยสูตรควบคุม อย่างไรก็ตาม สาหร่ายทั้งหมดภายในวันที่ 16 ของการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากสภาพของสาหร่ายที่นำมาใช้ในการศึกษาไม่สมบูรณ์ ทำให้สาหร่ายตายลงทั้งหมดภายใน 16 วัน ในขณะที่สามารถเลี้ยงในห้องปฏิบัติการได้นานกว่า 60 วันในการทดลองที่ 3

ตารางที่ 7 น้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu

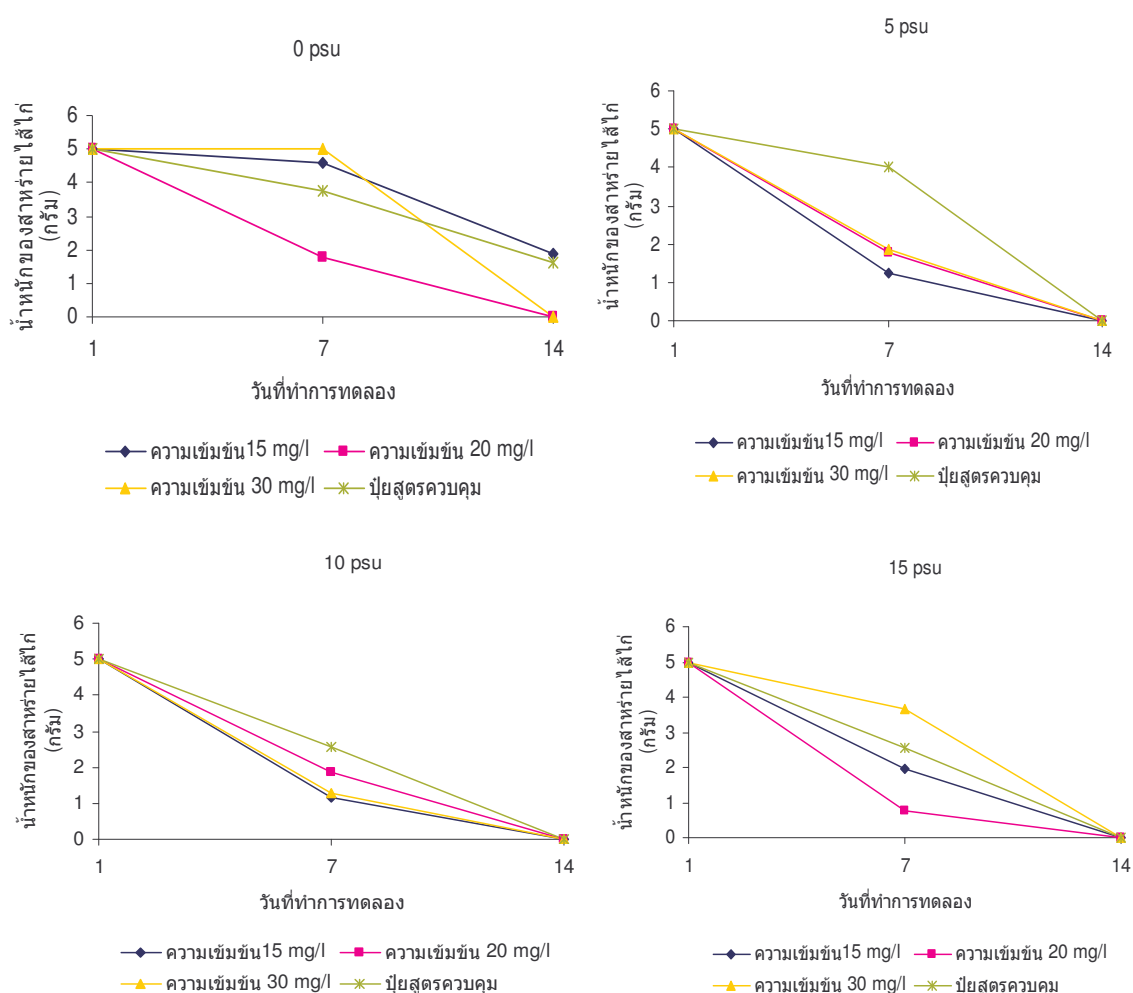
วันที่ทดลอง	ระดับความเค็ม (psu)	น้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ (กรัม)			
		ความเข้มข้นปุ๋ย 46-0-0 (มิลลิกรัมต่อลิตร)			povasoli's
		15	20	30	
1	0	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		5.10±0.10 ^b	0.00 ^a	2.93±1.78 ^b	3.73±0.47 ^b
14		4.07±0.76 ^c	0.00 ^a	0.00 ^a	1.60±0.61 ^b
1	5	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		0.00 ^a	0.00 ^a	2.37±1.22 ^b	4.03±0.32 ^b
14		0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^b
1	10	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	2.57±0.31 ^b
14		0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^b
1	15	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
7		2.93±1.94 ^a	2.13±1.22 ^a	5.10±0.10 ^a	2.57±0.50 ^a
14		0.00 ^a	0.00 ^a	1.87±0.59 ^b	0.00 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 การทดลองเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้ปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15

psu

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายใส่ไ้ในปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0 psu โดย
ใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 41)
สาหร่ายใส่ไ้มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 พบว่าสาหร่ายมีน้ำหนักลดลง
ยกเว้นระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ที่มีน้ำหนักสาหร่ายเท่าเดิม
และในวันที่ 14 ของการทดลอง สาหร่ายใส่ไ้มีน้ำหนักลดลง และตายลงภายใน 14 วัน ทั้งนี้
เนื่องจากปุ๋ยหินฟอสเฟตมีประสิทธิภาพการละลายที่ช้า และเกิดการตะกอนปกคลุมสาหร่ายใส่ไ้



ภาพที่ 41 การเจริญเติบโตของสาหร่ายใส่ไ้ในปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลจากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 5 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 41) สาหร่ายไส้ไก่มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม เมื่อผ่านการเลี้ยงในวันที่ 7 สาหร่ายมีน้ำหนัก เท่ากับ 1.23 ± 1.38 , 1.80 ± 0.17 และ 4.43 ± 0.60 กรัม ตามลำดับ และวันที่ 14 ของการทดลอง พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ตายหมดทุกระดับความเข้มข้น รวมทั้งปุ๋ยควบคุม

ในการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 10 psu โดยใช้ ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 41) สาหร่าย ไส้ไก่มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 สาหร่ายมีน้ำหนักเท่ากับ 1.17 ± 0.35 , 1.87 ± 1.89 และ 1.30 ± 1.27 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักลดลงจากวันเริ่มต้น ในวันที่ 14 สาหร่ายไส้ ไก่ตายทุกระดับความเข้มข้น รวมทั้งสาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยควบคุม

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 37) สาหร่ายไส้ไก่ มีน้ำหนักเริ่มต้น เท่ากับ 5.00 ± 0.00 กรัม ในวันที่ 7 สาหร่ายมีน้ำหนักเท่ากับ 1.97 ± 0.42 , 0.77 ± 0.15 และ 3.67 ± 1.17 กรัม ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากวันแรก

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่โดยใช้ปุ๋ยสูตรหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ระดับ ความเค็มที่ 0 psu สาหร่ายสามารถเจริญได้ในปุ๋ยระดับความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเจริญที่ดีกว่าปุ๋ยควบคุม ส่วนในระดับความเค็มที่ 5 psu สาหร่ายสามารถเจริญได้ในปุ๋ยความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเจริญที่ดีกว่าปุ๋ยสูตรควบคุมเช่นกัน และระดับความเค็มที่ 15 psu พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญได้ในปุ๋ยระดับความเข้มข้นที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเจริญ ที่ดีกว่าปุ๋ยควบคุมที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายสีเขียว อย่างไรก็ตามสาหร่ายได้ตายลงทั้งหมดในวันที่ 14 ของ การทดลอง

ตารางที่ 8 น้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยหินฟอสเฟต ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu

วันที่ทดลอง	ระดับความเค็ม (psu)	น้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่ (กรัม)			
		ความเข้มข้นปุ๋ยหินฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)			povasoli's
		15	20	30	
1	0	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±00.0 ^a	5.00±0.00 ^a
7		4.57±0.32 ^{ab}	1.80±2.27 ^a	5.00± 0.00 ^b	3.73±0.47 ^{ab}
14		1.87±0.76 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	1.60±0.61 ^a
1	5	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±00.0 ^a	5.00±0.00 ^a
7		1.23±1.38 ^a	1.80±0.17 ^a	4.43±0.60 ^b	4.03±0.32 ^b
14		0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
1	10	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±00.0 ^a	5.00± 0.0 ^a
7		1.17±0.35 ^a	1.87±1.89 ^a	1.30±1.27 ^a	2.57± 0.31 ^a
14		0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
1	15	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±00.0 ^a	5.00±0.00 ^a
7		1.97±0.42 ^{ab}	0.77±0.15 ^a	3.67±1.17 ^b	2.57±0.50 ^b
14		0.00 ^{ab}	0.00 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยสูตรต่างๆ ในน้ำที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu พบว่าหลังจากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยสูตร 16-16-16 ในปุ๋ย 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระดับความเค็ม 0 psu ความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปุ๋ยควบคุม ส่วนสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในปุ๋ย 46-0-0 โดยใช้ปุ๋ย 3 ระดับความ

เข้มข้น ปรากฏว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับความเค็มที่ 0 psu ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเจริญเติบโตดีกว่าปุ๋ยควบคุม สาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยหินฟอสเฟตทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญได้ในระดับความเค็ม 0 psu ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีน้ำหนักของสาหร่ายไส้ไก่มากกว่าปุ๋ยควบคุม อย่างไรก็ตาม สาหร่ายทั้งหมด มีน้ำหนักของสาหร่ายจะลดลง และตายในวันที่ 16 ของการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากสภาพของ สาหร่ายที่นำมาใช้ในการทดลองไม่สมบูรณ์

จากการทดลอง พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตในปุ๋ย 16-16-16 และ 46-0-0 แต่สาหร่ายไส้ไก่มีความต้องการทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองอย่างสม่ำเสมอ จึงจะมีการเจริญเติบโตที่ดี โดยจากการทดลองของ วิวรรณ (2543) ที่ใช้ปุ๋ยเคมี 5 สูตร ได้แก่ 0-45-0, 46-0-0, 15-15-15, 16-20-0 และ provasoli's อนุบาลต้นอ่อนของสาหร่ายพม nang พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีในปุ๋ย provasoli's เป็นเวลา 42 วันสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ต่างจากการทดลองในครั้งนี้ เนื่องจากสาหร่ายที่ใช้ในการทดลองต่างชนิดกัน เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ทุกระดับความเข้มข้น และระดับความเค็ม ในทุกสูตรปุ๋ยการทดลอง พบว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับความเค็ม 0 psu ในทุกสูตรปุ๋ย

อย่างไรก็ตาม ในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่นั้น สาหร่ายไส้ไก่จะได้รับปุ๋ยตามธรรมชาติ จากการหมุนเวียนสารอาหารภายในบ่อ ซึ่งได้มาจากกองเลนกลางบ่อ อาหารกุ้ง และของเสียจากการขับถ่ายของกุ้ง ดังนั้นไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ปุ๋ยเคมีเติมลงไป ในบ่อ เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่าย ในกรณีที่บ่อใหม่ หากต้องการเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่าย ในช่วงแรกของการเพาะเลี้ยง ควรนำปุ๋ยสูตร 46-0-0 มาใช้ในการเริ่มต้นของการเลี้ยง เนื่องจากทำให้สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น แต่ถ้าต้องการให้ระยะการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ มีระยะเวลานาน เมื่อผ่านการเลี้ยงในช่วง 1 – 2 สัปดาห์แรกควรเปลี่ยนมาใช้ปุ๋ย 16-16-16 เพราะสามารถทำให้สาหร่ายรักษาการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังพบว่า มีการเจริญเติบโตไม่เท่าที่ควรใน ปุ๋ยหินฟอสเฟต เนื่องจากองค์ประกอบของปุ๋ยหินฟอสเฟตทำให้มีประสิทธิภาพการละลายของปุ๋ย ช้ากว่าปุ๋ย 16-16-16 และ 46-0-0 (พรณทิพา, 2531) ปุ๋ยที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสาหร่ายทะเลสีเขียว โดยเฉพาะ ซึ่งจากการทดลองของ Kemer and Fong (2000) กล่าวว่า สาหร่ายไส้ไก่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับความเค็ม 0 psu ถึงแม้จะมีระดับความเค็มต่ำ แต่สาหร่ายก็สามารถเจริญได้ดีเท่ากับในน้ำที่มีระดับความเค็มสูงกว่า แต่จะมีปริมาณรงควัตถุสีลดลง และมวลชีวภาพของสาหร่ายลดลง ถึงแม้ว่าน้ำหนักจะเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Cohen and Fong (2004) โดย

ใช้ปุ๋ยเคมีต่างระดับความเข้มข้น ระหว่างปริมาณไนโตรเจน และแอมโมเนีย ผลปรากฏว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยที่มีปริมาณแอมโมเนียมากกว่า มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าแอมโมเนีย แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยที่มีปริมาณแอมโมเนียมาก หรือเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนมาก สาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตที่ดี ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้ สาหร่ายสไปก์ที่เลี้ยงในปุ๋ย 46-0-0 ที่มีการเจริญเติบโต แต่น้อยกว่าปุ๋ย 16-16-16 เนื่องจากการเจริญเติบโตของสาหร่ายไม่ได้ต้องการเพียงแค่ปริมาณไนโตรเจนเท่านั้น หากแต่ยังต้องการธาตุอาหารอื่นๆ ประกอบกันอีกด้วย และจากการศึกษาของ Fong *et al.* (2004) ที่ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย *E. intestinalis* พบว่า ในน้ำที่มีระดับอัตราส่วนไนโตรเจน ต่อ ฟอสฟอรัสที่ต่างกัน รวมทั้งปริมาณระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ผลการทดลองจากการประเมินมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ พบว่า ในบ่อทดลองที่ 1, 2 และ 3 ก่อนการปล่อยกุ้ง มีมวลชีวภาพของสาหร่ายมากที่สุดบริเวณกองเลนกลางบ่อ ขอบบ่อ และแนวหวานอาหาร ตามลำดับ เมื่อหลังจากการปล่อยกุ้งกุลาดำลงเลี้ยงร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ โดยสาหร่ายมีมวลชีวภาพสูงสุด ในวันที่ 52-84 และลดลงจนไม่มีสาหร่ายภายในวันที่ 150 ปริมาณมวลชีวภาพของสาหร่ายแตกต่างกันตามลักษณะของบ่อ บ่อที่พบว่าการเจริญเติบโตดี ดินพื้นบ่อมีสีน้ำตาลอ่อน มีเปลือกหอย เศษไม้ ก้อนหินขนาดเล็ก กระจายอยู่ทั่วพื้นบ่อ น้ำใส และไม่มีสาหร่ายชนิดอื่นขึ้นปะปน

2. ในการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ปริมาณไนโตรเจน – ไนโตรเจน ไนเตรต – ไนโตรเจน แอมโมเนีย – ไนโตรเจน ฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส และค่าความโปร่งแสง ไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของสาหร่ายไส้ไก่ ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน ฟอสฟอรัสรวมในดิน และสารอินทรีย์ในดิน ไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ทั้ง 3 บ่อทดลอง แต่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโต

3. ผลการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็ม 8 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 psu พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับความเค็มที่ 5 psu ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มต่ำ 0-15 psu มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเค็มสูง 25-35 psu แต่ที่ระดับความเค็มสูง สาหร่ายสามารถรักษาสภาพให้มีสภาพที่ดี อยู่ได้นานกว่าที่ระดับความเค็มต่ำ โดยสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกระดับความเค็ม หากต้องการเพาะเลี้ยงให้สาหร่ายอยู่ในระยะที่เป็นเวลานาน ควรเลี้ยงสาหร่ายให้อยู่ในระดับความเค็ม 30-35 psu แต่หากต้องการให้สาหร่ายเจริญเติบโตดีในระยะสั้น ควรเลี้ยงในระดับความเค็ม 0-15 psu สาหร่ายไส้ไก่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดีในช่วงกว้าง อย่างน้อยเป็นระยะเวลา 43 วัน

4. จากการเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่โดยใช้ปุ๋ย 3 สูตร ได้แก่ 16-16-16, 46-0-0 และหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นปุ๋ย 3 ระดับ (15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร) และที่ระดับความเค็ม 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 15 psu) ผลการเจริญเติบโตไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากสาหร่ายที่เลี้ยงตายลงภายใน 16 วัน

อย่างไรก็ตาม พบว่า สาหร่ายไส้ไก่ที่ใช้ปุ๋ย 16-16-16 ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเค็ม 0 psu มีการเจริญเติบโตดีที่สุด สามารถเลี้ยงสาหร่ายให้มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องได้ดี ส่วนปุ๋ย 46-0-0 ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเค็ม 0 psu เหมาะกับการเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายในช่วงแรก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการสังเกตปริมาณสาหร่ายไส้ไก่ภายในบ่อเลี้ยงกุ้งอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากถ้าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมากในบ่อ อาจต้องมีการกำจัดบางส่วนออกไปบ้าง หรือนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นต่อไป
2. ควรมีการทดลองเลี้ยงสาหร่ายด้วยปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เพื่อศึกษาว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีหรือไม่หากใช้ปุ๋ยที่ได้จากธรรมชาติ โดยตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในน้ำที่ทำการเลี้ยงสาหร่ายควบคู่กันไปด้วย
3. ควรมีการศึกษาปริมาณธาตุอาหาร จากสาหร่าย *U. intestinalis* ที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และควรมีการวิจัยที่จะนำสาหร่ายชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ เช่น เป็นอาหารสัตว์ หรืออาหารของมนุษย์ต่อไป
4. ควรมีการวิจัยเพื่อนำสาหร่ายไส้ไก่มาแปรรูป หรือนำไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลีวโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกรียงไกร แก้วสุริยจิต. 2537. การใช้สาหร่าย *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia ช่วยลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในเตรทและฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลีมสุวรรณ. 2543. กุ้งไทย 2000 คู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. เจริญรัตน์การพิมพ์.

ณัฐรัตน์ ปภาวสิทธิ์ และ เขียวลักษณ์ อัมพรรัตน์. 2529. รายงานการวิจัยและวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพการผลิตและการใช้สาหร่ายทะเล รวมทั้งความต้องการในงานวิจัยและพัฒนาในประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

นพรัตน์ สุรพฤกษ์. 2528. ข้อมูลพื้นฐานและการประเมินคุณภาพน้ำแม่น้ำระยอง. คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประเทือง เข้าวังกลาง. 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. แผนกประมง, คณะสัตวศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. ลำปาง.

ประยูร หงส์รัตน์, ชลอ ลีมสุวรรณ, นิตี ชูเชิด และชัชรี แก้วสุริยจิต. 2549. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

พงศ์เชษฐ์ พิชิตกุล. 2549. การวิเคราะห์น้ำ (Water Analysis). ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พรณทิพา วิเชียรสวรรค์. 2531. การศึกษาประโยชน์ของการใช้หินฟอสเฟตร่วมกับอินทรีย์วัตถุเพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตรในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาปฐพีศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 11 น.

แม็ก แอนเดอร์สัน. 2533. การควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งพัฒนา, น. 25-31.
ใน รายงานสัมมนาเชิงวิชาการปัญหาสิ่งแวดล้อมในเขตพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเลบริเวณอ่าวไทย,
ณ โรงแรมริเจนท์ ซะอำ จังหวัดเพชรบุรี.

ยุวดี พิรพรพิศาล. 2546. สาหร่ายวิทยา (Phycology). ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2537. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. ศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำ.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์. 2539. การเลี้ยงสาหร่ายพม nang, *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott)
Abbott, Zhang & Xia, ร่วมกับปลานิลแดง, *Oreochromis niloticus* (Lin.) ในบ่อซีเมนต์.
ศูนย์พัฒนาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง,
กรุงเทพฯ.

วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์, บุญส่ง สิริกุล และ อรุณ มีกิริยา. 2539. การเลี้ยงสาหร่ายพม nang,
Gracilaria fisheri (Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia, แบบผลผลิตสูงในบ่อดิน.
ศูนย์พัฒนาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง,
กรุงเทพฯ.

วิวรรณ สิงห์ทวีศักดิ์ และ จิตติมา ทองศรีพงษ์. 2543a. การเลี้ยงสาหร่ายพม nang, *Gracilaria fisheri*
(Xia & Abbott) Abbott, Zhang & Xia, ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon*
(Fabricus). เอกสารวิชาการฉบับที่ 34/2543, ศูนย์พัฒนาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี,
กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____. 2543b. การเลี้ยงสาหร่ายพม nang, *Gracilaria fisheri* (Xia & Abbott) Abbott, Zhang &
Xia, ร่วมกับกุ้งกุลาดำ, *Penaeus monodon* (Fabricus) ในบ่อดิน. ศูนย์พัฒนาเพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

วรารณ์ แก้วไทย, วัลลภ ทิมดี, อาภรณ์ เทพพานิช และ อุทัย รัตนอุบล. 2547. การทดลองเลี้ยงสาหร่ายผสมนาง (*Gracilaria fisheri*), สาหร่ายพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) และสาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera*) ในบ่อดิน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี.

สรวิศ เผ่าทองสุข. 2543. สาหร่าย ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

อนงค์ จีรภัทร์. 2547. เอกสารประกอบการสอนวิชาสาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยาประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Allison, L.F. 1965. **Organic carbon.** In C.A. Black (ed.) Method of soil analysis. Part 2. Agronomy No.9 Am.Soc.Agron. Madison, Wisconsin.

APHA, AWWA. and AWCA. 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th edition, United Book Press, Maryland.

Avnimelech, Y. and M. Lacher. 1979. A tentative nutrient balance for intensive fish ponds. **Bemidgeh** 31: 3-8.

Bendoricchio, G., G. Coffaro and C. De Marchi. 1994. A trophic model for *Ulva rigida* in the Lagoon of Venice. **Eco. Modelling** 75-76: 485-496.

Bold, H.C. and M.J. Wynne. 1978. **Introduction to the Algae.** Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality in Management for Fish Pond Culture.** Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Netherlands.

- _____. 1987. **Water Quality in Management for Brackiswater Pond with Emphasis on Shrimp Farming in Thailand.** Auburn University, Amsterdam.
- Boyer, E.K. and P. Fong. 2005. Macroalgal-mediated transfers of water column nitrogen to intertidal sediments and salt marsh plants. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 321: 59-69.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. **Nitrogen-Total.** In methods of Soil Analysis, Part 2, eds by A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. Agronomy No.9, Madison, Wisconsin, USA. : 595-624.
- Chapman, V.J. and D. J. Chapman. 1980. **Seaweed and Their Uses.** 3rd ed. London, The Camelot Press.
- Cohen, A.R. and P. Fong. 2004. Nitrogen uptake and assimilation in *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link (Chlorophyta): using ¹⁵N to determine preference during simultaneous pulses of nitrate and ammonium. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 309: 67-77.
- Critchley, A.T. and M. Ohno. 1998. **Seaweed Resources of the World.** Kanagawa International Fisheries Training Centre, Japan International Cooperation Agency, Yokosuka.
- Duke, C. S., B. E. Lapointe and J. Ramus. (1986). Effects of light on growth, RuBPCase activity, and chemical composition of *Ulva* species (Chlorophyta). **J. Phycology** 22: 362-370.
- Duke, C.S., W. Litaker and J. Ramus. 1989. Effect of temperature on nitrogen-limited growth rate and chemical composition of *Ulva curvata* (Ulvales: Chlorophyta). **Marine Bio.** 100: 143-150.

- Fong, P., B.E. Katharyn, D.S. Julie and J.B. Zedler. 1996. Salinity stress, nitrogen competition, and facilitation: what controls seasonal succession of two opportunistic green macroalgae?. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 206: 203-221.
- Fong, P., F.J. Jon and C.R. Fong. 2004. Growth, nutrient storage, and release of dissolved organic nitrogen by *Enteromorpha intestinalis* in response to pulses of nitrogen and phosphorus. **Aquatic Bot.** 78: 83-95.
- Fugita, M. R. 1985. The role of nitrogen status in regulating transient ammonium uptake and nitrogen storage by macroalgae. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 92: 283-301.
- Harlin, M. 1978. Nitrate uptake by *Enteromorpha* spp. (Chlorophyceae): Application to aquaculture systems. **Aquaculture** 15: 373-376.
- Hayden, H. S., J. Blomster, C. A. Maggs, P.C. Silva, M. J. Stanhope and J. R. Waaland. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. **Europe J. Phycology** 38: 277-294.
- Goldman, J.C., K.R. Tenore, J.H. Ryther and N. Corwin. 1974. Inorganic nitrogen removal in a combined tertiary treatment—marine aquaculture system—I. Removal efficiencies. **Water Research** 8: 45-54.
- Kamer, K. and P. Fong. 2000. A fluctuation salinity regime mitigates the negative of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) link. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 254: 53-69.
- Kamer, K. and P. Fong. 2000. Nitrogen enrichment ameliorates the negative effects of reduced salinity on the green macroalga *Enteromorpha intestinalis*. **Marine Eco. Progress Series** 218: 87-93.

- Lavery, P. S. and A. J. McComb, 1991. Macroalgal-sediment nutrient interactions and their importance to macroalgal nutrition in a eutrophic estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 32: 95-281.
- Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. **Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand**. Integrated Promotion Technology, Bangkok.
- Liu, C.I. 1989. Shrimp diseases, prevention and treatment, pp. 64-74. *In* D.M. Akiyama (ed). **Proceeding of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop**. American Soybean Association, Singapore.
- Lobban, C. S. and P. J. Harrison, 1994. **Seaweed ecology and physiology**. Cambridge University Press, Cambridge, London.
- Lotze, H.K. and W. Schramm. 2000. Ecophysiological traits explain species dominance patterns in macroalgal blooms. *J. of Phycology* 36: 287–295.
- Martins, I., O.M. José., F.R. Morgens and J.C. Marques. 1999. The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in the Mondego estuary (west Portugal). *Acta Oecologica* 20: 259–265.
- Martins, I. and J.C. Marques. 2002. A model for the growth of opportunistic macroalgae (*Enteromorpha* sp.) in tidal estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 247-257.
- Mellors, J. E. 1991. An evaluation of a rapid visual technique for estimating seagrass biomass. *Aquatic Bot.* 42: 67-73.

- Moralesa, A.M., M.C. Valdeza, S.C. Domínguez, B.G. Acostaa and F.G. Plerez. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. **J. of Food Composition and Anal.** 18: 79–88.
- Olivier, M., G. Desrosiers, A. Caron, C. Retiere and A. Calliou. 1997. Juvenile growth of *Nereis diversicolor* (O.F. Müller) feeding on a range of marine vascular and macroalgal plant sources under experimental conditions. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 208: 1-12.
- Olsen, S.R., and L.E. Sommer. 1982. **Phosphorus**. p. 403-430. In A.L. Page et al. (ed.) Method of soil analysis. Part 2. Amer. Soc.of Agron, Inc. Madison, Wisc. U.S.A.
- Ohno, M. and A.T. Critchley. 1993. **Seaweed Cultivation and Marine Ranching**. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency.
- Païoma, L., V. Clavero, J.J. Izquierdo, A. Aviiés, J. Becerra and F.X. Niell. 2004. Influence of macrophytes on sediment phosphorus accumulation in a eutrophic estuary (Palmones River, Southern Spain). **Aquatic Bot.** 80: 103-113.
- Palmer, C.M. 1977. **Algae and Water Pollution**. U.S. Environmental Protection Agency (EPA 600/9-77-036), Ohio.
- Parker, H. S. 1982. Effect of simulated current on growth rate and nitrogen metabolism of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyta). **Marine Bio.** 96: 137-147.
- Pringle, J.D. 1986. Swarmer release and distribution of life-cycle phases of *Enteromorpha intestinalis* (L.) (Chlorophyta) in relation to environmental factors. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 100: 97-100.

- Sousa, A.I., I. Martins, A.I. Lillebe, M.R. Flindt and M.A. Pardal. 2007. Influence of salinity, nutrients and light on the germination and growth of *Enteromorpha* sp. Spores. **J. of Experimental Marine Bio. and Eco.** 341: 142-150.
- Thomforde, H. and C.E. Boyd. 1991. Effects of aeration on water quality and channel catfish production. **Bemidgeh** 43: 3-36.
- Villares, R. and A. Carballeira. 2003. Seasonal variation in the concentrations of nutrients in two green macroalgae and nutrient levels in sediments in the Rías Baixas (NW Spain). **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 58: 887-900.
- Vymazal, J. 1995. **Algae and Element Cycling in Wetlands**. Boca Raton: Lewis. 689 p.
- Waaland, J.R. 1977. **Common Seaweed of the Pacific Coast**. Pacific Search Press. 120 p.
- Wennhage, H. and L. Pihl. 1994. Substratum selection by juvenile plaice (*Plauronectes platessa* L.): impact of benthic microalgae and filamentous macroalgae. **Netherlands J. of Sea Research** 32: 343-351.
- Wheeler, P.A. and B.R. Björnsäter. 1992. Seasonal fluctuations in tissue nitrogen, phosphorus and N : P for five macroalgae species common to the Pacific northwest coast. **J. Phycology** 28: 1-6.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	0.037 ^{ns}
	20	-0.027 ^{ns}
	30	-1.000**
5	15	0.506 ^{ns}
	20	-0.786 ^{ns}
	30	1.000**
10	15	-0.914 ^{ns}
	20	0.717 ^{ns}
	30	-0.822 ^{ns}
15	15	0.801 ^{ns}
	20	-0.996 ^{ns}
	30	-1.000*

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) และ ** มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.043	0.390	0.394	0.043	0.385	0.379	0.249	0.395	0.390
5	0.322	0.398	0.347	0.322	0.362	0.377	0.161	0.371	0.385
10	0.315	0.359	0.371	0.315	0.356	0.349	0.322	0.376	0.381
15	0.325	0.265	0.313	0.325	0.357	0.270	0.220	0.394	0.380

ตารางผนวกที่ 3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	-0.736 ^{ns}
	20	-0.558 ^{ns}
	30	-0.808 ^{ns}
5	15	-0.489 ^{ns}
	20	-0.963 ^{ns}
	30	-0.966 ^{ns}
10	15	-0.993 ^{ns}
	20	-0.884 ^{ns}
	30	-0.579 ^{ns}
15	15	-0.182 ^{ns}
	20	-0.895 ^{ns}
	30	-0.455 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$)

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ใน
 ปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.000	0.068	1.473	0.000	0.082	1.745	0.000	0.068	1.786
5	0.000	0.641	1.991	0.000	0.641	2.127	0.000	0.545	2.195
10	0.000	1.214	2.264	0.000	1.350	2.400	0.000	1.255	2.536
15	0.000	1.077	2.345	0.000	1.214	2.455	0.000	1.186	2.618

ตารางผนวกที่ 5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	0.169 ^{ns}
	20	-0.416 ^{ns}
	30	-0.916 ^{ns}
5	15	-0.927 ^{ns}
	20	-0.978 ^{ns}
	30	-0.883 ^{ns}
10	15	-0.988 ^{ns}
	20	-0.992 ^{ns}
	30	-0.877 ^{ns}
15	15	-0.947 ^{ns}
	20	-0.910 ^{ns}
	30	-0.901 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$)

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.008	0.732	0.448	0.007	0.968	0.711	0.011	2.475	1.491
5	0.003	0.674	0.451	0.008	0.793	0.591	0.012	1.307	1.167
10	0.004	0.687	0.465	0.003	0.783	0.484	0.008	1.404	1.024
15	0.011	0.754	0.299	0.011	0.826	0.411	0.011	1.502	0.906

ตารางผนวกที่ 7 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	-0.945 ^{ns}
	20	-0.743 ^{ns}
	30	-0.534 ^{ns}
5	15	-0.782 ^{ns}
	20	-0.704 ^{ns}
	30	-0.914 ^{ns}
10	15	-0.796 ^{ns}
	20	-0.755 ^{ns}
	30	-0.271 ^{ns}
15	15	-0.021 ^{ns}
	20	-0.080 ^{ns}
	30	-0.136 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$)

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.034	0.061	0.127	0.037	0.033	0.000	0.036	0.034	0.365
5	0.005	0.010	0.000	0.004	0.023	0.000	0.003	0.024	0.044
10	0.052	0.022	0.000	0.043	0.086	0.000	0.054	0.022	0.000
15	0.021	0.037	0.004	0.022	0.143	0.329	0.021	0.022	0.330

ตารางผนวกที่ 9 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	-0.931 ^{ns}
	20	0.583 ^{ns}
	30	-0.909 ^{ns}
5	15	-0.500 ^{ns}
	20	-0.352 ^{ns}
	30	-1.000*
10	15	0.907 ^{ns}
	20	0.000 ^{ns}
	30	0.914 ^{ns}
15	15	0.597 ^{ns}
	20	-0.979 ^{ns}
	30	-1.000*

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) และ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.373	0.418	0.394	0.376	0.385	0.000	0.364	0.330	0.392
5	0.284	0.398	0.000	0.247	0.362	0.000	0.237	0.289	0.303
10	0.260	0.359	0.000	0.366	0.356	0.000	0.279	0.187	0.000
15	0.260	0.412	0.313	0.250	0.357	0.384	0.254	0.302	0.385

ตารางผนวกที่ 11 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	0.126 ^{ns}
	20	0.482 ^{ns}
	30	-0.537 ^{ns}
5	15	0.482 ^{ns}
	20	0.206 ^{ns}
	30	-0.958 ^{ns}
10	15	0.251 ^{ns}
	20	0.521 ^{ns}
	30	0.753 ^{ns}
15	15	-0.249 ^{ns}
	20	-0.970 ^{ns}
	30	-0.922 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$)

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.000	0.055	1.500	0.000	0.044	0.000	0.000	0.150	2.236
5	0.000	0.709	0.000	0.000	0.505	0.000	0.000	0.545	2.182
10	0.000	1.023	0.000	0.000	1.009	0.000	0.000	1.091	0.000
15	0.000	1.145	2.605	0.000	1.214	2.455	0.000	1.227	2.482

ตารางผนวกที่ 13 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	-0.993 ^{ns}
	20	-0.500 ^{ns}
	30	-0.934 ^{ns}
5	15	-0.500 ^{ns}
	20	-0.500 ^{ns}
	30	-0.952 ^{ns}
10	15	-0.500 ^{ns}
	20	-0.500 ^{ns}
	30	-0.500 ^{ns}
15	15	-1.000*
	20	-0.996 ^{ns}
	30	-0.855 ^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.079	0.065	0.048	0.075	0.268	0.000	0.077	0.057	0.046
5	0.054	0.044	0.000	0.054	0.193	0.000	0.063	0.041	0.031
10	0.057	0.046	0.000	0.064	0.283	0.000	0.066	0.041	0.000
15	0.075	0.034	0.012	0.066	0.226	0.053	0.077	0.056	0.048

ตารางผนวกที่ 15 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	0.849 ^{ns}
	20	-0.246 ^{ns}
	30	0.965 ^{ns}
5	15	0.643 ^{ns}
	20	-0.246 ^{ns}
	30	0.983 ^{ns}
10	15	0.649 ^{ns}
	20	-0.302 ^{ns}
	30	0.788 ^{ns}
15	15	0.963 ^{ns}
	20	-0.018 ^{ns}
	30	0.694 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$)

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในปุ๋ยหินฟอสเฟต								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.024	0.019	0.008	0.036	0.007	0.000	0.033	0.012	0.000
5	0.020	0.005	0.000	0.077	0.009	0.000	0.001	0.009	0.000
10	0.002	0.015	0.000	0.001	0.013	0.000	0.002	0.006	0.000
15	0.005	0.008	0.000	0.002	0.019	0.000	0.008	0.004	0.000

ตารางผนวกที่ 17 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ในปุ๋ยหินฟอสเฟต		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	0.983 ^{ns}
	20	0.984 ^{ns}
	30	0.778 ^{ns}
5	15	1.000**
	20	0.967 ^{ns}
	30	0.498 ^{ns}
10	15	-0.174 ^{ns}
	20	-0.075 ^{ns}
	30	0.063 ^{ns}
15	15	0.519 ^{ns}
	20	-0.280 ^{ns}
	30	0.965 ^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

ตารางผนวกที่ 18 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในปุ๋ยหินฟอสเฟต								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.374	0.057	0.046	0.375	0.041	0.000	0.353	0.042	0.000
5	0.283	0.038	0.000	0.198	0.062	0.000	0.177	0.033	0.000
10	0.176	0.055	0.000	0.170	0.045	0.000	0.171	0.035	0.000
15	0.165	0.046	0.000	0.163	0.068	0.000	0.155	0.043	0.000

ตารางผนวกที่ 19 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในปุ๋ยหินฟอสเฟต		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	0.629 ^{ns}
	20	0.965 ^{ns}
	30	0.591 ^{ns}
5	15	0.993 ^{ns}
	20	0.999*
	30	0.720 ^{ns}
10	15	0.996 ^{ns}
	20	0.993 ^{ns}
	30	0.998*
15	15	0.992 ^{ns}
	20	0.960 ^{ns}
	30	0.870 ^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในปุ๋ยหินฟอสเฟต								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.000	0.068	1.336	0.000	0.082	0.000	0.033	0.068	0.00
5	0.000	0.641	0.000	0.000	0.641	0.000	0.001	0.791	0.00
10	0.000	1.214	0.000	0.000	1.350	0.000	0.002	1.173	0.00
15	0.000	1.077	0.000	0.000	1.214	0.000	0.008	1.323	0.00

ตารางผนวกที่ 21 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในปุ๋ยหินฟอสเฟต		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	-0.997 ^{ns}
	20	-0.160 ^{ns}
	30	0.500 ^{ns}
5	15	-0.281 ^{ns}
	20	-0.160 ^{ns}
	30	0.407 ^{ns}
10	15	-0.294 ^{ns}
	20	-0.144 ^{ns}
	30	-0.267 ^{ns}
15	15	-0.121 ^{ns}
	20	-0.371 ^{ns}
	30	0.261 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$)

ตารางผนวกที่ 22 ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในโหลทดลองเลี้ยงสาหร่ายไส้ไก่ โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยเคมี 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม (psu)	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในปุ๋ยหินฟอสเฟต								
	ระดับความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร			ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร		
	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 1	วันที่ 7	วันที่ 14
0	0.037	0.040	0.074	0.043	0.039	0.000	0.0470	0.0280	0.0000
5	0.068	0.024	0.000	0.029	0.025	0.000	0.0280	0.0320	0.0000
10	0.022	0.025	0.000	0.039	0.033	0.000	0.0460	0.0410	0.0000
15	0.039	0.032	0.000	0.041	0.029	0.000	0.0410	0.0400	0.0000

ตารางผนวกที่ 23 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในปุ๋ยหินฟอสเฟต		
ระดับความเค็ม (psu)	ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
0	15	-0.999*
	20	0.826 ^{ns}
	30	0.916 ^{ns}
5	15	0.993 ^{ns}
	20	0.849 ^{ns}
	30	0.976 ^{ns}
10	15	0.596 ^{ns}
	20	0.865 ^{ns}
	30	0.768 ^{ns}
15	15	0.889 ^{ns}
	20	0.817 ^{ns}
	30	0.972 ^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 24 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน, ไนโตรเจน-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	-0.474 ^{ns}	-0.086 ^{ns}	
20	-0.268 ^{ns}	-0.119 ^{ns}	
30	-0.114 ^{ns}	0.411 ^{ns}	
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	-0.408 ^{ns}	-0.086 ^{ns}	
20	-0.306 ^{ns}	-0.119 ^{ns}	
30	0.591*	0.330 ^{ns}	

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

ตารางผนวกที่ 24 (ต่อ)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	-0.743**	-0.086 ^{ns}	
20	-0.739**	-0.119 ^{ns}	
30	0.680*	0.330 ^{ns}	
ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	-0.489 ^{ns}	-0.086 ^{ns}	
20	-0.442 ^{ns}	-0.119 ^{ns}	
30	-0.486 ^{ns}	0.330 ^{ns}	

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ** มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

ตารางผนวกที่ 25 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน, ไนโตรเจน-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย
15	0.473 ^{ns}	0.473 ^{ns}	-0.299 ^{ns}
20	-0.197 ^{ns}	-0.197 ^{ns}	0.103 ^{ns}
30	-0.352 ^{ns}	-0.352 ^{ns}	0.167 ^{ns}
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย
15	0.452 ^{ns}	0.452 ^{ns}	-0.299 ^{ns}
20	0.297 ^{ns}	0.297 ^{ns}	0.103 ^{ns}
30	0.244 ^{ns}	0.244 ^{ns}	0.167 ^{ns}

หมายเหตุ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

ตารางผนวกที่ 25 (ต่อ)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	-0.403 ^{ns}	-0.299 ^{ns}	
20	-0.347 ^{ns}	0.103 ^{ns}	
30	-0.567 ^{ns}	0.167 ^{ns}	
ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	0.803**	-0.299 ^{ns}	
20	-0.210 ^{ns}	0.103 ^{ns}	
30	0.811**	0.167 ^{ns}	

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ** มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

ตารางผนวกที่ 26 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟต ในระดับความเข้มข้นที่ 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	0.605*	-0.241 ^{ns}	
20	0.527 ^{ns}	-0.053 ^{ns}	
30	0.524 ^{ns}	-0.118 ^{ns}	
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	0.811**	-0.241 ^{ns}	
20	0.871**	-0.053 ^{ns}	
30	0.609*	-0.118 ^{ns}	

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) และ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางผนวกที่ 26 (ต่อ)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	-0.306 ^{ns}	-0.241 ^{ns}	
20	-0.198 ^{ns}	-0.053 ^{ns}	
30	0.046 ^{ns}	-0.118 ^{ns}	
ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมทุกระดับความเค็ม			
ความเข้มข้นปุ๋ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่าย	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับระดับความเค็มทุกระดับ	
15	0.598*	-0.241 ^{ns}	
20	0.811**	-0.053 ^{ns}	
30	0.832**	-0.118 ^{ns}	

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$), * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

ตารางผนวกที่ 27 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตรควบคุม

ระดับความเค็ม (psu)	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในปุ๋ยสูตรควบคุม			
	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน	ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส
0	0.785 ^{ns}	0.828 ^{ns}	-0.938 ^{ns}	-0.942 ^{ns}
5	0.760 ^{ns}	0.289 ^{ns}	-0.989 ^{ns}	-0.879 ^{ns}
10	0.871 ^{ns}	0.823 ^{ns}	-0.997 ^{ns}	-0.641 ^{ns}
15	-0.874 ^{ns}	0.788 ^{ns}	-1.000**	-0.719 ^{ns}

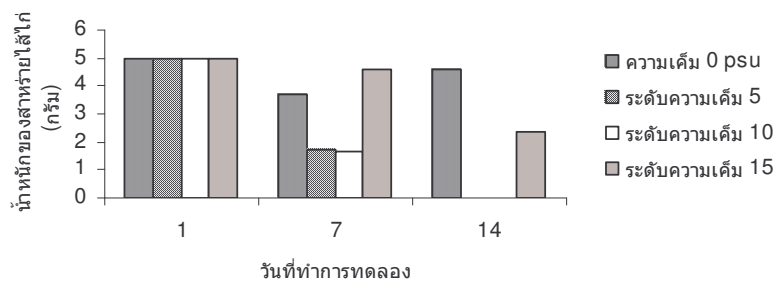
หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) และ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) และ** มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางผนวกที่ 28 เปรียบเทียบความค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส กับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตรควบคุม

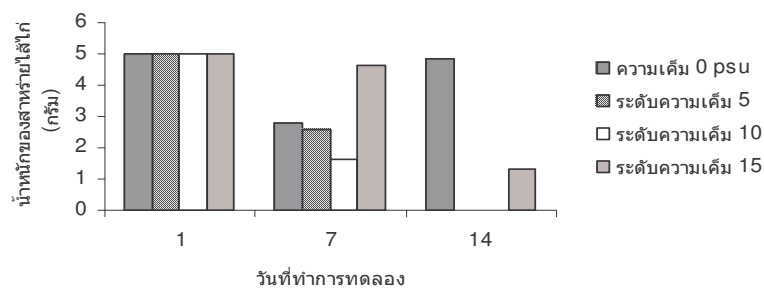
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในปุ๋ยสูตรควบคุม		
คุณภาพน้ำ	การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว	ระดับความเค็มทุกระดับ
ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในปุ๋ยสูตรควบคุม	0.270 ^{ns}	-0.184 ^{ns}
ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในปุ๋ยสูตรควบคุม	0.449 ^{ns}	-0.184 ^{ns}
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในปุ๋ยสูตรควบคุม	-0.973**	-0.184 ^{ns}
ปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในปุ๋ยสูตรควบคุม	-0.691*	-0.184 ^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$) และ* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และ** มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($p<0.01$)

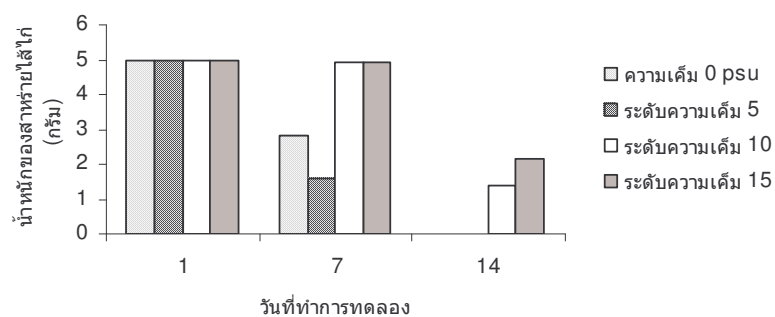
**การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16
ที่ระดับความเค็มต่างๆ ในความเข้มข้นที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร**



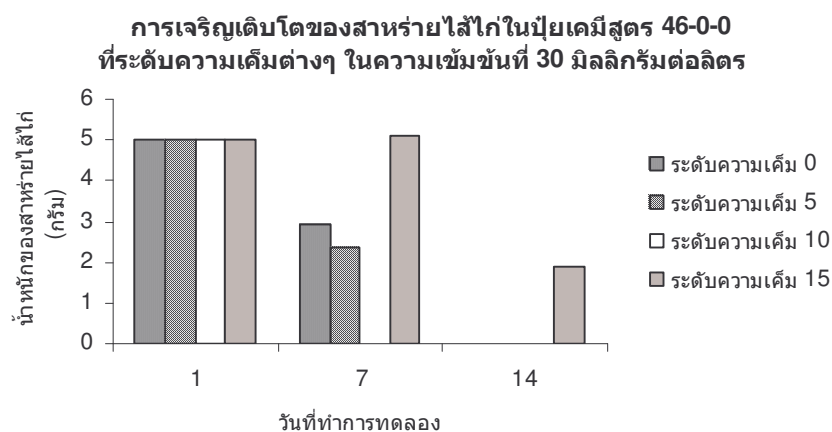
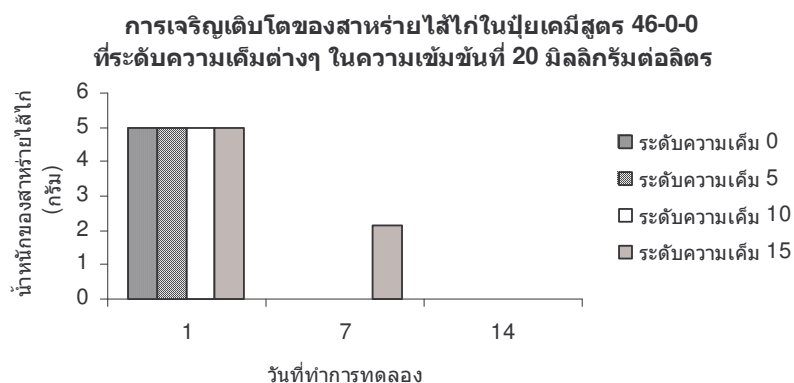
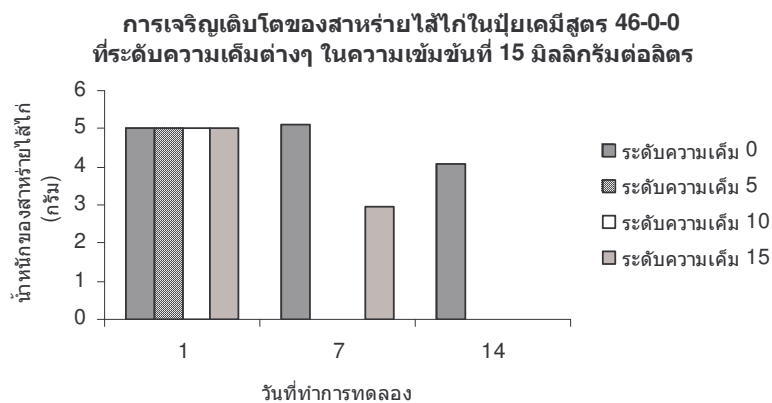
**การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16
ที่ระดับความเค็มต่างๆ ในความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร**



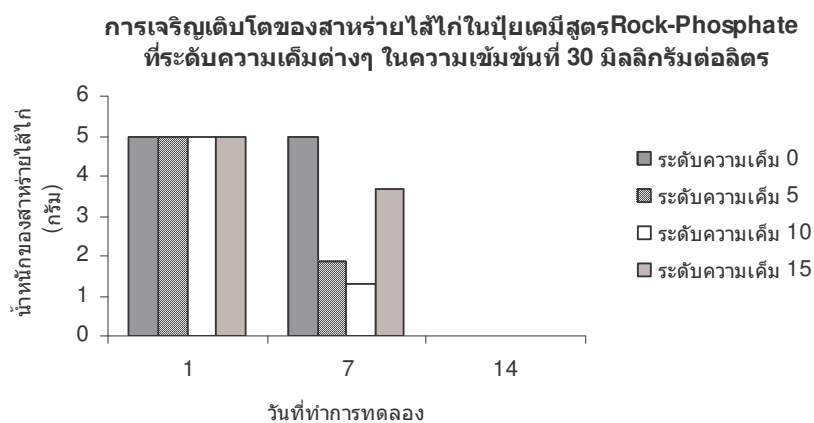
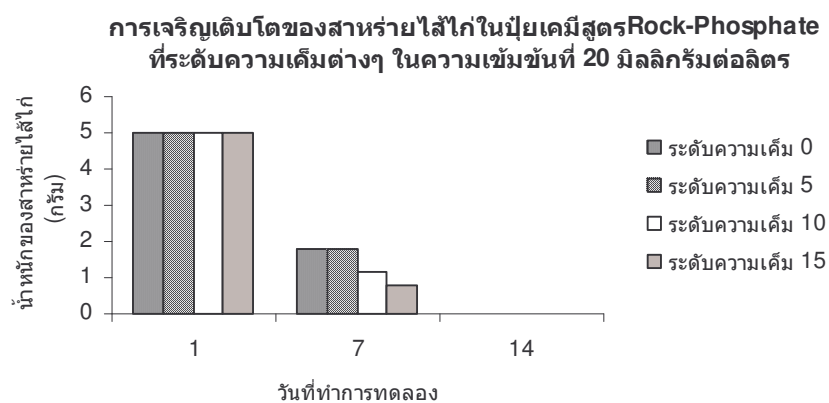
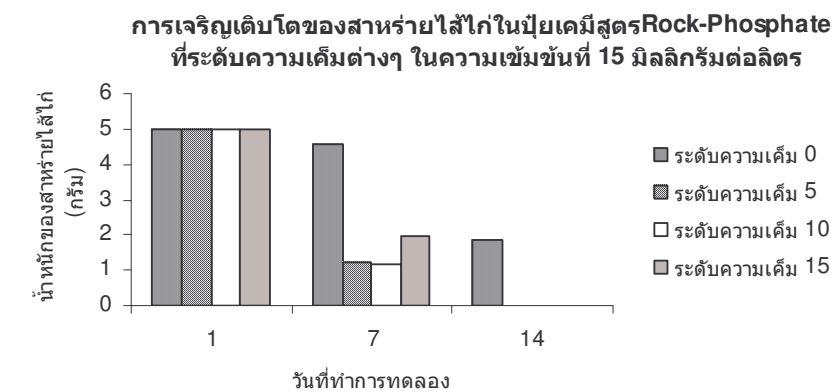
**การเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16
ที่ระดับความเค็มต่างๆ ในความเข้มข้นที่ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร**



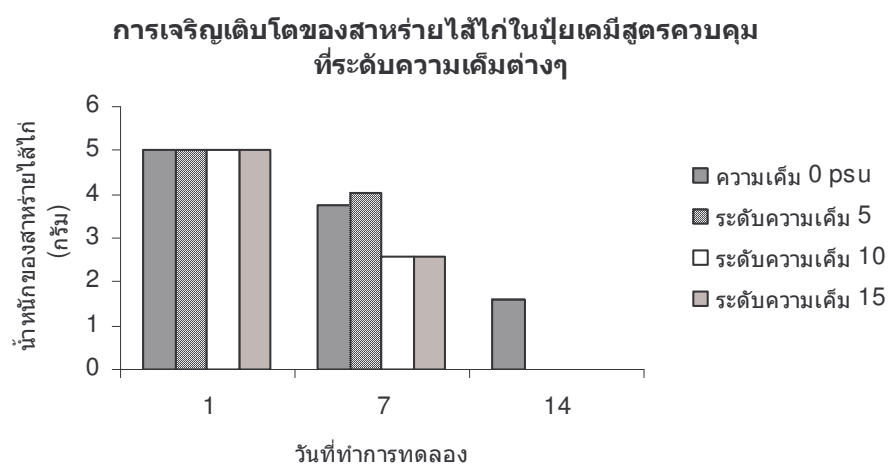
ภาพผนวกที่1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายไส้ไก่ในปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยระดับความเข้มข้น 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพผนวกที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ย 46-0-0 ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยระดับความเข้มข้น 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพผนวกที่ 3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในปุ๋ยหินฟอสเฟต ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu ในปุ๋ยระดับความเข้มข้น 15, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพผนวกที่ 4 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว ในปุ๋ยควบคุม ที่ระดับความเค็ม 0, 5, 10 และ 15 psu

สูตรอาหาร Provasoli's Enriched Seawater Medium or PES Medium

เป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงสาหร่ายทะเลเกือบทุกชนิด และเหมาะสำหรับการเลี้ยงระยะยาว เพื่อศึกษารูปร่าง

ส่วนประกอบอาหารเสริม

NaNO_3	350.0 มิลลิกรัม
$\text{C}_3\text{H}_7\text{Na}_2\text{O}_6\text{P}.5\text{H}_2\text{O}$	50.0 มิลลิกรัม
* EDTA 1:1 molar	2.5 มิลลิกรัม
** P II	25.0 มิลลิกรัม
Vitamin B12	10.0 ไมโครกรัม
Thiamine	0.5 มิลลิกรัม
Biotin	5.0 ไมโครกรัม
Tris Buffer	500.0 มิลลิกรัม

ละลายส่วนประกอบทั้งหมดในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

วิธีเตรียมอาหาร

นำอาหารเสริมที่เตรียมตามวิธีข้างต้นปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำทะเลที่กรองแล้ว ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร หากเลี้ยงแบบปลอดเชื้อต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน

* วิธีการเตรียมธาตุเหล็กในรูปของ EDTA 1:1 molar

ละลาย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2.6\text{H}_2\text{O}$ 351 มิลลิกรัม และ Na_2EDTA ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร โดยเทียบปริมาณสารละลาย 1 มิลลิลิตร มีน้ำหนักเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัมเหล็ก (mgFe)

** วิธีเตรียมแร่ธาตุ P II มีส่วนประกอบดังนี้

H_3BO_3	114.0 มิลลิกรัม
$\text{FeCl}_3.6\text{H}_2\text{O}$	4.9 มิลลิกรัม
$\text{MnSO}_3.4\text{H}_2\text{O}$	16.4 มิลลิกรัม
$\text{ZnSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$	2.2 มิลลิกรัม
$\text{CoSO}_4.7\text{H}_2\text{O}$	0.48 มิลลิกรัม
Na_2EDTA	100.0 มิลลิกรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวชนัดดา เกตุมา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 มิถุนายน 2525
สถานที่เกิด	ชลบุรี
ประวัติการศึกษา	กษ.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักศึกษา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-