



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)
ปริญญา

วิทยาศาสตรการประมง

ชีววิทยาประมง

สาขา

ภาควิชา

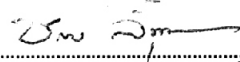
เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)
ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติกด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Comparative Study of Direct Stocking and Nursing in Plastic Cage of
Litopenaeus vannamei Cultured under Low-Salinity Conditions

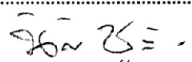
นามผู้วิจัย นางสาวณลินี อุ้ยสุวรรณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

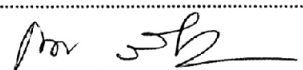
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(
รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

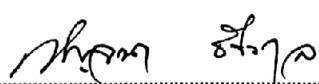
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(
รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 4 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อ
และอนุบาลในคอกพลาสติกด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Comparative Study of Direct Stocking and Nursing in Plastic Cage of
Litopenaeus vannamei Cultured under Low-Salinity Conditions

โดย

นางสาวนลินี อุษสุวรรณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2551

นลินี อัยสุวรรณ 2551: การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติกด้วยน้ำความเค็มต่ำ ปรินญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิมสุวรรณ, Ph.D. 109 หน้า

การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรง หรือบ่อควบคุมในบ่อเลี้ยงพื้นที่ 5 ไร่ จำนวน 3 บ่อ น้ำมีความเค็ม 1-2 ส่วนในพันส่วน (พีพีพี) ปล่อยลูกกุ้งระยะ โปสลาเวอร์ 12 (พี 12) ในอัตราความหนาแน่น 40,000 ตัวต่อไร่ (25 ตัวต่อตารางเมตร) และบ่อทดลองที่อนุบาล ลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นเท่ากัน ในคอกพลาสติกพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร ที่มีน้ำความเค็มประมาณ 3-4 พีพีพี ระยะเวลานาน 4 วัน จึงเปิดคอกออกในบ่อที่น้ำความเค็มเท่ากับบ่อควบคุมและพื้นที่เท่ากัน จำนวน 3 บ่อ หลังจากเลี้ยงเป็นเวลานาน 90 วัน จึงจับกุ้ง โดยบ่อที่เลี้ยงด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงหรือบ่อควบคุม มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 43.27 ± 4.45 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิต 352.31 ± 36.27 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 14.77 ± 0.45 กรัม และอัตราการเจริญเติบโต 0.16 ± 0.005 กรัมต่อวัน ในขณะที่บ่อทดลองหรืออนุบาลในคอกพลาสติก มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 52.97 ± 2.27 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิต 503.18 ± 21.54 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 16.43 ± 0.35 กรัม และอัตราการเจริญเติบโต 0.18 ± 0.004 กรัมต่อวัน ซึ่งบ่อทดลองและบ่อควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนอัตราแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ปริมาณไอออนที่สำคัญของน้ำในคอกพลาสติกได้แก่ K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- และ SO_4^{2-} มีค่า 37.20, 98.27, 116.47, 916.67, 1,611.43 และ 230.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าไอออนของน้ำในบ่อที่ปล่อย โดยตรง คือ K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- และ SO_4^{2-} มีค่า 20.23, 48.17, 58.33, 508.35, 661.83 และ 115.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่หลังจากเปิดคอก กุ้งมีอายุ 10 วัน ปริมาณ Mg^{2+} , Cl^- และ SO_4^{2-} ในกลุ่มทดลองยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าบ่อควบคุม คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้งในบ่อที่เลี้ยงด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงและวิธีอนุบาลในคอกพลาสติกส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดการเลี้ยง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณและชนิดของแพลงก์ตอนและสัตว์หน้าดินในบ่อควบคุมและบ่อทดลองไม่แตกต่างกัน การเลี้ยงด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 23,937 บาทต่อไร่ มีกำไรสุทธิเฉลี่ย 13,056 บาทต่อไร่ ส่วนการเลี้ยงด้วยวิธีอนุบาลในคอกพลาสติกมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 31,388 บาทต่อไร่ และมีกำไรสุทธิเฉลี่ย 28,994 บาทต่อไร่ โดยสรุป การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำมาก เพื่อให้ได้ผลคุ้มค่าที่สุดและให้ได้กำไรสูงสุดควรจะอนุบาลลูกกุ้งในคอกพลาสติกที่มีความเค็มสูงกว่าน้ำในบ่อก่อน

Nalinee Uysuwan 2008: Comparative Study of Direct Stocking and Nursing in Plastic Cage of *Litopenaeus vannamei* Cultured under Low-Salinity Conditions. Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan. Ph.D. 109 pages.

A comparative study of direct stocking and nursing in plastic cages of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured under low-salinity conditions was carried out. As the control group, Pacific white shrimp postlarvae (PL) 12 were stocked directly at a density of 40,000/rai ($25/\text{m}^2$) in three (approx. 5 rais) low-salinity (1-2 ppt) culture ponds. In three experimental ponds, PL 12 were also stocked at the same density into 150 m^2 plastic cages (salinity 3-4 ppt) for nursing for 4 days before releasing them from the cages into growout ponds with a salinity of 1-2 ppt. The shrimp were harvested after 90 days. Shrimp from the direct stocking control ponds had an average survival rate of $43.27 \pm 4.45 \%$, production of $352.31 \pm 36.27 \text{ kg/rai}$, weight of $14.77 \pm 0.45 \text{ g}$ and growth rate of $0.16 \pm 0.005 \text{ g/day}$, while the shrimp from the experimental ponds had an average survival rate of $52.97 \pm 2.27\%$, production of $503.18 \pm 21.54 \text{ kg/rai}$, weight of $16.43 \pm 0.35 \text{ g}$ and growth rate of $0.18 \pm 0.004 \text{ g/day}$, which indicated significant differences ($P < 0.05$) between the two groups. There was no significant difference ($P > 0.05$) between the feed conversion rate (FCR) of the two groups.

The concentrations of major ions, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- and SO_4^{2-} , in the water in the plastic cages were 37.20, 98.27, 116.47, 916.67, 1611.43 and 230.15 mg/l, respectively, which were significantly higher ($P < 0.05$) than these ions' concentrations of 20.23, 48.17, 58.33, 508.35, 661.83 and 115.62 mg/l, respectively, in the direct stocking ponds. However, after releasing the shrimp from the plastic cages the concentrations of Mg^{2+} , Cl^- and SO_4^{2-} at day 10 in the experimental ponds remained significantly higher than in the control ponds. Water quality parameters during the culture periods of both groups were similar and suitable for culturing white shrimp. There were no significant differences between benthic fauna and abundance of planktons between the two groups. The average production cost of the direct stocking group was 23,937 baht/rai and the average net profit was 13,056 baht/rai, while the average production cost of the experimental group was 31,388 baht/rai and the average net profit was 28,994 baht/rai. In conclusion, for more profitable / cost-effective culture of Pacific white shrimp in very low-salinity water, the PL should first be nursed in plastic cages at a higher salinity level than the pond salinity.

Nalinee Uysuwan

Student's signature

Chalor Lim

Thesis Advisor's signature

27 / May / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชลอ ลีมสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่คอยช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ ชูเชิด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองวิชัย ยืนพันธ์ ประธานการสอบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจง เทียนส่งรัมย์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก สำหรับคำแนะนำและช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวันชัย ตันโพธิ์ และคุณทองหล่อ เงินทิม เจ้าของฟาร์มเลี้ยงกิ้งในอำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล สถานที่และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง และศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ สถานที่

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ เข้าใจและให้การสนับสนุนด้วยดีมาตลอด ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ทั้งการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงโดยสมบูรณ์

นลินี อู่สุวรรณ

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	21
ผลและวิจารณ์ผล	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ภาคผนวก	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลผลิต อัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต น้ำหนักและอัตราการแลกเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	28
2	น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	29
3	ปริมาณอาหารที่สำคัญก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วันและเมื่อกุ้งอายุ 10 วัน	31
4	คุณสมบัติของน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	37
5	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในบ่อควบคุม และบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	49
6	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยในบ่อควบคุม และบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	50
7	เปรียบเทียบต้นทุนและรายได้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง (เฉลี่ยต่อบ่อ)	54
 ตารางผนวกที่		
1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตในบ่อทดลอง และบ่อควบคุม	69
2	น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อควบคุมที่ 1	70
3	น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อควบคุมที่ 2	71
4	น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อควบคุมที่ 3	72
5	น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อทดลองที่ 1	73
6	น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อทดลองที่ 2	74
7	น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อทดลองที่ 3	75
8	แสดงปริมาณอาหารในน้ำของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ระยะเวลา 0 และ 10 วัน	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	คุณสมบัติของน้ำตลอดการเลี้ยง	77
10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณสมบัติของน้ำในบ่อทดลอง และบ่อควบคุม	82
11	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 10 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	83
12	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 20 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	86
13	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 30 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	89
14	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 40 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	92
15	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 50 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	95
16	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 60 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	98
17	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 70 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	101
18	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 80 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	104
19	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 90 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่มีการปล่อยลูกกุ้งภายในคอกพลาสติก	29
2	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	38
3	อุณหภูมิของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	38
4	พีเอชของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	39
5	ค่าความโปร่งแสงของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	39
6	ความเค็มของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	40
7	ค่าการนำไฟฟ้าตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	40
8	ความเป็นด่างรวมของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	41
9	ความกระด้างรวมของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	41
10	ปริมาณแอมโมเนียรวมตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	42
11	ปริมาณไนไตรท์ตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	42
12	แพลงก์ตอนพืช	44
13	แพลงก์ตอนสัตว์	47
14	ปริมาณแพลงก์ตอนรวมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	49
15	ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ : Phylum Annelida (A), Phylum Arthropoda : Chironomid (B), Phylum Arthropoda, Class Insecta (C-D), Phylum Mollusca, Class Gastropoda (E-F)	51
16	แสดงปริมาณสัตว์หน้าดินของบ่อควบคุมและบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	52
17	ปริมาณสัตว์หน้าดินของบ่อควบคุมและบ่อทดลองตลอดระยะเวลาเลี้ยง	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 บ่อควบคุมที่ 1	66
2 บ่อควบคุมที่ 2 และ 3	66
3 บ่อทดลองที่ 1	67
4 บ่อทดลองที่ 2 และ 3	67
5 การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมภายในคอกพลาสติก	68
6 การชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล	68

การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยวิธีปล่อย ลูกกุ้งในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติกด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Comparative Study of Direct Stocking and Nursing in Plastic Cage of *Litopenaeus vannamei* Cultured under Low-Salinity Conditions

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการส่งออกกุ้งทะเลมาตั้งแต่ พ.ศ. 2534 จนถึงปัจจุบัน ผลผลิตส่วนใหญ่มาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) แต่หลังจากกุ้งกุลาดำประสบปัญหาการเจริญเติบโตช้าและผลการเลี้ยงไม่แน่นอน ในที่สุดกรมประมงจึงอนุญาตให้มีการนำกุ้งขาวแปซิฟิกหรือกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เข้ามาเลี้ยงในปี พ.ศ. 2545 ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ผลผลิตกุ้งกุลาดำลดลง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งและกรมประมงรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2550 ผลผลิตกุ้งในประเทศไทยจากการเพาะเลี้ยงมาจากกุ้งขาวแวนนาไม 99 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กุ้งกุลาดำมีผลผลิตเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งพื้นเมืองที่เลี้ยงกันทั่วไปในทวีปอเมริกาใต้ (Rosenberry, 1999) ต่อมามีการนำเข้าไปเลี้ยงในหลายประเทศในทวีปเอเชีย เช่น ใต้หวัน จีน อินโดนีเซีย และไทย เป็นต้น เนื่องจากกุ้งชนิดนี้ได้ผ่านการพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง จนได้สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถเลี้ยงได้ในอัตราความหนาแน่นที่สูงมาก (super-intensive) ทำให้ได้ผลผลิตสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงกุ้งทะเลชนิดอื่น ๆ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ในปัจจุบันมีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน ซึ่งใช้น้ำที่มีความเค็มปกติตั้งแต่ 10 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) ขึ้นไปทำให้ได้ผลผลิตสูงมาก ในขณะที่การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำบริเวณพื้นที่หลายจังหวัดในภาคกลางของประเทศ จะมีผลผลิตต่ำกว่า เนื่องจากอัตราความหนาแน่นของกุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำจะน้อยกว่า และส่วนใหญ่จะเลี้ยงได้ขนาดเล็กกว่าที่น้ำความเค็มปกติ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) เนื่องจากกุ้งขาวชนิดนี้สามารถปรับตัวเลี้ยงได้ในน้ำที่มีความเค็มช่วงกว้างมาก (Holthuis, 1980) และแม้ว่าความเค็มจะต่ำมากเกือบเป็นน้ำจืด (ภิญโญ, 2545) แต่สามารถเลี้ยงได้ผลผลิตสูงและมีขนาดใหญ่ได้เช่นเดียวกัน ถ้ามีความเค็มของน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง

ระหว่าง 4-7 พีพีที และมีเครื่องให้อากาศอย่างพอเพียง การจัดการควบคุมปริมาณอาหารและคุณภาพน้ำได้อย่างเหมาะสม (อรอนงค์, 2547; แก้วตา และคณะ, 2548; พงมาน, 2549)

มีเกษตรกรรายย่อยจำนวนมากที่มีอาชีพเลี้ยงปลาน้ำจืดในจังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร และอีกหลายจังหวัดในภาคกลาง เนื่องจากราคาปลาตกต่ำทำให้รายได้ไม่เพียงพอสำหรับครอบครัว จึงได้เปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยอาศัยน้ำจากแม่น้ำลำคลองตามธรรมชาติซึ่งมีความเค็มต่ำ บางฤดูกาล ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นมากกว่าการเลี้ยงปลา แต่ในขณะเดียวกันมีเกษตรกรจำนวนไม่น้อยที่เปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยอาศัยแหล่งน้ำธรรมชาติ วิธีเดียวกันนี้ได้ผลผลิตไม่แน่นอน สาเหตุหนึ่งมาจากคุณภาพน้ำในแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะความเค็มของน้ำบางช่วงเวลาจะต่ำมาก ทำให้อัตราการรอดตายของกุ้งและการเจริญเติบโตต่ำกว่าปกติ ผลผลิตที่ได้จะต่ำมาก เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยส่วนมากไม่มีการซื้อน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมเพื่อเพิ่มความเค็ม เนื่องจากต้องการประหยัดต้นทุนในการเลี้ยง แม้ว่าการอนุบาลลูกกุ้งในน้ำที่มีความเค็มสูงกว่าเพียงระยะสั้นๆ นาน 3-4 วัน ในคอกพลาสติก ก่อนที่จะเปิดคอกให้ลูกกุ้งกระจายทั่วบ่อ น่าจะทำให้ อัตราการรอดตายของลูกกุ้งสูงกว่าการปล่อยลูกกุ้งลงไปในบ่อเลี้ยงโดยตรงในน้ำที่มีความเค็มต่ำมาก เพราะลูกกุ้งที่อ่อนเพลียจากการขนส่งต้องมีการปรับตัวมาก โดยเฉพาะในน้ำที่มีความเค็มต่ำ แร่ธาตุต่าง ๆ มีปริมาณน้อย กุ้งที่อ่อนแอบางส่วนอาจจะตายในเวลาต่อมา (วิทยา, 2549) ใน การศึกษาครั้งนี้ต้องการหาวิธีการเลี้ยงที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่จะทำให้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมประสบความสำเร็จ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต ผลผลิตและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อเลี้ยงโดยตรงและอนุบาลในคอกพลาสติกที่มีความเค็มสูงกว่าน้ำในบ่อเลี้ยง
2. ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำ ชนิด ปริมาณแพลงก์ตอนและสัตว์หน้าดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งสองวิธี

การตรวจเอกสาร

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) หรือกุ้งขาวแปซิฟิก เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก ตั้งแต่ทางตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกไปจนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู มีการเลี้ยงกันมากในทวีปอเมริกาใต้หลายประเทศ เช่น เอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลอมเบียและบราซิล นอกจากนี้หลายประเทศในทวีปเอเชียมีการนำกุ้งชนิดนี้เข้ามาเลี้ยง ได้แก่ ใต้หวัน จีน และอินโดนีเซีย (Rosenberry, 1999; ชลอ และพรเลิศ, 2547)

1. อนุกรมวิธานของกุ้งขาวแวนนาไม

Holthuis (1980); Perez and Kensley, (1997) ได้จำแนกอนุกรมวิธานของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ไว้ดังนี้

Kingdom	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Crustacea
Class	Malacostraca
Subclass	Eumalacostraca
Superorder	Eucarida
Order	Decapoda
Suborder	Dendrobranchiata
Superfamily	Penaeoidea
Family	Penaeidae
Genus	<i>Litopenaeus</i>
Species	<i>Litopenaeus vannamei</i>

กุ้งขาวแปซิฟิกมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เรียกตาม Holthuis (1980) ดังนี้

ชื่อตาม FAO:

อังกฤษ : whiteleg shrimp

ฝรั่งเศส: Crevette pattes blanches

สเปน : Camaró'n patibalnco

ชื่อวิทยาศาสตร์ :

Litopenaeus vannamei Boone, 1931

ชื่อสามัญที่ใช้เรียกกันในแต่ละประเทศ ดังนี้

คอซตาริกา : Camarón blanco

เอกวาดอร์ : Camarón blanco

นิการากัว : Camarón blanco

ปานามา : Camarón blanco

โคลอมเบีย : Camarón blanco; Camarón café

เปรู : Camarón blanco; Langostino

เม็กซิโก : Camarón blanco; white Shrimp

สหรัฐอเมริกา : West coast white shrimp

ไทย : กุ้งขาวแปซิฟิก (Pacific white shrimp) (ภิญโญ, 2545)

2. ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม

Perez and Kensley (1997) ได้อธิบายถึงลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไมไว้ว่า เป็นกุ้งขนาดกลาง มีลำตัวและ ขาสีขาวใส หางมีสีแดง มีผิวลำตัวเรียบ เกลี้ยงมัน บริเวณเปลือกปกคลุมส่วนหัวและอก (carapace) เปลือกส่วนหัว (carapace) มี antennal spine และ hepatic spine มีสันข้างกรี (adrosal carina) ยาวถึงฟันกรรไกรอันสุดท้าย (epigastric tooth) แต่ยาวไม่เกินครึ่งหนึ่งของ carapace (ประจวบ, 2537) ส่วนหนวดมีสีแดงตลอดทั้งเส้น ไม่พบหนามที่บริเวณตา (orbital spine) ไม่มีร่องหลังตา (postocular sulcus) กรี (rostrum) มีความยาวปานกลางลักษณะตรง ระยะวัยอ่อนกริจะยาวกว่าก้านหนวด (antennular peduncle) เมื่อโตขึ้นกริจะมีขนาดสั้นลง บางครั้งกริจะมีความยาวเป็น

ครึ่งหนึ่งของปล้องที่ 2 ของหนวดคู่ที่ 1 (antennules) ไม่มีหนาม (parapenaeis spine) ที่บริเวณปล้องแรกของหนวดคู่ที่ 1 เส้นหนวด (antennular flagella) ตับ (hepatic carina) และสันคอ (cervical carina) คมด้านข้างเป็นร่องลึก ส่วนลำตัวปล้องที่ 6 มีสันที่เรียงตัวกันตามความยาวของลำตัว ด้านบน (cicatrices) 3 อัน หาง (telson) เรียบ

ชลอ และ พรเลิศ (2547) อธิบายลักษณะเฉพาะของกุ้งขาวแวนนาไมที่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน คือ เห็นลำไส้ชัดเจนกว่ากุ้งขาวชนิดอื่น ๆ ปลาขี้มีลักษณะตรง ความยาวของกริจะยาวกว่าลูกตาไม่มาก บริเวณพินกรี (หนาม) ด้านบนจะหยักและถี่ มีพินกรีด้านบน 8 อัน และด้านล่าง 2 อัน

3. ชีวิตวิทยาของกุ้งขาวแวนนาไม

Dore and Frimodt (1987) อธิบายว่า กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่อาศัยบริเวณพื้นที่ตื้นน้ำที่เป็นโคลน ตั้งแต่บริเวณชายฝั่งจนถึงระดับความลึก 72 เมตร โดยในระยะวัยรุ่น (juvenile) และตัวเต็มวัย (adult) จะอพยพจากชายฝั่งสู่บริเวณน้ำลึกนอกฝั่งและมีการพัฒนาเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์จนถึงขั้นสมบูรณ์ หลังจากนั้นจะผสมพันธุ์และวางไข่บริเวณนอกฝั่ง อาศัยกระแสน้ำช่วยพัดพาไข่และตัวอ่อนสู่ชายฝั่ง ปากแม่น้ำซึ่งเป็นแหล่งที่มีอาหารอุดมสมบูรณ์ โดยลูกกุ้งวัยอ่อนจะดำรงชีพบริเวณชายฝั่ง (Whetstone *et al.*, 2002) กุ้งขาวแวนนาไมเป็นสัตว์ที่ชอบหากินเวลากลางคืนสามารถกินอาหารได้หลากหลายและมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตในน้ำความเค็มช่วงกว้างระหว่าง 0-35 พีพีที (Holthuis, 1980; ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

4. การเจริญเติบโตและการลอกคราบของกุ้ง

การลอกคราบเป็นกลไกที่สำคัญในการดำรงชีวิตของสัตว์พวกครัสเตเชียนเกี่ยวข้องกับสรีระและมีผลทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตขึ้น การลอกคราบจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยภายนอก คือ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการลอกคราบ เช่น อุณหภูมิ แสง และอาหาร ปัจจัยภายใน เช่น การสะสมสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ไว้ในปริมาณมากเพียงพอต่อการสร้างเปลือกใหม่ ระบบประสาทส่วนกลางและระบบต่อมไร้ท่อที่ทำหน้าที่หลั่งฮอร์โมนยับยั้งการลอกคราบ (molt-inhibiting hormone) และฮอร์โมนลอกคราบ (molting hormone) สามารถแบ่งกระบวนการ

ลอกคราบได้ 3 ระยะ คือ ระยะก่อนการลอกคราบ (premolt stage) ระยะลอกคราบ (molting stage) และระยะหลังลอกคราบ (postmolt stage) ในระหว่างการลอกคราบ antennal gland เชื้อบูทางเดินอาหาร เหงือกและเปลือกจะทำหน้าที่ควบคุมความเข้มข้นของ Ca^{2+} ในร่างกาย (Aheam *et al.*, 2004)

5. การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทย

กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง (2546) รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยเกิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2540-2541 โดยมีการนำกุ้งขาวแวนนาไม จากประเทศไต้หวันเข้ามาทดลองเลี้ยงในบ่อดินในจังหวัดทางภาคใต้ แต่มีปัญหาเรื่องตลาดเนื่องจากยังไม่มีระบบตลาดภายในประเทศรองรับจึงหยุดเลี้ยง ต่อมากรมประมงได้อนุญาตให้มีการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมปลอดเชื้อเข้ามาทดลองเลี้ยงในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งมีลักษณะการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive) โดยมีการปล่อยลูกกุ้งที่ระดับความหนาแน่นสูง มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศและการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งมีระดับโปรตีนประมาณ 25-40 เปอร์เซ็นต์ ระดับความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยขึ้นอยู่กับศักยภาพในแต่ละพื้นที่ แบ่งระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงเป็น 2 ระดับ คือ ระดับความเค็มต่ำประมาณ 1-2 พีพีที และความเค็มปกติประมาณ 15-30 พีพีที

ชลอ และ พรเลิศ (2547) กล่าวถึงรูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยแบ่งตามความเค็มของน้ำได้ 2 แบบ คือ

1. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยความน้ำเค็มต่ำในเขตพื้นที่น้ำจืด เช่น ทางภาคกลาง โดยใช้ความเค็มจากน้ำนาเกลือที่มีความเค็มระหว่าง 100-200 พีพีที มาเจือจางในน้ำจืดให้ได้ความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที ส่วนใหญ่จะมีการกั้นคอกก่อน โดยใช้ผ้าพลาสติกพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร จากนั้นเติมน้ำความเค็มจากนาเกลือเข้าไปในคอกจนได้ความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที (ความเค็มสูงกว่าภายนอกคอก) ปล่อยลูกกุ้งระยะโพสลาว่า 10-12 ซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้วลงในคอกพลาสติก และอนุบาลในคอกต่อประมาณ 3-4 วัน จึงเปิดคอกออก การอนุบาลลูกกุ้งในคอกไม่นานเนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมกินอาหารเก่งและว่ายน้ำตลอดเวลา ดังนั้นหากอนุบาลนานเกินไปอาจจะมีการกินกันเอง ส่วนอีกวิธีหนึ่งเกษตรกรจะ

ไม่ทำคอกเหมือนวิธีแรกแต่จะ เตรียมน้ำในบ่อให้มีความเค็มประมาณ 3-5 พีพีทีทั้งบ่อแล้วให้ทางโรงเพาะฟักปรับความเค็มของลูกกุ้งอยู่ที่ความเค็มต่ำสุดให้ใกล้เคียงกับความเค็มภายในบ่อแล้วปล่อยลูกกุ้งลงในบ่อโดยตรง

2. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ คือ น้ำที่มีความเค็ม 10 พีพีทีขึ้นไป ในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะการเลี้ยงในภาคใต้ ส่วนใหญ่จะมีการปล่อยลูกกุ้งหนาแน่นมากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่ การเลี้ยงด้วยความเค็มปกติจะได้ผลดีกว่าความเค็มต่ำ เนื่องจากการถ่ายน้ำในปริมาณมากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง

รูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีทั้งหมด 4 ระบบ (Jory and Cebreira, 2003) คือ

1. Extensive system คือ ระบบการเลี้ยงกุ้งแบบดั้งเดิมหรือความหนาแน่นต่ำ โดยปล่อยลูกกุ้งที่ได้จากธรรมชาติเข้าไปในบ่อในอัตราความหนาแน่นต่ำ รูปแบบและขนาดของบ่อไม่แน่นอน กุ้งจะกินอาหารจากธรรมชาติที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยง อาจมีการเลี้ยงปลากินพืชรวมอยู่ด้วย การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะอาศัยน้ำขึ้นน้ำลง (โดยทั่วไปประมาณน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) โดยการเลี้ยงในระบบนี้จะใช้ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 100-140 วัน ได้ผลผลิตต่ำ

2. Semi-intensive system คือ ระบบการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนาหรือมีความหนาแน่นปานกลาง โดยฟาร์มส่วนใหญ่อยู่เหนือเขตน้ำขึ้นสูงสุด มีการสูบน้ำเข้ามาเก็บในบ่อพักน้ำ ในการเตรียมบ่อจะมีการเติมแร่ธาตุและปุ๋ยเพื่อเพิ่มอาหารธรรมชาติ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีน 20-40 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 5-15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในบ่อต่อวัน ได้ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลาง

3. Intensive system คือ การเลี้ยงกุ้งระบบพัฒนาหรือความหนาแน่นสูง ในพื้นที่บ่อที่มีขนาดเล็กลงแต่ให้ความสำคัญกับการเตรียมบ่อและการจัดการฟาร์มมากขึ้น ใช้อาหารที่มีโปรตีนสูงเนื่องจากกุ้งที่ปล่อยมีอัตราความหนาแน่นสูง จำนวนเครื่องให้อาหารต้องเพียงพอและตำแหน่งของเครื่องให้อาหารจึงมีความสำคัญ อาจจะมีการใช้คลอรีน ไอโอดีน ฟอรัมาลินหรือสารเคมีอื่น ๆ เพื่อฆ่าเชื้อและพาหะต่าง ๆ ในบ่อในขั้นตอนของการเตรียมน้ำ เพื่อป้องกันโรคหรือปรับคุณภาพน้ำ การเลี้ยงระบบนี้ได้ผลผลิตค่อนข้างสูง

4. Superintensive system คือ การเลี้ยงกุ้งระบบพัฒนาหรือความหนาแน่นสูงมาก ในบางประเทศมีการเลี้ยงในโรงเรือน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมากแต่จะมีการระบายตะกอนและของเสียออกตลอดเวลาและมีเครื่องให้อากาศมาก บางแห่งอาจจะใช้ระบบน้ำไหลผ่านแบบ race way การเลี้ยงในลักษณะเช่นนี้ให้ผลผลิตสูงมาก ระบบการเลี้ยงแบบนี้มีจำนวนน้อยและทำได้ในบางประเทศ หรือมีจำนวนน้อยกว่าการเลี้ยงในระบบหรือรูปแบบอื่น ๆ

6. ความสำคัญของแร่ธาตุในน้ำต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้ง

กุ้งขาวแวนนาไม เป็นสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน มีความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ คือ มีค่าออสโมลาลิตีประมาณ 600-700 mOsm หากความเค็มของน้ำต่ำมากกุ้งจะต้องใช้พลังงานมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายให้คงที่ และในทำนองเดียวกัน ถ้าความเค็มสูงกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย

เนื่องจากแร่ธาตุต่าง ๆ มีความสำคัญต่อกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีระและเคมีซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการภายในร่างกายของลูกกุ้ง สัตว์น้ำจะได้รับแร่ธาตุผ่านทางน้ำ โดยการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร หรือการแพร่ของแร่ธาตุผ่านทางเหงือก หรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง และถูกดูดซึมผ่านเข้าสู่กระแสเลือด การที่กุ้งจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุได้มากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในน้ำและอาหาร อัตราการดูดซึมแร่ธาตุขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของสัตว์น้ำ อุณหภูมิ พีเอชของน้ำและปริมาณแร่ธาตุในน้ำ กุ้งขาวแวนนาไมสามารถได้รับแร่ธาตุที่จำเป็นจากน้ำโดยแลกเปลี่ยนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ที่เหงือก หรือการได้รับแร่ธาตุโดยตรงจากอาหาร และการดูดซึมบริเวณลำไส้ แต่ยังเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเนื่องจากความเครียด (stress) และการลอกคราบ (molting) (Shiau, 1998; Lignot *et al.*, 2000) นอกจากสัตว์น้ำจะได้รับแร่ธาตุจากน้ำโดยตรงแล้ว ยังสามารถได้รับจากพืชและสัตว์ที่สัตว์น้ำกินเป็นอาหารด้วย แร่ธาตุที่สัตว์น้ำได้รับจากน้ำและอาหารมีหลายชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกัน จึงอาจแบ่งแร่ธาตุตามความต้องการของสัตว์น้ำได้เป็น 2 ประเภท (บุญรัตน์, 2545) ได้แก่

1. แร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณมาก (macro minerals)

แร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณมากมี 7 ชนิด ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน โซเดียม และ คลอไรด์ แร่ธาตุพวกนี้สัตว์น้ำต้องการในปริมาณไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน

2. แร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณน้อย (micro or trace minerals)

แร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณน้อยมี 15 ชนิด ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ไอโอดีน สังกะสี ฟลูออรีน โคบอลต์ โมลิบดีนัม ซีลีเนียม สตรอนเชียม โครเมียม นิกเกิล คีบุก วาเนเดียม และซิลิกอน ซึ่งสัตว์น้ำต้องการวันละไม่กี่มิลลิกรัมและส่วนใหญ่สัตว์น้ำมีความต้องการน้อยมาก จนไม่ทราบปริมาณที่แน่นอน (เวียง, 2543)

แคลเซียม (Ca^{2+}) เป็นส่วนประกอบสำคัญของโครงสร้างเปลือก โดยปกติแล้วแคลเซียมจะสะสมในตับและตับอ่อน (hepatopancreas) ในรูปของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต (CaPO_4) มีการสะสมแคลเซียมในเลือด และส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย แคลเซียมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด โดยทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยในการย่อยคาร์โบไฮเดรตให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ควบคุมการเต้นของหัวใจ และการทำงานของระบบประสาทที่รอยต่อกับกล้ามเนื้อ ตามปกติกุ้งขาวแวนนาไมพยายามรักษาระดับความเข้มข้นของ Ca^{2+} ให้คงที่ตลอดเวลาในทุกระดับความเค็มของน้ำ การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ กุ้งมีโอกาสได้รับปริมาณ Ca^{2+} ที่ไม่เพียงพอซึ่งจะทำให้กุ้งเปลือกบาง เปลือกนึ่ม และเปลือกแข็งช้า หลังจากการลอกคราบ (บุญรัตน์, 2545)

แมกนีเซียม (Mg^{2+}) มีส่วนช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ให้ทำงานดีขึ้น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยที่จะเปลี่ยน ATP (adenosine triphosphate) ให้เป็น ADP (adenosine diphosphate) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และการเจริญเติบโต ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม มี antennal gland ช่วยในการควบคุมการขับ Mg^{2+} เพื่อให้กุ้งสามารถรักษาระดับของ Mg^{2+} ในเลือดให้ต่ำกว่าภายนอก (Lin *et al.* 2000)

โซเดียม (Na^+) คลอไรด์ (Cl^-) และโพแทสเซียม (K^+) แร่ธาตุทั้ง 3 ชนิด ช่วยควบคุมระบบการปรับสมดุลน้ำและออสโมติกของร่างกายให้คงที่ รักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งในสภาวะปกติภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของ K^+ มากกว่า แต่มี Na^+ และ Cl^- น้อยกว่าภายในเซลล์ ความคุมสารที่ผ่านเข้าและออกเซลล์ให้เป็นปกติ จึงทำให้ความดันออสโมติก (osmotic pressure) คงที่ทำให้น้ำในร่างกายอยู่ในสภาวะปกติและยังช่วยรักษาสมดุลของพีเอชของของเหลวภายในร่างกาย โดย K^+ จะทำงานร่วมกับ Ca^{2+} ในการทำงานของกล้ามเนื้อและยังทำงานร่วมกับ Na^+ ในการส่งกระแสประสาทช่วยในการถ่ายทอดสัญญาณประสาทหรือกระแสความรู้สึก นอกจากนี้ Cl^- ยังช่วยในการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ของเม็ดเลือด สร้างกรดเกลือและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร ในระยะที่กึ่งมีการเจริญเติบโตหรือมีการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ กุ้งขาวแวนนาไมจะมีความต้องการ K^+ ในเซลล์สูงมาก โดยการดูดซึมผ่านทางเหงือก อาศัยกระบวนการ active transport หรือผ่านทางเซลล์จากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นน้อยโดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน (passive transport) และหากปริมาณ K^+ ในร่างกายมากเกินไปจะถูกขับออกจากร่างกายพร้อมยูรีนผ่านทาง antennal gland พร้อมกับ Mg^{2+} และ SO_4^{2-} แต่ปริมาณ K^+ ที่ขับออกจะน้อยกว่า (Davis and Lawrance 1997; Silva and Williams, 2001)

ทองแดง และ เหล็กที่มีในเลือด ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงให้สัตว์น้ำ แต่สำหรับสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกกุ้ง หอยและปู พบว่า ทองแดงก็จะช่วยสร้างเม็ดเลือดในสัตว์กลุ่มนี้เช่นกัน โดยเป็นองค์ประกอบของฮีโมไซยานินในเม็ดเลือด และทองแดงยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์หลายชนิด รวมทั้งทองแดงยังช่วยในการดูดซึมเหล็กบริเวณผนังเส้นเลือดและเชื้อหุ้มประสาท (Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001)

Saoud *et al.* (2002) ได้ศึกษาอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในน้ำเกลือที่สูบมาจากน้ำบาดาล พบว่าธาตุ K^+ มีความสัมพันธ์ที่สุดต่อการรอดตายในกุ้งระยะโพสตาไรว หากเพิ่มปริมาณ K^+ ในน้ำให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับในน้ำทะเลที่ความเค็ม 4 พีพีที อัตราการรอดตายของกุ้งจะเพิ่ม จากน้อยกว่า 50 % เป็นมากกว่า 85 % นอกจากนี้ K^+ ยังมีความสำคัญต่อการทำงานของ $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPase ในการขนส่งแร่ธาตุและกระบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุ สำหรับ Mg^{2+} และ SO_4^{2-} ต่างมีความสัมพันธ์ต่ออัตราการรอดตายและกระบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุเช่นกัน

Cawthorne *et al.* (1983) รายงานว่า ปัญหาการตายของกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศเอกวาดอร์ มีสาเหตุมาจากปริมาณ K^+ น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงแก้ปัญหาโดยการเติมปุ๋ย

โพแทสเซียมคลอไรด์ลงในน้ำเพื่อให้ K^+ มีความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอัตราการรอดตายของกุ้งสูงขึ้น Burton (1995) รายงานว่า สัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนพยายามรักษาแร่ธาตุในร่างกายให้คงที่ และพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์จะค่อย ๆ เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ Lin *et al.* (2000) ได้ศึกษาปริมาณแร่ธาตุ Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในเลือดและยูรินของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 3 ระดับ คือ ที่ 5, 25 และ 45 พีพีที พบว่าความเข้มข้นของ Cl^- ในยูรินมีปริมาณสูงกว่าในเลือดเล็กน้อยที่ความเค็ม 5 และ 45 พีพีที ความเข้มข้นของ Na^+ , K^+ และ Ca^{2+} ในเลือดและยูรินไม่แตกต่างกันในทุกระดับความเค็ม ส่วนความเข้มข้นของ Mg^{2+} ในยูรินจะมีปริมาณสูงขึ้น แต่ในเลือดจะต่ำลง โดยที่ความเข้มข้นของ Mg^{2+} ในเลือดและยูรินจะแตกต่างกันมากในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง สรุปว่าเมื่อความเค็มสูงขึ้นอัตราส่วนของ Mg^{2+} ในยูรินต่อในเลือดก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าร่างกายของกุ้งมีการขับ Mg^{2+} ผ่านทางยูรินเพื่อรักษาระดับ Mg^{2+} ในเลือดให้อยู่ในสภาพ hypoionic

นอกจากนี้แร่ธาตุที่อยู่ในน้ำยังมีส่วนช่วยในกระบวนการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตของกุ้ง จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียมและฟอสฟอรัสในเปลือกกุ้ง *Penaeus indicus* ในช่วงการลอกคราบต่าง ๆ ของกุ้งที่เลี้ยงในน้ำทะเลความเค็มปกติ พบว่า ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม มีปริมาณสูงในระยะระหว่างการลอกคราบ (intermolt) และระยะก่อนลอกคราบช่วงต้น แต่จะมีปริมาณต่ำสุดในระยะหลังลอกคราบเสร็จใหม่ๆ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสจะมีปริมาณสูงในระยะช่วงปลายก่อนลอกคราบ และหลังลอกคราบเสร็จใหม่ๆ การสร้างแร่ธาตุในเปลือกกุ้ง ส่วนของเปลือกบริเวณกรีและเปลือกหัวจะมีแคลเซียมสูงกว่าเปลือกลำตัว โดยในโครงสร้างของเปลือกกุ้งพบแคลเซียมเป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนแมกนีเซียมและฟอสฟอรัส ต่างเป็นส่วนประกอบรองลงไป (Huner, 1979)

การใช้สารประกอบแร่ธาตุในระหว่างการขนย้ายกุ้ง ช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายและปริมาณผลผลิตโดยเฉพาะผลผลิตจากกุ้งที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากในระหว่างการขนย้าย กุ้งจะตกใจซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเครียด และจะขับของเสียต่าง ๆ ออกมาก่อนข้างมาก ซึ่งในสิ่งขับถ่ายหรือของเสียดังกล่าวจะมีแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมาด้วย เช่น Na^+ , Cl^- ส่งผลให้การปรับสมดุลน้ำและออสโมภายในร่างกายเปลี่ยนแปลงไป กุ้งต้องใช้พลังงานในการดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ จากน้ำเข้ามาในร่างกายเพื่อทดแทนส่วนที่ถูกขับออกไป ทำให้กุ้งอ่อนเพลีย กุ้งบางส่วนอาจตายไป (Lignot *et al.*, 2000)

ชลอ และ พรเลิศ (2547) รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำไม่สามารถผลิตกุ้งขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากน้ำความเค็มต่ำอออนที่สำคัญจะมีปริมาณน้อย เช่น Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} กุ้งต้องใช้พลังงานอย่างมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆในร่างกายให้คงที่ทำให้ไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่ หากปริมาณแร่ธาตุในร่างกายมีไม่เพียงพอก็จะส่งผลให้กระบวนการลอกคราบของกุ้งไม่สมบูรณ์ และทำให้กุ้งตายระหว่างการลอกคราบได้ ดังนั้นแร่ธาตุจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งค่อนข้างมากโดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในพื้นที่ที่มีความเค็มของน้ำต่ำ (บุญรัตน์, 2545) ดังนั้นระดับความเค็มในการปล่อยลูกกุ้งไม่ควรต่ำกว่า 5 พีพีที และปริมาณอออนไม่ควรต่ำกว่าค่าที่แสดงไว้ ดังนี้

โซเดียม (Na^+)	ไม่ต่ำกว่า 1,522 มิลลิกรัม/ลิตร
แคลเซียม (Ca^{2+})	ไม่ต่ำกว่า 58 มิลลิกรัม/ลิตร
แมกนีเซียม (Mg^{2+})	ไม่ต่ำกว่า 196 มิลลิกรัม/ลิตร
โพแทสเซียม (K^+)	ไม่ต่ำกว่า 54 มิลลิกรัม/ลิตร
คลอไรด์ (Cl^-)	ไม่ต่ำกว่า 2,755 มิลลิกรัม/ลิตร
ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)	ไม่ต่ำกว่า 92 มิลลิกรัม/ลิตร
ซัลเฟต (SO_4^{2-})	ไม่ต่ำกว่า 392 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่มา : (Boyd *et al.* 2002) อ้างโดย ชลอ และ พรเลิศ (2547)

7. คุณภาพน้ำที่สำคัญที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้ง

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง หมายถึง คุณสมบัติทางชีวเคมีและกายภาพของน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช ความโปร่งแสง ความเค็ม การนำไฟฟ้า ความเป็นด่างรวม ความกระด้างรวม ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์ เป็นต้น (วรวิทย์, 2531) คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงกุ้งเนื่องจากมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ถ้ามีการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ไม่ดีจะส่งผลต่อการกินอาหารของกุ้ง เกิดโรคต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้นและมีอัตราการรอดตายต่ำ (Boyd and Fast, 1992)

7.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและสุขภาพของกุ้ง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีค่าต่ำสุดช่วงเช้ามืด เนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อ และกระบวนการย่อยสลายของเสียโดยแบคทีเรีย แต่จะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อแสงสว่างตอนเริ่มมีการสังเคราะห์แสง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีค่าสูงที่สุดในช่วงบ่าย ความสามารถในการละลายของออกซิเจนจะแปรผกผันกับอุณหภูมิและความเค็ม ในน้ำที่มีความเค็มและอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นความสามารถในการละลายของออกซิเจนจะลดลง (พุทธร และ คุณิต, 2534) การตอบสนองของกุ้งต่อสิ่งแวดล้อมที่มีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกันออกไป กุ้งที่อยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนมากเพียงพอจะแข็งแรงเจริญเติบโตดี แต่ถ้ากุ้งอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีออกซิเจนน้อยกุ้งจะเครียด อ่อนแอทำให้ป่วยเป็นโรคร้าย ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งต้องมีมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทำให้กุ้งเจริญเติบโตดี และสารอินทรีย์สลายตัวได้เร็ว เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไม่เป็นที่เคลื่อนที่และว่ายน้ำตลอดเวลา ดังนั้นหากปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรจะทำให้กุ้งลอยขึ้นผิวน้ำ กล้ามเนื้อขาวช้ำและตายในที่สุด (พุทธร และ คุณิต, 2534; ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ปริมาณออกซิเจนยังมีผลต่อการย่อยอาหาร ดังนั้นหากมีปริมาณออกซิเจนต่ำทำให้กุ้งกินอาหารได้น้อยลง (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2546) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสามารถเป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพน้ำของน้ำในแหล่งน้ำได้ด้วย (สิทธิชัย, 2549)

7.2 อุณหภูมิของน้ำ (water temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกินอาหาร การย่อยอาหารและกระบวนการทำงานต่าง ๆ ในร่างกายของสัตว์น้ำ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับแสง ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะแปรผันตามความเข้มแสง ฤดูกาล สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ความลึกและสภาพแวดล้อมทั่วไป ถ้าอุณหภูมิของน้ำเหมาะสมมีส่วนช่วยให้สัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้นและเจริญเติบโตได้ดี อุณหภูมิต่ำจะทำให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสัตว์น้ำต่ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547; สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2546; Ponce-Palaflox *et al.*, 1997; Wyban *et al.*, 1995) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่อยู่ในช่วงประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่ทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตดีและมีอัตราการอดสูง ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาเปลี่ยนแปลงตามขนาดกุ้ง คือ กุ้งขนาดเล็ก (น้ำหนักน้อยกว่า 5 กรัม) เจริญเติบโตได้ดีเมื่ออุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกุ้งขนาดใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 15

กรัม) ประมาณ 27 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะลดลง ส่งผลทำให้สารพิษประเภทต่าง ๆ เช่น ยากำจัดศัตรูพืช และโลหะหนักมีความรุนแรงมากขึ้น และมีส่วนช่วยเร่งให้มีการดูดซึมและการแพร่กระจายของสารพิษเข้าสู่ร่างกายได้เร็ว และจะทำให้แอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษ (un-ionized ammonia) เพิ่มขึ้น (Boyd, 1982)

7.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ พีเอช (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอช หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ พีเอชจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 ถ้าพีเอชของน้ำมีค่าเท่ากับ 7 แสดงว่าน้ำอยู่ในสภาพเป็นกลาง แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำอยู่ในสภาพเป็นกรดหรือพีเอชมากกว่า 7 แสดงว่าอยู่ในสภาพเป็นด่าง พีเอชของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 โดยพีเอชต่ำสุดในตอนเช้าไม่ควรจะต่ำกว่า 7.5 และช่วงบ่ายไม่ควรจะสูงกว่า 8.5 และค่าความแตกต่างของพีเอชในรอบวันไม่ควรมากกว่า 0.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในบ่อเลี้ยงกุ้งมีหลายปัจจัย เช่น คุณสมบัติของดิน ค่าความเป็นด่าง การผลิตการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (ชโล, 2543; ชโล และ พรเลิศ, 2547) พีเอชของน้ำจะมีค่าต่ำในช่วงเช้ามืด เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีปริมาณสูง จากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อและการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในบ่อ และพีเอชจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อแพลงก์ตอนเริ่มมีการสังเคราะห์แสง เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำถูกแพลงก์ตอนนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง หากพีเอชน้อยกว่า 4 มีผลเป็นกรดทำให้กุ้งจะตายและถ้ามากกว่า 11 มีผลเป็นด่างกุ้งจะตายเช่นกัน นอกจากนี้พีเอชยังมีผลต่อการแสดงออกของความเป็นพิษของคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น (Boyd and Tucker, 1998; Kungvankij *et al.*, 1986)

7.4 ความโปร่งแสง (transparency)

เป็นการวัดระยะความลึกของน้ำที่สามารถมองเห็นวัตถุโดยเป็นแผ่นวงกลม (Secchi disc) ที่หย่อนลงไปใต้น้ำจนถึงความลึกที่มองไม่เห็นวัตถุดังกล่าวและเริ่มมองเห็นใหม่อีกครั้ง ความลึกนี้เรียกว่า Secchi disc depth สามารถใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำเมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ (ศิริเพ็ญ, 2543) ความโปร่งแสงที่เหมาะสม ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่ควรอยู่ระหว่าง 25-50 เซนติเมตร ความเข้มของสีน้ำสามารถช่วยป้องกันกุ้งตกใจและลดความเครียดของกุ้งได้ (Brock and Main, 1994)

7.5 ความเค็ม (salinity)

ความเค็ม หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของไอออนที่ละลายในน้ำ ไอออนที่สำคัญประกอบด้วย Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- และ SO_4^{2-} มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรหรือส่วนในพันส่วน (part per thousand: ppt) หรือย่อเป็น พีพีที ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำในร่างกายของสัตว์น้ำ ถ้าความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่า 10 เปอร์เซนต์ ภายในเวลา 2-3 นาที สัตว์น้ำไม่สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้สัตว์น้ำตายได้ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในตัวสัตว์กับน้ำภายนอก (Lawson, 1995; Boyd and Tucker, 1998) กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่สามารถอาศัยได้ในความเค็มช่วงกว้างประมาณ 1-40 พีพีที (Bray *et al.*, 1994) แต่ระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกุ้งแตกต่างกันไป โดยลูกกุ้งระยะโพสลาว่า มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดดีที่สุดเมื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็มประมาณ 33-40 พีพีที ลูกกุ้งขาวแวนนาไมในระยะโพสลาว่าที่สูงขึ้นสามารถทนต่อการปรับลดความเค็มต่ำได้ (Ponce-Palafox *et al.*, 1997; McGraw *et al.*, 2002) อัตราการรอดตายของกุ้งขาวเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มน้ำที่สูงขึ้น โดยกุ้งที่เลี้ยงในน้ำระดับความเค็มต่ำ หลังจากลอกคราบจะไม่สามารถสร้างเปลือกให้แข็ง กุ้งมีลำตัวอ่อนนุ่ม เนื่องจากมีแร่ธาตุภายในตัวกุ้งและในน้ำอย่างจำกัด บางตัวก็จะถูกกุ้งตัวที่แข็งแรงกว่ากินเป็นอาหาร และเนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมมีนิสัยที่กินกันเอง (cannibalism) (วิทยา, 2549)

7.6 การนำไฟฟ้า (electrical conductivity หรือ EC)

การนำไฟฟ้าเป็นความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าของน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นและชนิดของไอออนที่อยู่ในน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิขณะที่ทำการวัดในน้ำ (สิทธิชัย, 2549) สามารถวัดได้โดยค่าการนำไฟฟ้าในดินและวัดจากความหนาแน่นโดยใช้ hydrometer ค่าการนำไฟฟ้าที่น้อยกว่า 1 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตรจะไม่มี ความเค็ม ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 9 จะมีความเค็มสูง ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำทะเล (สมเจตน์ และ คณะ, 2529)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มและลดการนำไฟฟ้าของน้ำ

7.6.1 ปริมาณของแข็งที่ละลาย (dissolved solid) หากมีจำนวนมาก จะทำให้ค่าการนำ

ไฟฟ้ามีค่าสูงเพราะปริมาณ dissolved solid จะมีส่วนเพิ่มความสามารถเกี่ยวกับ ionic mobility

7.6.2 อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้การแตกตัวเป็นไอออนของเกลือดีขึ้น

7.6.3 ปริมาณฟิเอชของน้ำที่มากกว่า 9 หรือน้อยกว่า 5 จะมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นเพราะน้ำหรือของเหลวที่เป็นกรดจะมีปริมาณ H^+ และด่างแก่จะมี OH^- มากซึ่งมีผลทำให้ค่า ionic mobility สูง

7.7 ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถของน้ำที่จะรับไฮโดรเจนไอออน (H^+) เพื่อทำให้กรดเป็นกลาง ถ้าฟิเอชสูงจะมีความเป็นด่างมากขึ้น สารประกอบที่ทำให้เกิดความเป็นด่างมี 3 ชนิด คือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) ซึ่งสารประกอบทั้ง 3 ชนิด จะเป็นตัวกำหนดชนิดของสารละลายด่างที่อยู่ในน้ำ คือ

น้ำที่มีฟิเอชเป็นกลางจนถึง 8.3 จะมี HCO_3^- มาก

น้ำที่มีฟิเอชตั้งแต่ 8.3 ขึ้นไปจะเริ่มมี CO_3^{2-}

น้ำที่มีฟิเอชระหว่าง 9.5-10.5 จะมี CO_3^{2-} มาก

น้ำที่มีฟิเอช 11 หรือมากกว่าจะมี OH^- มาก

ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลทุกชนิด กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่ต้องการธาตุแมกนีเซียมสูง (Mg^{2+}) โดยทั่วไปการรักษาความเป็นด่างให้คงที่นั้นจะใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต ส่วนการเพิ่มความเป็นด่างอาจใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตขึ้นอยู่กับระดับฟิเอชของน้ำประกอบกันด้วย (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

7.8 ความกระด้าง (hardness)

ค่าความกระด้างของน้ำเกิดจากตะกอนของไอออนของโลหะที่มีประจุตั้งแต่ประจุ 2 ขึ้นไปส่วนใหญ่คือ พวก Ca^{2+} และ Mg^{2+} ซึ่งจะวัดออกมาเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) โดยปริมาณความกระด้างรวม หมายถึง ผลรวมของความกระด้างเนื่องจากผลรวมความ

เข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียม (ศิริเพ็ญ, 2543) ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าความกระด้าง น้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร การแบ่งความกระด้างของน้ำจะถือเอาปริมาณ CaCO_3 ที่มีอยู่เป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งความกระด้างของน้ำได้ดังนี้

น้ำอ่อน 0-75 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ CaCO_3

น้ำค่อนข้างกระด้าง 75-150 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ CaCO_3

น้ำกระด้าง 150-300 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ CaCO_3

น้ำกระด้างมาก > 300 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ CaCO_3

สามารถเพิ่มความกระด้างของน้ำโดย การเติมปูนขาว (Ca(OH)_2) หรือปูนเผา (CaO)

7.9 แอมโมเนีย (ammonia)

แอมโมเนียจัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีความเป็นพิษต่อกุ้ง และสัตว์น้ำอื่น ๆ ยกเว้น แพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียที่ใช้แอมโมเนียเป็นอาหาร แอมโมเนียในน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยผลกระทบของการเพิ่มแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ จะเพิ่มกำลังผลิตของบ่อโดยเป็นปุ๋ยให้แก่แพลงก์ตอนพืช และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยตรง ซึ่งอาจมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายต่ำ หรือทำให้สัตว์น้ำตายในระยะเวลาสั้นๆ (Lin and Chen, 2001) แอมโมเนียที่พบในน้ำมี 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยมาก ในการวัดค่าแอมโมเนียโดยทั่วไปนิยมวัดทั้งสองแบบ ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตายอยู่ในช่วง 0.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของ NH_3 แต่แอมโมเนียระหว่าง 0.1-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตรจะทำให้กุ้งโตช้า สำหรับระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนกลับไปมาตามพีเอชของน้ำ โดยเฉพาะที่พีเอชสูงแอมโมเนียจะอยู่ในรูป NH_3 มาก ทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าพีเอชของน้ำลดลง แอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออนทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง เมื่อแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงจะส่งผลกระทบต่อกุ้ง คือ กุ้งขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อทำให้การใช้ออกซิเจนในเนื้อเยื่อสูงขึ้น ส่งผลให้พีเอชของเลือดเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ แอมโมเนียจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน ส่งผลให้กุ้งอ่อนแอติดโรคง่าย (ชลอ และ พรเลิศ, 2547; มั่นสิน, 2536)

7.10 ไนไตรท์ (nitrite)

ไนไตรท์เป็นสารประกอบระหว่างกลางในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) โดยทั่วไปไนไตรท์จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็วจึงไม่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ แต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าอัตราการออกซิไดซ์ไนไตรท์ก็จะเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้นได้ ไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำความหนาแน่นสูงอาจมีความเข้มข้นสูงเนื่องจากมีอัตราการเติมไนโตรเจนในรูปของอาหารเม็ดสำเร็จรูป ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกลงในบ่อ แต่ความเข้มข้นของไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะต่ำ (น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจากแอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ (Boyd and Tucker, 1998) ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและพีเอชลดลง นอกจากนี้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นในน้ำทะเลซึ่งมีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

8. แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอน (plankton) คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ และเคลื่อนที่ไปมาโดยอาศัยกระแสลมและกระแสน้ำ สามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งเองได้เล็กน้อยแต่ยังต้องอาศัยกระแสน้ำและกระแสนลมช่วย มีการจำแนกกลุ่มของแพลงก์ตอนได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton)

แพลงก์ตอนพืช มีความสำคัญในบ่อเลี้ยงกุ้ง จัดเป็นผู้ผลิตอาหารเบื้องต้นของระบบห่วงโซ่อาหาร (producer) ได้แก่ พืชกลุ่มที่มีสารสีในเซลล์ ประกอบไปด้วย สาหร่ายเซลล์เดียวและพวกที่เป็นโคโลนี มีรงควัตถุทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงและใช้พลังงานแสงร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างสารอินทรีย์โดยใช้ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ในรูปคาร์โบไฮเดรต แสงที่แพลงก์ตอนใช้ในการสังเคราะห์แสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-650 นาโนเมตร ประกอบด้วย สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง และสีส้ม (Thomas, 1966) ผลพลอยได้จากการสังเคราะห์แสงจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ สัตว์เซลล์เดียวจนถึงสัตว์หลายเซลล์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง แพลงก์ตอนสัตว์จัดเป็นผู้บริโภค (consumer) เนื่องจากไม่สามารถสร้างสารอินทรีย์ได้เอง จึงดำรงชีวิตโดยการกินอาหารพวกแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ ปกติแล้วจะพบแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง แต่ชนิดและปริมาณที่พบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ภายในบ่อ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความเค็ม แร่ธาตุหลัก แร่ธาตุรอง แร่ธาตุจำเป็น สารอินทรีย์ต่างๆ เมื่อปัจจัยเหล่านี้เหมาะสมกับแพลงก์ตอนชนิดนั้นจะทำให้แพลงก์ตอนชนิดนั้นเจริญขึ้นเป็นจำนวนมาก (ลัดดา, 2542 ; Boyd, 1989)

ในบ่อเลี้ยงกุ้งเมื่อมีอาหารเหลือและมีสิ่งขับถ่ายจากกุ้งจะทำให้ปริมาณสารอาหารในน้ำเพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงหรือในระหว่างการเลี้ยงซึ่งปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อที่เพิ่มขึ้นจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พีเอช แอมโมเนียรวมและไนไตรท์ เมื่อแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงมีปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็ว เช่น เมื่อแพลงก์ตอนตาย เป็นจำนวนมากเกิดการเน่าเสีย ทำให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น เมื่อซากแพลงก์ตอนที่ตายทับถมที่พื้นบ่อในปริมาณมาก อาจจะทำให้พื้นบ่อเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำหลังจากแพลงก์ตอนตายในปริมาณมากมักทำให้กุ้งอ่อนแอและเกิดโรคในเวลาต่อมา (Boyd, 1989; สมชาย, 2539)

9. สัตว์หน้าดิน

สัตว์หน้าดิน (benthic animal) หมายถึง สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่หากินอยู่ตามพื้นท้องน้ำ และมีขนาดใหญ่กว่าตาของตะแกรงร่อนมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา No.30 (ขนาดช่องตา 0.587 มิลลิเมตร) ซึ่งใช้ในการร่อนสัตว์ (Pennak, 1953; Taras, 1971) ปริมาณสัตว์หน้าดินสามารถบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ เช่น แหล่งน้ำใดที่มีปริมาณสัตว์หน้าดินมากย่อมมีผลผลิตสูง มีความสัมพันธ์กับธาตุอาหาร แพลงก์ตอน ปลาและสัตว์อื่น ๆ บริเวณนั้น ความแตกต่างของสัตว์หน้าดินสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้แต่ควรมีการวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ ประกอบด้วย นอกจากนี้ยังสามารถบ่งชี้ความเน่าเสียของน้ำได้ เช่น ไส้เดือนน้ำ (tubifex) (Gardiner, 1972; Patrick, 1973)

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเอกชน ตั้งอยู่ที่อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร มีบ่อเลี้ยงจำนวน 6 บ่อขนาดบ่อละ 5 ไร่ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มควบคุมจำนวน 3 บ่อ มีการปล่อยลูกกุ้งลงบ่อเลี้ยงโดยตรงใช้น้ำจากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มเพียงเล็กน้อยไม่เกิน 2 พีพีที

กลุ่มทดลองจำนวน 3 บ่อ ปล่อยลูกกุ้งในคอกพลาสติกพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร ซึ่งกั้นอยู่ภายในบ่อเลี้ยง และนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมภายในคอกให้ได้ความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที ซึ่งสูงกว่าความเค็มของน้ำที่อยู่ภายนอกคอกพลาสติก

การเตรียมบ่อและการเตรียมน้ำ

หลังจากจับกุ้งจากการเลี้ยงรอบที่ผ่านมาใช้ปูนขาวในปริมาณ 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านบริเวณพื้นบ่อและตากบ่อจนแห้ง สูบน้ำจากคลองย่อยของแม่น้ำท่าจีนเข้าไปในบ่อผ่านตุ้มกรองในลอนเพื่อป้องกันสัตว์น้ำอื่นๆ เข้าไปในบ่อจนได้ระดับความลึก 0.80-1.0 เมตร หลังจากนั้นมีการเติม อามิ-อามิ ในปริมาณ 50-60 ลิตรต่อไร่ ทิ้งไว้ 2-4 วัน จนกระทั่งสีน้ำเกิดขึ้นหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนในระดับที่เหมาะสมคือ มีความโปร่งแสงประมาณ 50-60 เซนติเมตร ซึ่งจะมีอาหารธรรมชาติคือแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เกิดขึ้นในบ่อได้แก่ ลูกไร และหนอนแดง

การปล่อยลูกกุ้ง

กลุ่มควบคุม นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสตา์วา 12 (พี 12) ที่ผ่านการปรับความเค็มลงมาที่ 2 พีพีทีจากโรงเพาะฟักและผ่านการตรวจด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (polymerase chain reaction หรือ PCR) โดยกุ้งต้องปลอดเชื้อ infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV), Taura syndrome virus (TSV) และ white spot syndrome virus (WSSV) มาปล่อยลงบ่อเลี้ยงโดยตรงในตอนเย็นที่อัตราความหนาแน่น 40,000 ตัวต่อไร่ ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงประมาณ 1.5-2.0 พีพีที

กลุ่มทดลอง นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะ พี12 ที่ผ่านการปรับความเค็มลงมาที่ 2 พีพีทีจากโรงเพาะฟักและผ่านการตรวจด้วยเทคนิค PCR โดยกุ้งต้องปลอดเชื้อ IHNV , TSV และ WSSV ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 40,000 ตัวต่อไร่ ในคอกพลาสติกพื้นที่ประมาณ 150 ตารางเมตร ซึ่งกั้นอยู่ภายในบ่อเลี้ยงความเค็มของน้ำภายในคอกประมาณ 3 พีพีทีซึ่งมีความเค็มสูงกว่าภายนอก หลังจากปล่อยลูกกุ้ง 4 วัน จึงเปิดคอกพลาสติกออกเพื่อให้กุ้งกระจายทั่วบ่อ

การให้อาหารและการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอน

หลังจากปล่อยลูกกุ้งแล้วถ้าสังเกตว่าน้ำยังใสจะเติมอะมี-อะมีปริมาณ 5-10 ลิตรต่อไร่ต่อสัปดาห์ จนกระทั่งน้ำเหมาะสมจึงจะหยุดการเติมอะมี-อะมี

การให้อาหารระยะแรกใช้รำละเอียดเป็นอาหารแก่ลูกกุ้ง โดยให้รำละเอียด 0.5 กิโลกรัมต่อลูกกุ้ง 100,000 ตัว วันละ 1-2 มื้อ และเมื่ออาหารธรรมชาติหมด ซึ่งแต่ละบ่ออาจจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 14-21 วัน จะเริ่มให้อาหารสำเร็จรูป และปรับเปลี่ยนลดอาหารตามวิธีการเลี้ยงกุ้งทั่วไป หลังจากเริ่มให้อาหารสำเร็จรูปแล้วจะหยุดเติมอะมี-อะมี เพื่อป้องกันไม่ให้ปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มมากเกินไปจนระดับที่เหมาะสม แต่จะเปลี่ยนเป็นการใช้จุลินทรีย์แทน คือ หมักจุลินทรีย์ EM (effective microorganism) 1 ลิตร ในถังที่มีกากน้ำตาล 1 ลิตร และน้ำ 20 ลิตรทิ้งไว้ 3-5 วัน จึงนำมาเติมลงไปบ่อเลี้ยงกุ้ง เพื่อควบคุมไม่ให้ปริมาณแพลงก์ตอนมีมากเกินไป เพราะจะทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงมากในตอนกลางคืนจนถึงเช้ามีคอยู่ในระดับที่ต่ำ อัตราการใช้จุลินทรีย์ คือ ใช้จุลินทรีย์ที่หมักแล้ว 10 ลิตรต่อไร่ทุก 3-7 วัน ขึ้นอยู่กับสีน้ำถ้าสีน้ำเข้มมากก็จะใช้จุลินทรีย์มากขึ้น

การใช้เครื่องให้อากาศ

บ่อเลี้ยงกุ้งแต่ละบ่อมีเครื่องให้อากาศแบบเครื่องยนต์ขนาด 11 แรงม้า 1 เครื่อง ใช้ใบพัดแขนยาว 2 แขน และใช้เครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า 1 เครื่อง ใช้แขนยาว 1 แขน ในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดอากาศปกติจะปิดเครื่องให้อากาศ ถ้าอากาศมีดครึ้มหรือมีฝนตกจะเปิดเครื่องให้อากาศมากขึ้น ปิดเครื่องให้อากาศทุกเครื่องขณะกำลังหว่านอาหาร หลังจากหว่านอาหารเสร็จแล้ว 1 ชั่วโมงจึงเริ่มเปิดเครื่องให้อากาศ

1. การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อโดยตรงและอนุบาลในคอกพลาสติกที่มีความเค็มสูงกว่าน้ำในบ่อเลี้ยง

เริ่มสุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อชั่งน้ำหนัก เมื่อกุ้งมีอายุ 30 วัน และหลังจากนั้นทุก 10 วัน โดยใช้แหช่องตาถี่จนกว่าจะจับกุ้งซึ่งใช้เวลาในการเลี้ยงนาน 90 วัน บันทึกผลผลิตที่ได้ทั้งหมดหลังจากจับกุ้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหา ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) อัตราการรอดตายหลังจากจับ (%) และอัตราการแลกเนื้อ ดังนี้

$$\text{ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งที่จับได้ทั้งหมด}}{\text{พื้นที่บ่อทั้งหมด}}$$

$$\text{อัตราการรอดตายหลังจากจับ (\%)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่จับได้} \times 100}{\text{จำนวนกุ้งที่ปล่อยทั้งหมด}}$$

$$\text{อัตราแลกเนื้อ} = \frac{\text{อาหารทั้งหมดที่ใช้ไป (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักกุ้งทั้งหมดที่จับได้ในบ่อ (กิโลกรัม)}}$$

นำผลการเลี้ยงกุ้งจากบ่อควบคุมและบ่อทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ

2. การศึกษาปริมาณไอออนที่สำคัญในระยะแรกของการเลี้ยง

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไอออนบวก ได้แก่ Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ และ Na^+ โดยวิธี atomic absorption spectrophotometer (Hitachi 170-30) ส่วนไอออนลบ ได้แก่ Cl^- , SO_4^{2-} โดยวิธี titration (UNEP. GEMS, 1985) ก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วันและ 10 วัน หลังจากปล่อยลูกกุ้ง สำหรับบ่อทดลองคือหลังจากเปิดคอกพลาสติก ให้น้ำในคอกผสมกับน้ำในบ่อ 6 วัน

- ปริมาณไอออนบวกที่สำคัญ ได้แก่ Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer รุ่น Hitachi 170-30 (APHA *et al.*, 1995)

- คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ใช้วิธี titration ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)

- ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง absorption spectrophotometer ตามวิธีการของ APHA *et al.* (1995)

3. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยง

เก็บตัวอย่างน้ำทุก 10 วัน บ่อละ 2 จุด ตั้งแต่เริ่มปล่อยกุ้ง จนกระทั่งจับกุ้ง โดยจะเก็บตัวอย่างน้ำที่จะทำการวิเคราะห์ไว้ในกล่องโฟมและแช่เย็นด้วยน้ำแข็งขณะลำเลียงขนส่งที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวิเคราะห์นำตัวอย่างน้ำออกจากกล่องโฟม รอจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อน แต่ละตัวอย่างจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์หาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- พีเอชของน้ำใช้เครื่องวัดพีเอช รุ่น Ecoscan pH5/6
- อุณหภูมิของน้ำใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- ความโปร่งแสง ใช้ Secchi disc ตามวิธีการของไมตรี และ จารุวรรณ (2528)
- ความเค็ม (salinity) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) วัดด้วยเครื่อง YSI 30/10 FT
- ความเป็นด่าง (alkalinity) ใช้วิธี titration method ของ APHA *et al.* (1995) (วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่าง)
- ความกระด้าง (hardness) โดยวิธี EDTA titrimetric method ของ APHA *et al.* (1995)
- แอมโมเนียรวม-ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen) ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1998)
- ไนไตรท์ (nitrite-nitrogen) ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) (วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่าง)

4. การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อดอกและบ่อควบคุม

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน จากบ่อควบคุมและบ่อดอก ทุก 10 วันตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด บริเวณด้านต้นลมและด้านท้ายลมของบ่อ บ่อละ 4 ลิตรด้วยถังพลาสติก เก็บจากบริเวณผิวน้ำลงไป 30 เซนติเมตร นำน้ำมากรองผ่านถุง

กรองแพลงก์ตอน (plankton net) ช้องตาข่ายขนาด 20 ไมโครเมตร รักษาสภาพด้วยสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ในขวดขนาด 135 มิลลิลิตร

การนับตัวอย่างแพลงก์ตอน โดยนำขวดเก็บตัวอย่างมาเขย่าให้เข้ากัน แล้วเจือจางแพลงก์ตอนโดยดูดตัวอย่างด้วยปิเปตต์ 1 มิลลิลิตรใส่ในสไลด์สำหรับนับจำนวนแพลงก์ตอน (Sedwick Rafter counting cell) ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 10 นาที จำแนกชนิดและนับจำนวนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง (compound microscope) ตามวิธีของ ลัดดา (2542)

การหาค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาจำนวนแพลงก์ตอนต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$N1 = \frac{N2 \times V1}{V2}$$

V2

N1 = จำนวนแพลงก์ตอนที่พบต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร

N2 = จำนวนแพลงก์ตอนที่นับได้ในน้ำ 1 มิลลิลิตร

V1 = ปริมาณน้ำในขวดตัวอย่าง

V2 = ปริมาณน้ำที่ผ่านถุงแพลงก์ตอน

5. การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดิน

เก็บตัวอย่างดินในบ่อควบคุมและบ่อทดลองก่อนการปล่อยกุ้ง และหลังปล่อยกุ้งแล้วทุก ๆ 10 วัน จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างดินบ่อละ 2 จุดคือ บริเวณขอบบ่อและแนวหวานอาหาร โดยใช้ท่อพลาสติกกลวงทั้ง 2 ด้านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ความยาว 1 เมตร กดลึกลงไป 2 เซนติเมตร ปิดด้วยจุกทางด้านบนของหลอด ดึงหลอดขึ้นมาแล้วเปิดจุกออก จากนั้นเก็บดินใส่ในถุงพลาสติก รักษาสภาพด้วยสารละลายฟอร์มาลิน (Vincz, 1994)

นำตัวอย่างดินมาย้อมด้วยสี Rose Bengal 0.5 เปอร์เซ็นต์ที่ละลายในน้ำยาฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ให้ใช้ตะแกรงร่อนดินขนาด 355 ไมโครเมตร เปิดน้ำประปาไหลผ่าน จะพบสัตว์หน้าดินติดสีแดง นำไปนับจำนวนและจำแนกชนิดของสัตว์หน้าดินที่พบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) ตามวิธีของ Weseheide and Purschke (1988) นับจำนวนโดยคิดเป็นตัวต่อตารางเมตร

6. การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติก

บันทึกข้อมูลต้นทุนทั้งหมดในระหว่างการเลี้ยงในแต่ละบ่อทดลองซึ่งข้อมูลต้นทุนทั้งหมดเป็นต้นทุนผันแปร นำมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมต้นทุนต่ำมีการวิเคราะห์ (ศศิวิมล, 2544) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุน} = & \text{ค่าพันธุ์กุ้ง} + \text{ค่าอาหาร} + \text{ค่าน้ำเค็ม} + \text{ค่าวัสดุปูนและเคมีภัณฑ์} + \text{ค่าแรงงาน} + \\ & \text{ค่าอุปกรณ์และซ่อมบำรุง} + \text{ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด} + \text{ค่าเช่าที่ดิน} + \text{ค่าปรับปรุงบ่อ} + \\ & \text{ค่าดอกเบี้ย} \end{aligned}$$

นำข้อมูลคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยง ผลตอบแทนทั้งหมด ผลตอบแทนสุทธิและกำไรสุทธิ จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมต้นทุนต่ำในแต่ละกลุ่มการทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้านสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

7. สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มกุ้งเอกชน อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร
2. ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

8. ระยะเวลาทำการวิจัย

ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนกันยายน 2550 - มกราคม 2551

ผลและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อโดยตรงและอนุบาลในคอกพลาสติกที่มีความเค็มสูงกว่าน้ำในบ่อเลี้ยง

ผลการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยวิธีปล่อยตรงในบ่อเลี้ยงหรือบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่อนุบาลลูกกุ้งในคอกพลาสติกที่น้ำมีความเค็มสูงกว่าในบ่อ แสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาพที่ 1 ผลผลิตเฉลี่ยของบ่อควบคุม 352.31 ± 36.27 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 14.77 ± 0.45 กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.164 ± 0.005 กรัมต่อวัน และมีอัตราการรอดตาย 43.27 ± 4.454 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบ่อทดลองมีผลผลิตเฉลี่ย 503.18 ± 21.54 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 16.43 ± 0.35 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.18 ± 0.004 กรัมต่อวัน และมีอัตราการรอดตาย 52.97 ± 2.267 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) แต่อัตราการแลกเนื้อในบ่อควบคุมและบ่อทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ สาเหตุสำคัญที่อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งในบ่อทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจาก ในบ่อทดลองมีการปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมอนุบาลภายในคอกพลาสติกที่น้ำมีความเค็มสูงกว่าน้ำภายนอกคอกพลาสติกเป็นระยะเวลา 4 วัน ซึ่งปริมาณไอออนที่สำคัญ ได้แก่ K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} และไอออนอื่น ๆ มีปริมาณสูงกว่าน้ำในบ่อควบคุมประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 3) ลูกกุ้งในบ่อทดลองจึงได้รับปริมาณไอออนมากกว่ามีผลต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต ทำให้มีอัตราการรอดตายสูงกว่าบ่อควบคุมที่ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมโดยตรงในน้ำความเค็มต่ำกว่า (ตารางที่ 2) แสดงว่า การนำลูกกุ้งขาวแวนนาไมอนุบาลในน้ำที่มีความเค็มสูงกว่าจะมีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้งซึ่งสอดคล้องกับ Davis and Lawrance (1997) รายงานว่า ถ้ากุ้งขาวแวนนาไมระยะวัยอ่อนซึ่งมีวงจรการลอกคราบในระยะเวลาอันสั้นได้รับปริมาณไอออนไม่เพียงพอจะมีผลต่ออัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตามอัตราการรอดตายเฉลี่ยในกลุ่มทดลองเพียง 52.97 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำและมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าที่มีรายงานจากการศึกษาของอรอนงค์ (2547) และ แก้วตาและคณะ (2548) ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากการศึกษาของอรอนงค์ (2547) และ แก้วตาและคณะ (2548) น้ำมีความเค็มระหว่าง 4-6 พีพีที ปริมาณไอออนที่สำคัญอยู่ในระดับที่สูงและเหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และมีเครื่องให้อากาศมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้ ในขณะที่อัตราความหนาแน่นในการปล่อยลูกกุ้งที่ แก้วตา และคณะ (2548) ทำการศึกษาสูงถึง 160,000 ตัวต่อไร่ ทำให้ได้ผลผลิตสูงถึง 3,075 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนอรอนงค์ (2547) ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 120,000 ตัวต่อไร่ ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่าในการศึกษาครั้งนี้ และกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโต 0.20-0.34 กรัมต่อ

วัน แสดงว่า ถ้าต้องการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิตสูงและมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ควรจะต้องพิจารณาปล่อยกุ้งในระดับความเค็มที่สูงกว่าในระดับที่ทำการศึกษารั้งนี้ และปริมาณอาหารที่สำคัญควรอยู่ในระดับที่เหมาะสมกว่าในการศึกษารั้งนี้ด้วย

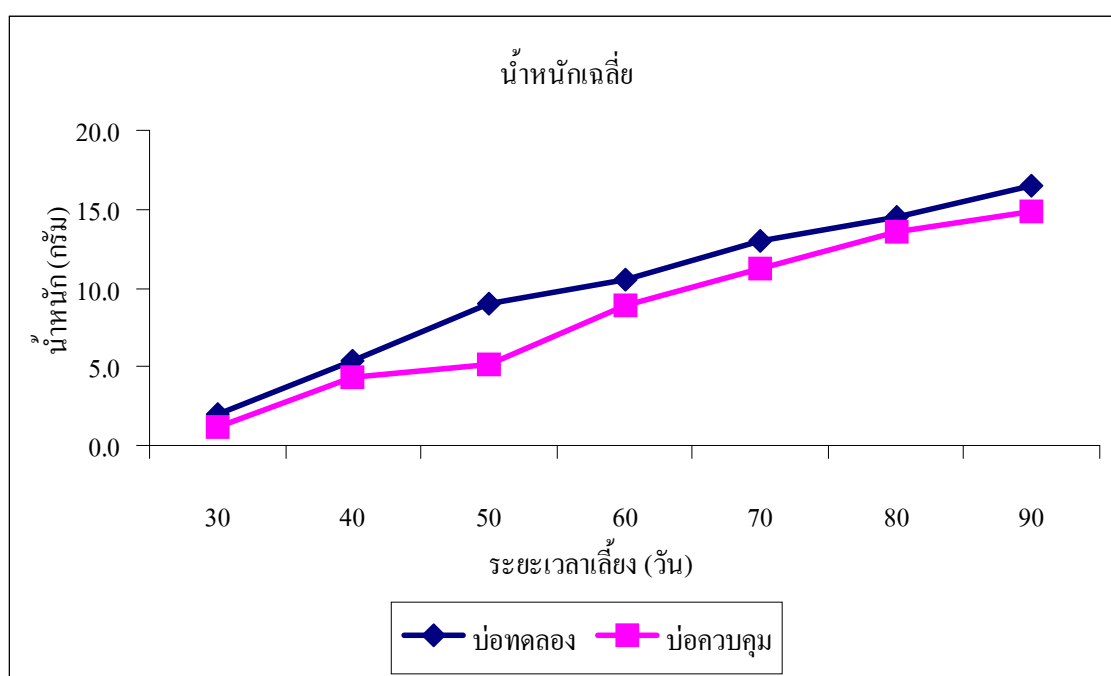
ตารางที่ 1 ผลผลิต อัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต น้ำหนักและอัตราการแลกเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมและบ่อดทดลอง

บ่อ	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	อัตราการ เจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	อัตรา แลกเนื้อ	อัตราการ รอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
บ่อควบคุม					
1	354	14.30	0.159	1.32	43.5
2	387	15.20	0.169	1.29	47.6
3	315	14.80	0.164	1.2	38.7
เฉลี่ย	352.31±36.27 ^a	14.77±0.45 ^a	0.16±0.005 ^a	1.27±0.06 ^a	43.27±4.45 ^a
บ่อดทดลอง					
4	478	16.40	0.182	1.34	50.4
5	519	16.10	0.179	1.29	54.7
6	511	16.80	0.187	1.34	53.8
เฉลี่ย	503.18±21.54 ^b	16.43±0.35 ^b	0.183±0.004 ^b	1.32±0.028 ^a	52.97±2.27 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

เวลาเลี้ยง (วัน)	บ่อควบคุม		บ่อทดลองที่ปล่อยกุ้งในคอกพลาสติก	
	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)
30	1.23	0.04	2.04	0.07
40	4.29	0.11	5.42	0.14
50	5.13	0.10	8.95	0.18
60	8.87	0.15	10.53	0.18
70	11.20	0.16	12.98	0.18
80	13.55	0.17	14.46	0.19
90	14.77	0.16	16.43	0.18
		เฉลี่ย 0.16 ± 0.005		
				เฉลี่ย 0.18 ± 0.004



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่มีการปล่อยลูกกุ้งภายในคอกพลาสติก

2. การศึกษาปริมาณไอออนที่สำคัญในระยะแรกของการเลี้ยง

ผลการศึกษาปริมาณไอออนในบ่อควบคุมและบ่อทดลองก่อนปล่อยกุ้ง 1 วันพบว่า ปริมาณไอออนภายในคอกพลาสติกของบ่อทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่าบ่อควบคุมทุกพารามิเตอร์ เนื่องจากการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมลงในคอกทำให้น้ำในคอกมีความเค็มสูงกว่า ปริมาณไอออนต่าง ๆ จึงอยู่ในระดับที่สูงกว่าด้วย (ตารางที่ 3) การศึกษาครั้งนี้ เป็นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยน้ำความเค็มต่ำกว่า 5 พีพีที ปริมาณไอออนในน้ำส่วนใหญ่จึงมีค่าน้อยกว่าที่ Boyd *et al.* (2002) อ้างโดย ชลอ และพรเลิศ (2547) รายงานว่า ปริมาณไอออนที่เหมาะสมในการปล่อยลูกกุ้งควรมี K^+ เท่ากับ 54 มิลลิกรัมต่อลิตร มี Ca^{2+} เท่ากับ 58 มิลลิกรัมต่อลิตร Mg^{2+} เท่ากับ 196 มิลลิกรัมต่อลิตร Na^+ เท่ากับ 1,522 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl^- เท่ากับ 2,755 มิลลิกรัมต่อลิตร และ SO_4^{2-} เท่ากับ 392 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่พบว่าในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณ Ca^{2+} เท่านั้นที่มีปริมาณสูงกว่าที่ Boyd *et al.* (2002) แนะนำไว้สำหรับการปล่อยลูกกุ้งในน้ำความเค็มต่ำ อาจเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งในรอบก่อน ๆ ที่ผ่านมากเกษตรกรรมเดิมวัสดุปนซึ่งมีส่วนประกอบของ $CaCO_3$ หรือ $Ca(OH)_2$ ทำให้มีปริมาณ Ca^{2+} ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงและโดยทั่วไปเนื้อดินในพื้นที่ที่ใช้ทำฟาร์ม เกษตรกรส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุแคลเซียมอยู่ในระดับที่สูง เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่า ปริมาณไอออนในน้ำ 1 วันก่อนปล่อยลูกกุ้ง ไอออนที่สำคัญภายในคอกมีค่ามากกว่าในบ่อที่ปล่อยลูกกุ้งโดยตรงและมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังจากเปิดคอกเมื่อกุ้งมีอายุ 10 วัน พบว่า ปริมาณ Mg^{2+} , Cl^- และ SO_4^{2-} ในกลุ่มทดลอง ยังอยู่ในระดับที่สูงกว่าบ่อควบคุม ส่วน K^+ , Ca^{2+} , Na^+ ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Davis and Lawrance (1997) ; Lin *et al.* (2000) ที่รายงานไว้ว่า ในช่วงที่กุ้งเจริญเติบโตหรือเริ่มสร้างเนื้อเยื่อใหม่ กุ้งจะมีความต้องการ Ca^{2+} และ K^+ เพื่อนำมาใช้ในเซลล์สูงมากโดยจะดูดซึมผ่านทางเหงือกโดยกระบวนการ active transport หรือผ่านเซลล์จากความเข้มข้นสูงสู่ความเข้มข้นต่ำ (passive transport) และเมื่อในร่างกายมีปริมาณ K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} มากเกินไปจะถูกขับออกจากร่างกายพร้อมกับยูรีนผ่านทาง antennal gland เพื่อรักษาระดับ K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} ในเลือดให้ต่ำกว่าน้ำภายนอก แต่ปริมาณ K^+ ที่ขับออกจะน้อยกว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำมาก ความเข้มข้นของแร่ธาตุน้ำต่ำ ลูกกุ้งจะต้องใช้พลังงานเพื่อรักษาสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย โดยเฉพาะ K^+ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกกุ้ง ดังนั้นการอนุบาลลูกกุ้งในคอกพลาสติกที่ความเค็มของน้ำสูงกว่าการปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ ลูกกุ้งจะได้รับปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ในปริมาณสูงกว่า ทำให้มีอัตราการรอดตายสูงกว่า รวมทั้งการเจริญเติบโตดีกว่าด้วย

ตารางที่ 3 ปริมาณไอออนที่สำคัญก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วันและเมื่อกุ้งอายุ 10 วัน

	ก่อนปล่อยลูกกุ้ง 1 วัน		อายุกุ้ง 10 วัน	
	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง
K ⁺ (mg/l)	20.23±3.48 ^a	37.17±1.31 ^b	21.40±2.46 ^x	27.47±3.03 ^x
Ca ²⁺ (mg/l)	48.17±4.92 ^a	98.27±2.60 ^b	46.67±5.14 ^x	54.40±4.45 ^x
Mg ²⁺ (mg/l)	58.33±7.17 ^a	116.47±12.37 ^b	55.73±6.67 ^x	75.62±2.83 ^y
Na ⁺ (mg/l)	508.35±2.26 ^a	916.67±4.45 ^b	491.35±14.13 ^x	505.71±6.24 ^x
Cl ⁻ (mg/l)	661.83±14.61 ^a	1611.43±15.68 ^b	640.53±10.25 ^x	670.35±18.05 ^y
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	115.62±13.92 ^a	230.15±6.08 ^b	102.51±7.29 ^x	115.75±7.58 ^y

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันใน
ช่วงเวลาเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยง

3.1. ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ของบ่อควบคุมที่มีการปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ และบ่อทดลองที่มีการอนุบาลลูกกุ้งภายในคอก พลาสติก พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในช่วงเช้าของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 5.1-6.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 6.04±0.436 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 5.3-6.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 6.10±0.375 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงบ่ายปริมาณออกซิเจนที่ละลาย ในน้ำของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 7.2-8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 7.84±0.357 มิลลิกรัม ต่อลิตร บ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 6.9-8.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 7.69±0.331 มิลลิกรัมต่อ ลิตร (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 2) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่ายไม่มื ความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการเลี้ยงปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง ทำให้กุ้ง เจริญเติบโตดี สารอินทรีย์สลายตัวได้เร็ว (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองมีค่าต่ำในช่วงเช้าเนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจของสิ่งมีชีวิตและใช้

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ และจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อแพลงก์ตอนเริ่มมีการสังเคราะห์แสง จนมีค่าสูงที่สุดในช่วงบ่าย

3.2. อุณหภูมิ

จากการศึกษาอุณหภูมิของน้ำทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่ายของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) โดยอุณหภูมิในช่วงเช้าของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 26.1-29.6 องศาเซลเซียสและมีค่าเฉลี่ย 27.58 ± 1.096 องศาเซลเซียส ส่วนบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 26.8-30.0 องศาเซลเซียสและมีค่าเฉลี่ย 27.56 ± 1.323 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในช่วงบ่ายของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 25.8-32.3 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ย 29.870 ± 1.754 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิช่วงบ่ายของบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 27.5-32.9 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ย 30.04 ± 1.693 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4 และภาพที่ 3) โดยอุณหภูมิทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่ายของควบคุมบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงขาวแวนนาไม Wyban *et al.* (1995) รายงานว่าอุณหภูมิของน้ำประมาณ 28-30 องศาเซลเซียสเป็นช่วงที่เหมาะสมทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตและมีอัตราการสูง ในช่วงท้ายของการเลี้ยงพบว่าอุณหภูมิลดต่ำกว่าปกติเนื่องมาจากเป็นช่วงที่เข้าสู่ฤดูหนาวที่อุณหภูมิจะต่ำกว่าช่วงแรกของการเลี้ยง

3.3. พีเอช

พีเอชของน้ำในช่วงเช้าของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 6.6-8.1 และมีค่าเฉลี่ย 7.48 ± 0.381 ส่วนในบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 6.7-8.1 และค่าเฉลี่ย 7.46 ± 0.341 ส่วนพีเอชของน้ำในช่วงบ่ายของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 7.8-9.3 และมีค่าเฉลี่ย 8.55 ± 0.413 ส่วนบ่อทดลองพีเอชมีค่าอยู่ระหว่าง 8.0-9.2 และมีค่าเฉลี่ย 8.71 ± 0.392 (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4) ค่าพีเอชของน้ำของบ่อควบคุมและบ่อทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) พีเอชของน้ำตลอดระยะเวลาเลี้ยงทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่ายของบ่อควบคุมและบ่อทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยพีเอชของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ค่าความเป็นด่างรวม คุณสมบัติของดิน แต่ในน้ำที่มีความเมตตา ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่มีอย่างหนาแน่น (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

3.4. ความโปร่งแสง

ความโปร่งแสงของน้ำตลอดระยะเวลาเลี้ยงของบ่อควบคุมและบ่อทดลองพบว่า บ่อควบคุมมีความโปร่งแสงของน้ำอยู่ระหว่าง 18-35 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ย 25.16 ± 4.495 เซนติเมตร ส่วนบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 18-35 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ย 24.76 ± 4.149 เซนติเมตร (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5) ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) ถ้าความโปร่งแสงของน้ำมีค่าน้อยเกินไปแสงแดดจะส่องลงถึงพื้นบ่อ กุ้งจะเครียด กินอาหารลดลง ความโปร่งแสงที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทะเลควรอยู่ระหว่าง 25-50 เซนติเมตร (ชโล, 2543; Brock and Main, 1994) ดังนั้นความโปร่งแสงของน้ำตลอดการเลี้ยงของบ่อควบคุมและบ่อทดลองอยู่ในช่วงที่ความเหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง

3.5. ความเค็ม

ความเค็มของบ่อควบคุมตลอดระยะเวลาเลี้ยงมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3-1.8 พีพีที และมีค่าเฉลี่ย 1.53 ± 0.116 พีพีที ส่วนบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.1-3.3 พีพีทีและมีค่าเฉลี่ย 1.85 ± 0.258 พีพีที (ตารางที่ 4 และภาพที่ 6) ความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของบ่อควบคุมและบ่อทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) กุ้งขาวแวนนาไมสามารถอาศัยและเจริญเติบโตในน้ำความเค็มช่วงกว้างระหว่าง 0-35 พีพีที (ชโล และ พรเลิศ, 2547) ความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำเนื่องจากการเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืด น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงสูบน้ำจากแม่น้ำท่าจีน แต่ในช่วงแรกของการเลี้ยงของบ่อทดลองมีการเติมน้ำเค็มซึ่งมีความเค็มสูงกว่าน้ำในบ่อลงในคอกพลาสติกเพื่ออนุบาลลูกกุ้ง ก่อนเปิดคอกพลาสติกทำให้ความเค็มมีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 6) ช่วงระยะเวลาการเลี้ยงเมื่อกุ้งอายุ 50 วัน มีการเติมน้ำเค็มในบ่อเลี้ยงทำให้ความเค็มในบ่อควบคุมและบ่อทดลองเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ช่วงท้ายของการเลี้ยงมีฝนตกเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำเค็มถูกเจือจางความเค็มจึงลดลง

3.6. การนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 2.11-3.70 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 2.77 ± 0.230 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร ส่วนบ่อทดลองตลอดระยะเวลาเลี้ยงมีค่าอยู่ระหว่าง 2.16-6.87 และมีค่าเฉลี่ย 3.54 ± 0.559 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร (ตารางที่ 4 และภาพที่ 7) ค่าการนำไฟฟ้าของควบคุมและบ่อทดลองตลอดระยะเวลาเลี้ยงมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) ค่าการนำไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในการทดลอง มีความสัมพันธ์กับเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับความเค็มและยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำทะเล (สมเจตน์และคณะ, 2529; Boyd, 1982; 2002) ในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงเมื่อกุ้งอายุ 50 วัน มีการเติมน้ำเค็มลงในบ่อทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น (ภาพที่ 6 และภาพที่ 7)

3.7. ความเป็นด่าง

ค่าความเป็นด่างของบ่อควบคุมที่ปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อเลี้ยงมีค่าอยู่ระหว่าง 157-208 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 175.48 ± 11.66 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่มีการอนุบาลลูกกุ้งภายในคอกมีค่าอยู่ระหว่าง 155-189 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 176.53 ± 9.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างรวมของบ่อทดลองและบ่อควบคุม (ตารางที่ 4 และภาพที่ 8) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลทุกชนิดโดยค่าที่เหมาะสมกับการเลี้ยงขาวแวนนาไม่ควรมีค่าระหว่าง 120-180 มิลลิกรัมต่อลิตร การรักษาความเป็นด่างให้คงที่นิยมใช้วัสดุปูนในกลุ่มคาร์บอเนต ส่วนการเพิ่มค่าความเป็นด่างรวมในน้ำอาจใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตหรือโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งขึ้นอยู่กับระดับพีเอชของน้ำประกอบกันด้วย (ชลอ และ พรเลิศ, 2547; สุรศักดิ์, 2546) จากการศึกษาในครั้งนี้ค่าความเป็นด่างรวมทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

3.8. ความกระด้าง

จากการศึกษาค่าความกระด้างของบ่อกดลองและบ่อควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 90 วัน พบว่า บ่อควบคุมมีค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 267.8-718 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 476.73 ± 35.246 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบ่อกดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 286.7-880 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่าเฉลี่ย 562.08 ± 52.603 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ค่าความกระด้างของบ่อกดลองและบ่อควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) ค่าความกระด้างของน้ำเกิดจากตะกอนของอูออนที่มีประจุตั้งแต่ประจุ 2 ขึ้นไปส่วนใหญ่คือพวกแคลเซียมอูออน (Ca^{2+}) และแมกนีเซียมอูออน (Mg^{2+}) ซึ่งจะวัดออกมาเป็นปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) โดยปริมาณความกระด้างรวม หมายถึง ผลรวมของความกระด้างเนื่องมาจากผลรวมความเข้มข้น Ca^{2+} และ Mg^{2+} มีส่วนช่วยในกระบวนการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต (ศิริเพ็ญ, 2543) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความกระด้างรวมของน้ำมีแนวโน้มตามความเค็มและค่าการนำไฟฟ้า ความกระด้างรวมมีค่าสูงขึ้นในช่วงระยะเวลาเลี้ยงที่ 50 วัน มีการเติมน้ำเค็มในบ่อควบคุมและบ่อกดลองซึ่งเป็นการเพิ่มแร่ธาตุในน้ำ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 9)

3.9. ปริมาณแอมโมเนียรวม

ปริมาณแอมโมเนียรวมของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.105 ± 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในบ่อกดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.120 ± 0.445 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ปริมาณแอมโมเนียรวมของบ่อควบคุมและบ่อกดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยผลกระทบของการเพิ่มแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอาจมีต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายต่ำระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชโล และ พรเลิศ, 2547; Lin and Chen, 2001) ปริมาณแอมโมเนียของบ่อควบคุมและบ่อกดลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและสัมพันธ์กับระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น กุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้น อาหารที่ให้ก็เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการสะสมของเสียและเศษอาหารภายในบ่อเลี้ยงมากขึ้น ผลจากการศึกษาพบว่า ปริมาณแอมโมเนียของบ่อควบคุมและบ่อกดลองยังอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง (ตารางที่ 4 และภาพที่ 10)

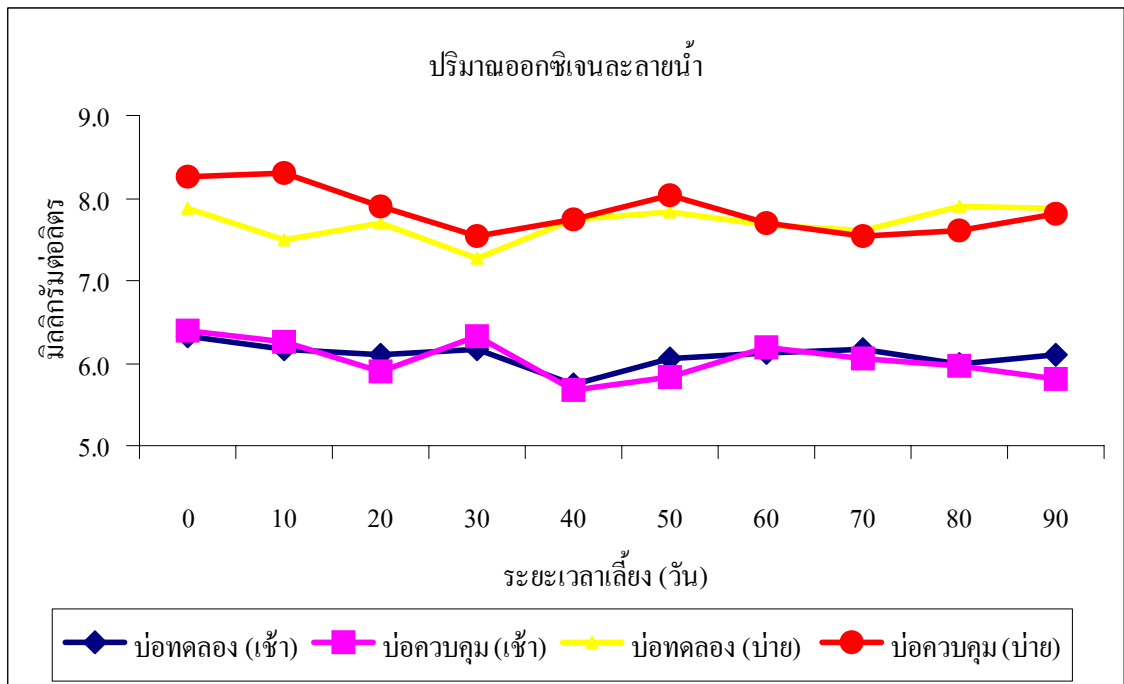
3.10. ไนไตรท์

ปริมาณไนไตรท์ของบ่อควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.030 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.012 ± 0.008 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในบ่อทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.024 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย 0.012 ± 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ปริมาณไนไตรท์ของบ่อควบคุมและบ่อทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 10) (ชโลและ พรเลิศ, 2547) ความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและพีเอชลดลง นอกจากนี้ค่าความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นในน้ำทะเลซึ่งมีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำแต่เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้มีความเค็มต่ำ ปริมาณของคลอไรด์ในน้ำมีน้อย ความเป็นพิษของไนไตรท์จึงเกิดได้ง่ายกว่า การเติมเกลือในน้ำที่มีความเค็มต่ำจึงมีความจำเป็น ไนไตรท์มีแนวโน้มสูงขึ้นสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเลี้ยง กุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้น การให้อาหารก็มากขึ้น ทำให้เกิดการสะสมของเสียและเศษอาหารภายในบ่อเลี้ยงมากขึ้น แต่ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไนไตรท์ของบ่อควบคุมและบ่อทดลองอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีการควบคุมปริมาณอาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงที่เหมาะสม การสะสมของเสียและอาหารเหลือจึงมีน้อย ปริมาณไนไตรท์จึงอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกับปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งตามปกติในบ่อที่มีค่าไนไตรท์สูงจะมีปริมาณแอมโมเนียในระดับสูงมาก่อน (ภาพที่ 11)

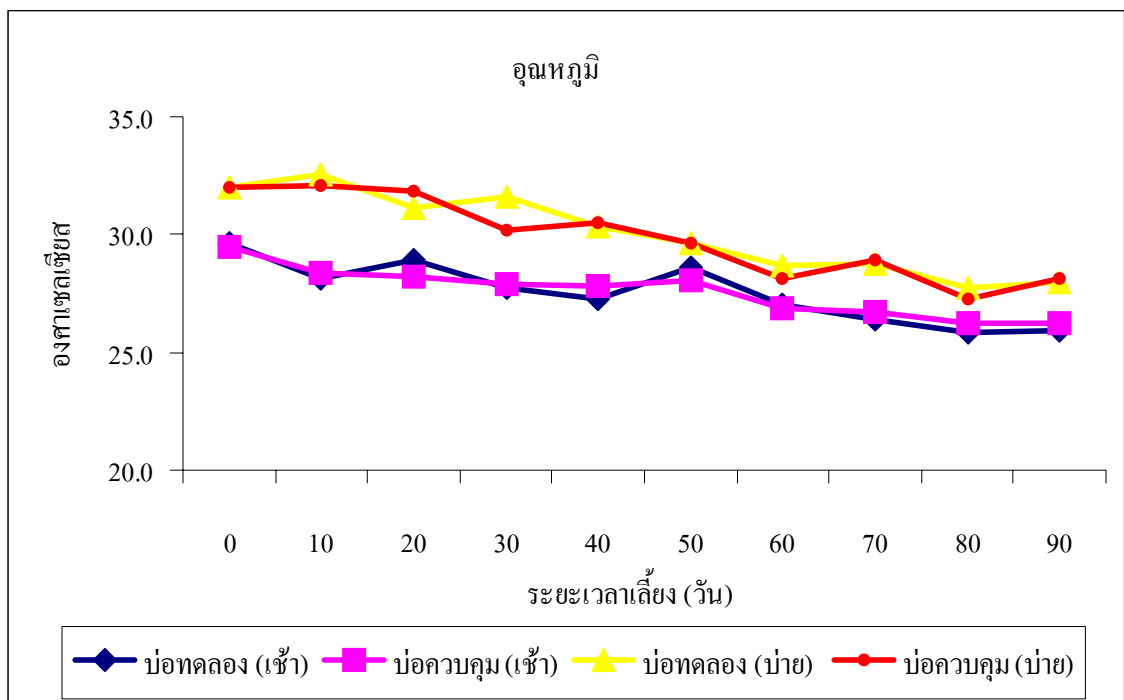
ตารางที่ 4 คุณสมบัติของน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

คุณสมบัติของน้ำ		บ่อควบคุม		บ่อทดลองที่มีการกั้นคอก	
		พืสัย	ค่าเฉลี่ย	พืสัย	ค่าเฉลี่ย
ออกซิเจนละลายน้ำ					
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	เช้า	5.1-6.6	6.04±0.436 ^a	5.3-6.9	6.10±0.375 ^a
	บ่าย	7.2-8.5	7.84±0.357 ^a	6.9-8.5	7.69±0.331 ^a
อุณหภูมิ					
(องศาเซลเซียส)	เช้า	26.1-29.6	27.58±1.096 ^a	26.8-30.0	27.56±1.323 ^a
	บ่าย	25.8-32.3	29.87±1.754 ^a	27.5-32.9	30.04±1.693 ^a
พีเอช	เช้า	6.6-8.1	7.48±0.381 ^a	6.7-8.1	7.46±0.341 ^a
	บ่าย	7.8-9.3	8.55±0.413 ^a	8.0-9.2	8.71±0.392 ^a
ความโปร่งแสง					
(เซนติเมตร)		18-35	25.16±4.495 ^a	18-35	24.76±4.149 ^a
ความเค็ม (พีพีที)		1.3-1.8	1.53±0.116 ^a	1.1-3.3	1.85±0.258 ^b
การนำไฟฟ้า					
(มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)		2.11-3.70	2.77±0.230 ^a	2.16-6.87	3.54±0.559 ^b
ความเป็นค่ารวม					
(มิลลิกรัมต่อลิตร)		157-208	175.48±11.66 ^a	155-189	176.53±9.90 ^a
ความกระด้างรวม					
(มิลลิกรัมต่อลิตร)		267.8-718	476.73±35.246 ^a	286.7-880	562.08±52.603 ^a
แอมโมเนียรวม					
(มิลลิกรัมต่อลิตร)		0.02-0.18	0.105±0.053 ^a	0.05-0.20	0.120±0.445 ^a
ไนโตรเจน					
(มิลลิกรัมต่อลิตร)		0.001-0.030	0.012±0.008 ^a	0.001-0.024	0.012±0.007 ^a

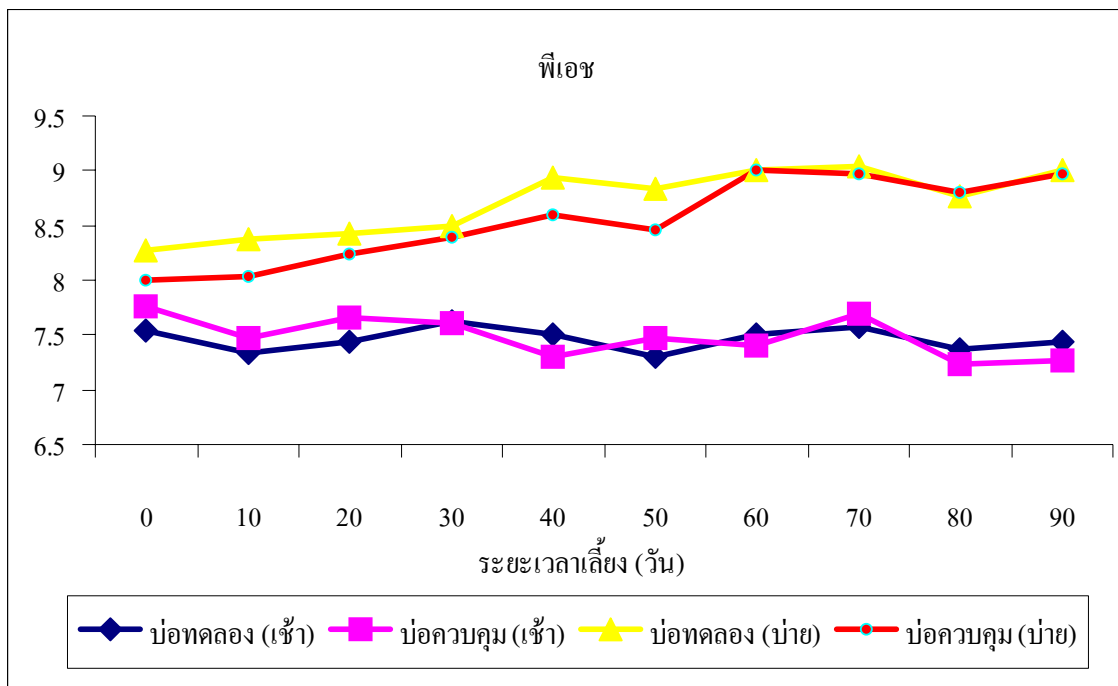
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



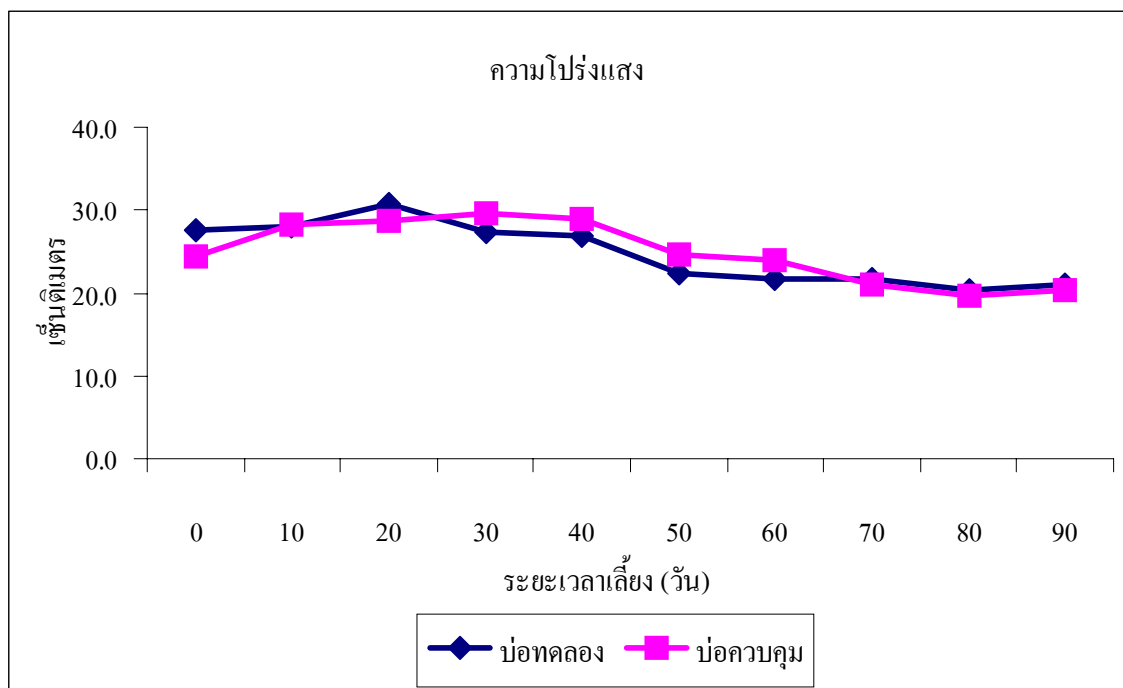
ภาพที่ 2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



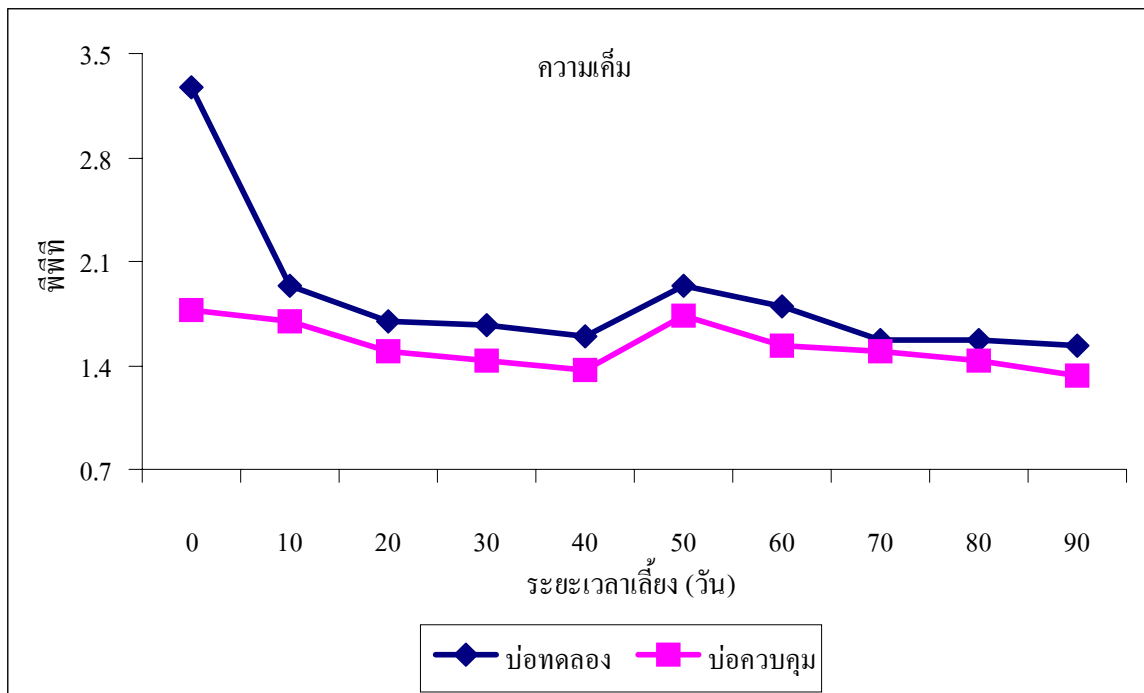
ภาพที่ 3 อุณหภูมิของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



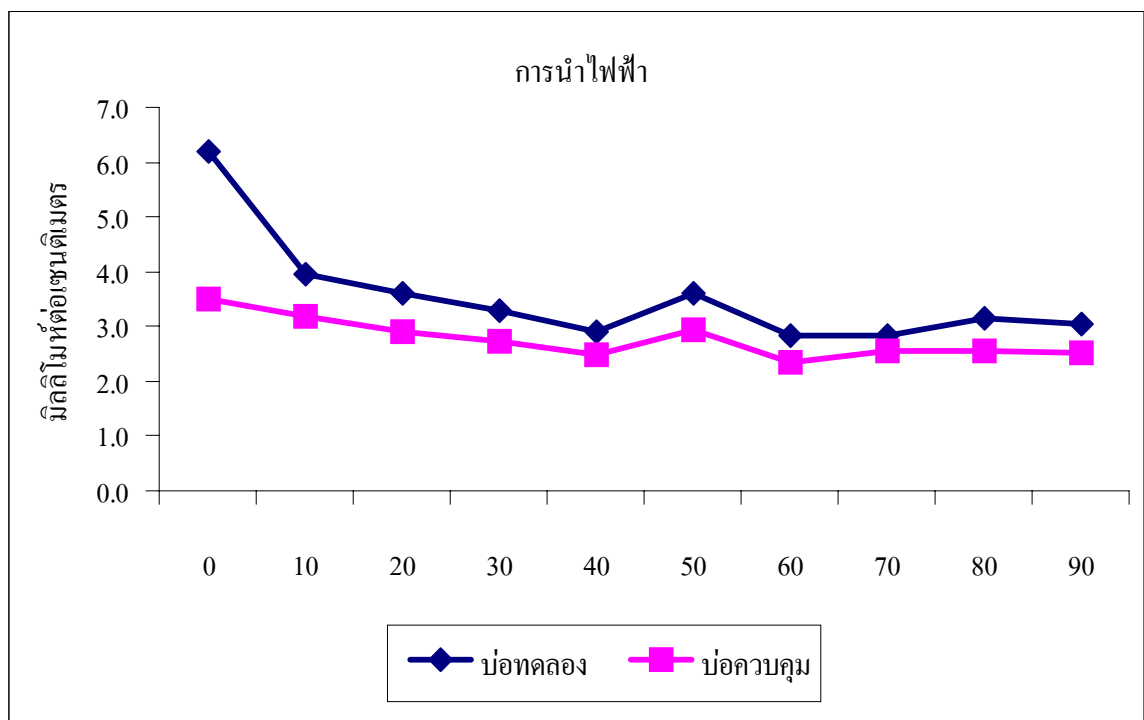
ภาพที่ 4 พีเอชของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



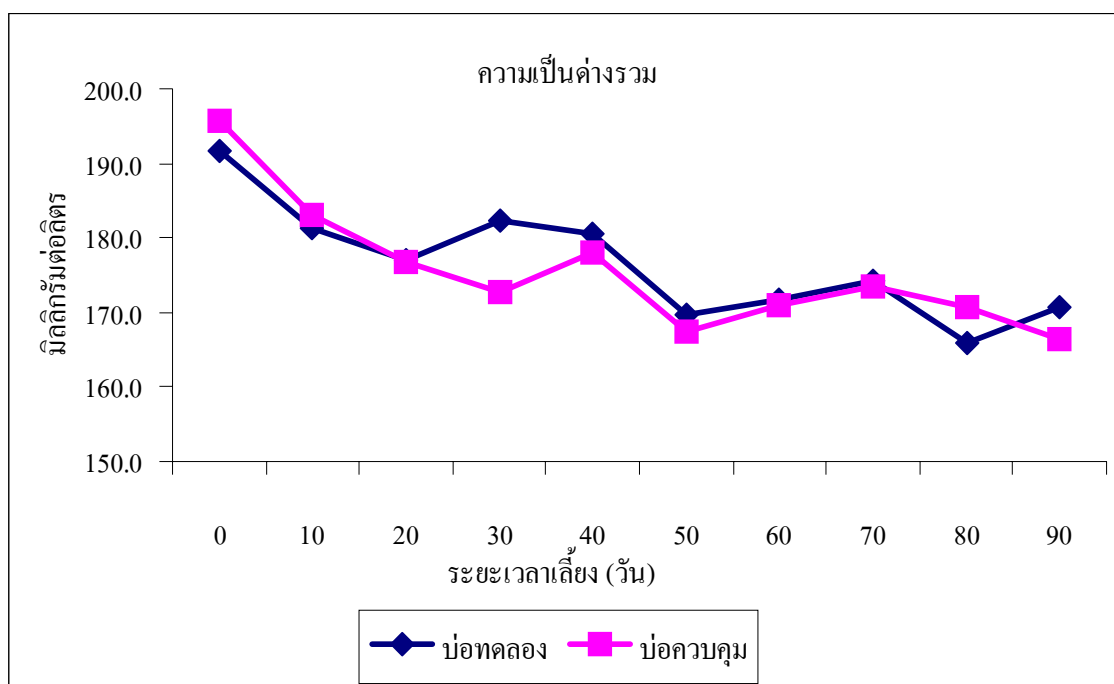
ภาพที่ 5 ค่าความโปร่งแสงของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



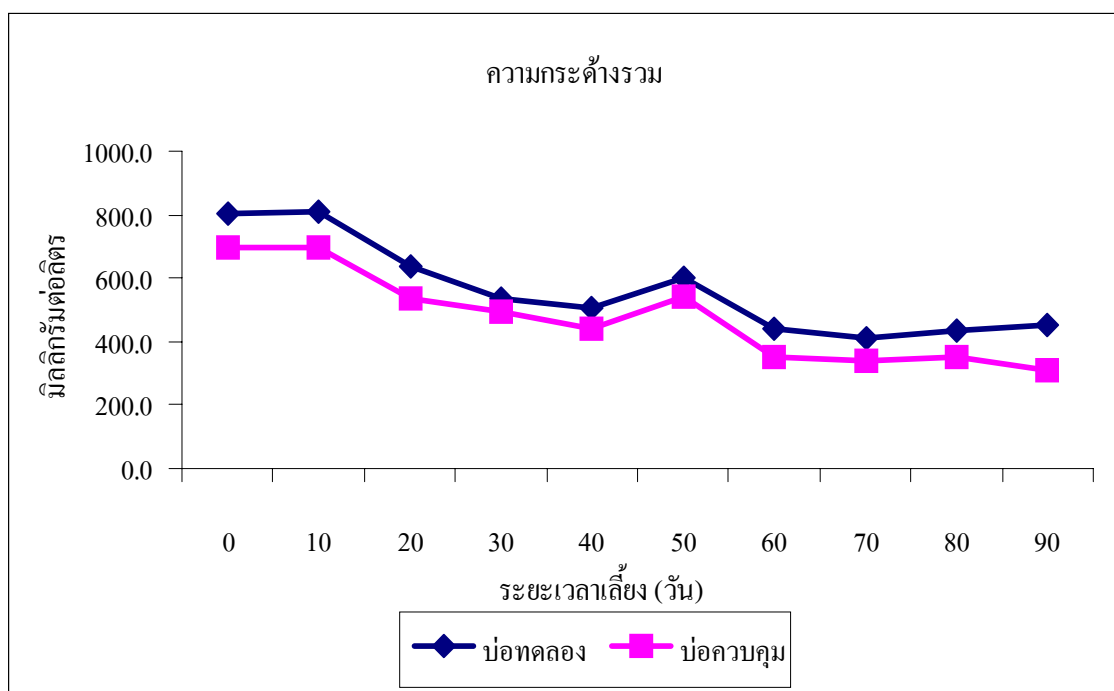
ภาพที่ 6 ความเค็มของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



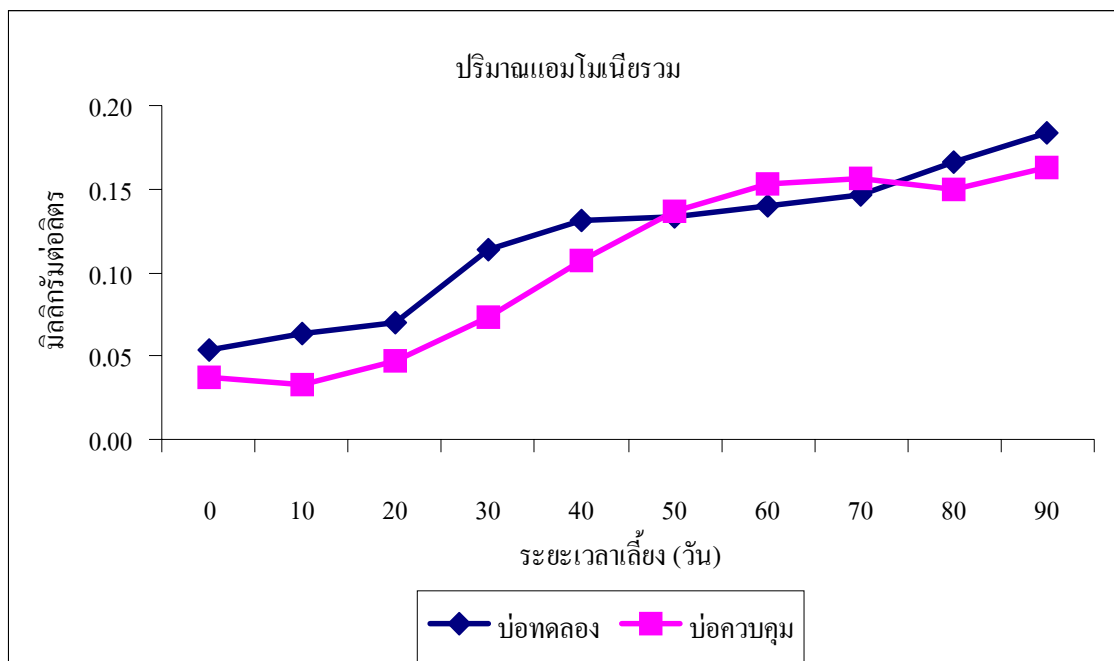
ภาพที่ 7 ค่าการนำไฟฟ้าตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



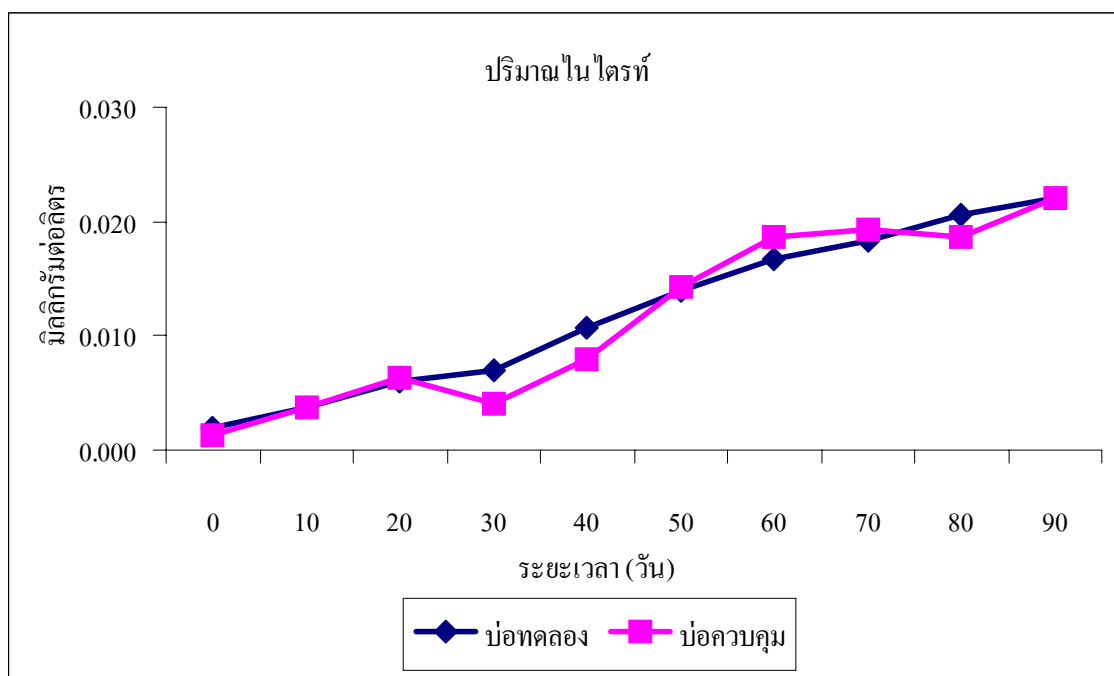
ภาพที่ 8 ความเป็นต่างรวมของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 9 ความกระด้างรวมของน้ำตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 10 ปริมาณแอมโมเนียรวมตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 11 ปริมาณไนไตรท์ตลอดการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

4. การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อทดลอง และบ่อควบคุม

จากการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยความเค็มต่ำทั้ง 6 บ่อ ตลอดจนการเลี้ยงพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 Division 39 สกุล (ภาพที่ 12) ได้แก่ Division Chlorophyta พบมากที่สุดคือ 18 สกุล รองลงมาคือ Division Cyanophyta พบ 13 สกุล และ Division Chromophyta 9 สกุล พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 3 Phylum 12 สกุล (ภาพที่ 13) ได้แก่ Phylum Rotifera มากที่สุด 9 สกุล รองลงมาคือ Phylum Protozoa 1 สกุล และ Phylum Arthropoda 1 สกุล

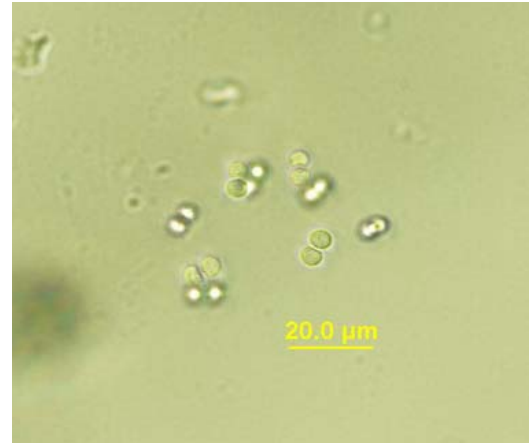
แพลงก์ตอนพืชที่พบบ่อยและมีปริมาณมากคือ กลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp., *Coelosphaerium* sp. และ *Spirulina* sp. ในแต่ละบ่อพบ *Oscillatoria* sp. มากที่สุดเกือบทุกบ่อตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาซึ่งสอดคล้องกับ ศรีณย์ (2539) และ รัชญนันท์ (2547) รายงานว่า แพลงก์ตอนกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นกลุ่มเด่นที่มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับแพลงก์ตอนในกลุ่มอื่น ๆ ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบบ่อยและมีปริมาณมาก ในทุกบ่อเลี้ยง คือ กลุ่ม Rotifera ได้แก่ *Brachionus* sp., *Trichocerca* sp., *Polyarthra* sp. และ *Filinia* sp.

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนที่พบระหว่างบ่อควบคุมและบ่อทดลองพบว่า มีชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันตามระยะเวลา (ตารางผนวกที่ 6 และ ภาพที่ 14) ปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากแพลงก์ตอนต้องใช้ธาตุอาหารเพื่อเป็นอาหารและการเจริญเติบโต เมื่อมีปริมาณสารอาหารที่เหลือตกค้างหรือสิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้งที่สะสมอยู่ในบ่อมีมากขึ้น แพลงก์ตอนในระยะแรกที่มีปริมาณน้อย เนื่องจากปริมาณสารอาหารในบ่อเลี้ยงยังมีน้อย ต่อมาปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีปริมาณสูงสุดเมื่อกุ้งมีอายุ 40 วัน เนื่องจากปริมาณอาหารในบ่อเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณแพลงก์ตอนลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะเวลา 50 วันของการเลี้ยง เนื่องจากแพลงก์ตอนบางส่วนตายปริมาณในบ่อจึงลดลง

Division Cyanophyta



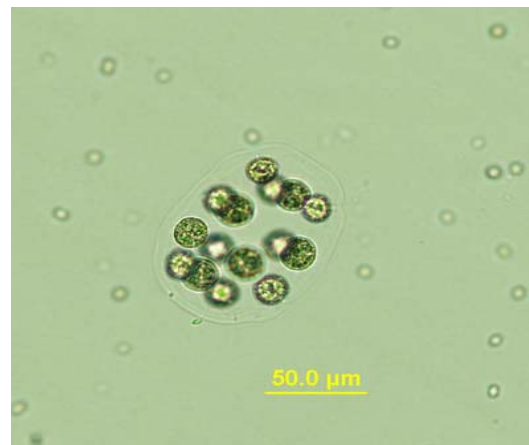
Anabaena sp.



Chroococcus sp.



Cylindrospermopsis sp.



Eudorina sp.



Microcystis sp.



Oscillatoria sp.

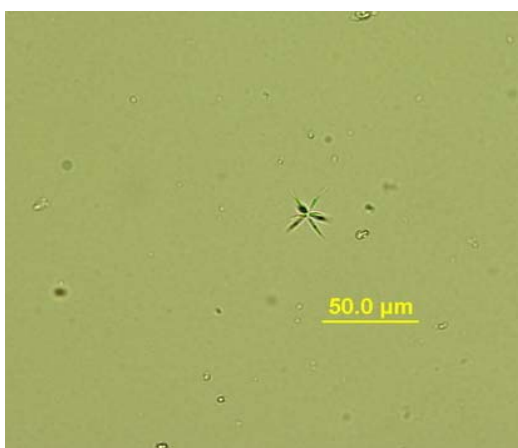


Pandorina sp.

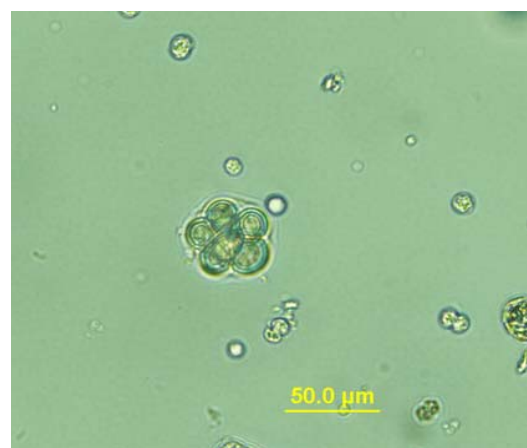


Spirulina sp.

Division Chlorophyta



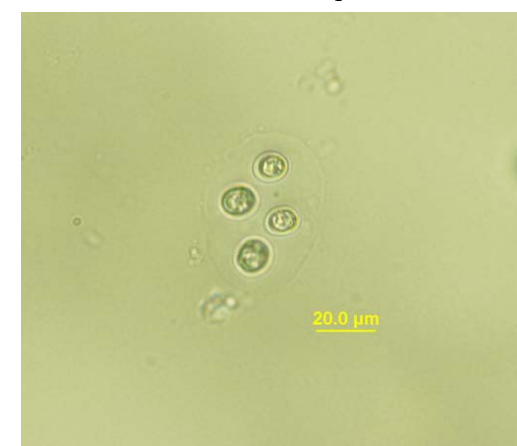
Actinastrum sp.



Coelastrum sp.

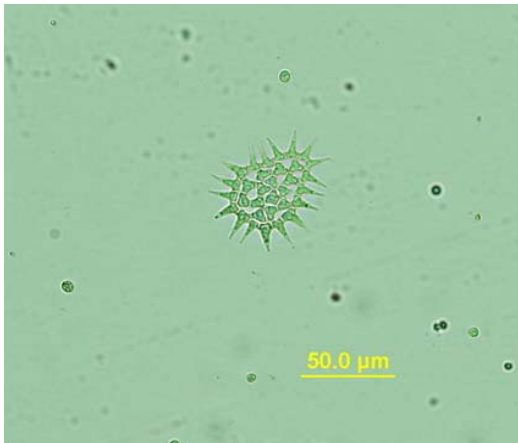


Euglena sp.



Oocystis sp.

ภาพที่ 12 แพลงก์ตอนพืช (ต่อ)



Pediatrum sp.



Phacus sp.

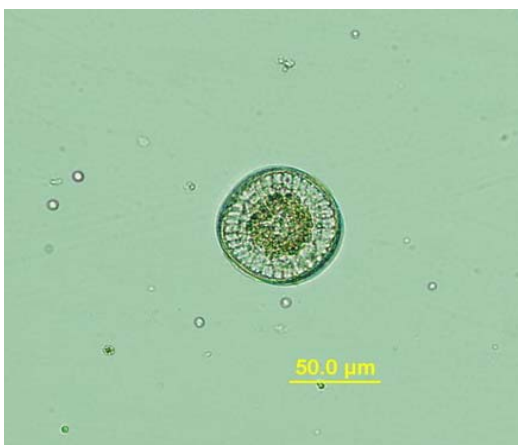


Scenedesmus sp.



Tetraodon sp.

Division Chromophyta



Campylodiscus sp.



Gyrosigma sp.

Phylum Protozoa



Tintinopsis sp.

Phylum Rotifera



Brachionus sp.



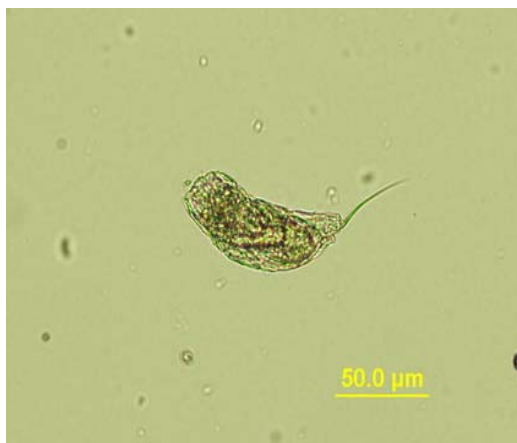
Filinia sp.



Keratella sp.



Polyarthra sp.



Trichocerca sp.

Phylum Arthropoda



Calanoid copepod



Copepod nauplius

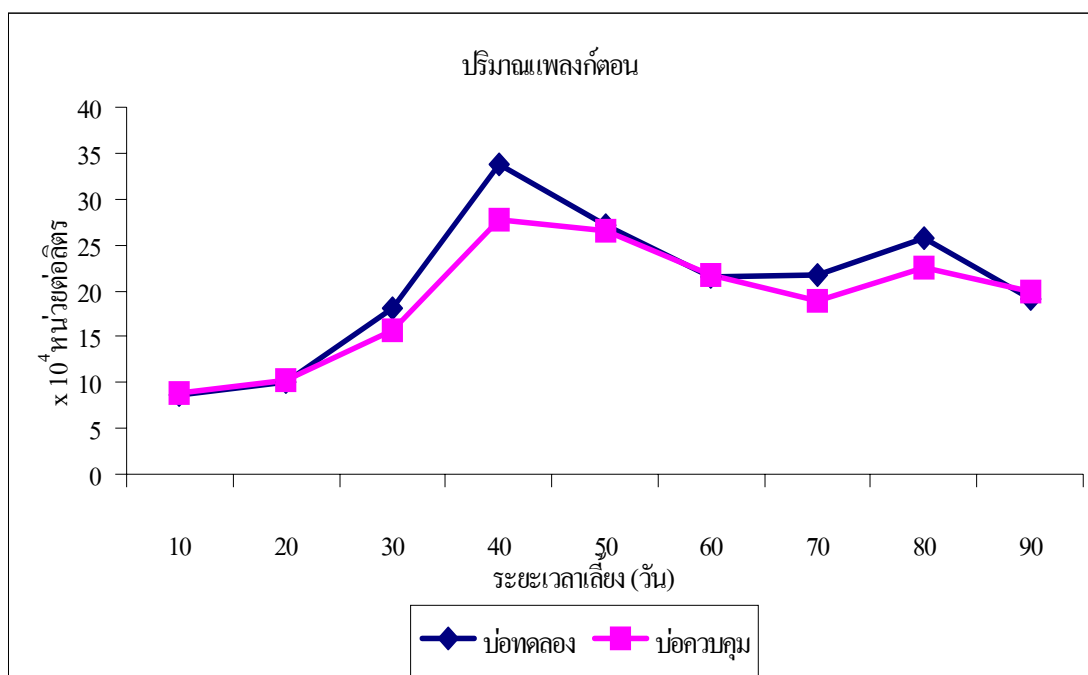
ภาพที่ 13 แพลงก์ตอนสัตว์ (ต่อ)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อควบคุมที่มีการปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ พบแพลงก์ตอนพืชมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.9 \pm 1.6 \times 10^5$ และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $7.4 \pm 7.2 \times 10^4$ มีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ $1.9 \pm 0.6 \times 10^5$ หน่วยต่อลิตร ส่วนบ่อทดลองที่มีการปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมภายในคอกพลาสติก พบแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยเท่ากับ $5.3 \pm 2.1 \times 10^5$ และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $6.3 \pm 6.7 \times 10^4$ มีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ

$2.1 \pm 0.6 \times 10^5$ ค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในบ่อควบคุม และบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ปริมาณแพลงก์ตอน (หน่วยต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ย	
	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง
แพลงก์ตอนพืช	$4.9 \pm 1.6 \times 10^5$	$5.3 \pm 2.1 \times 10^5$
แพลงก์ตอนสัตว์	$7.4 \pm 7.2 \times 10^4$	$6.3 \pm 6.7 \times 10^4$
แพลงก์ตอนรวม	$1.9 \pm 0.6 \times 10^5$	$2.1 \pm 0.6 \times 10^5$



ภาพที่ 14 ปริมาณแพลงก์ตอนรวมของบ่อควบคุมและบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

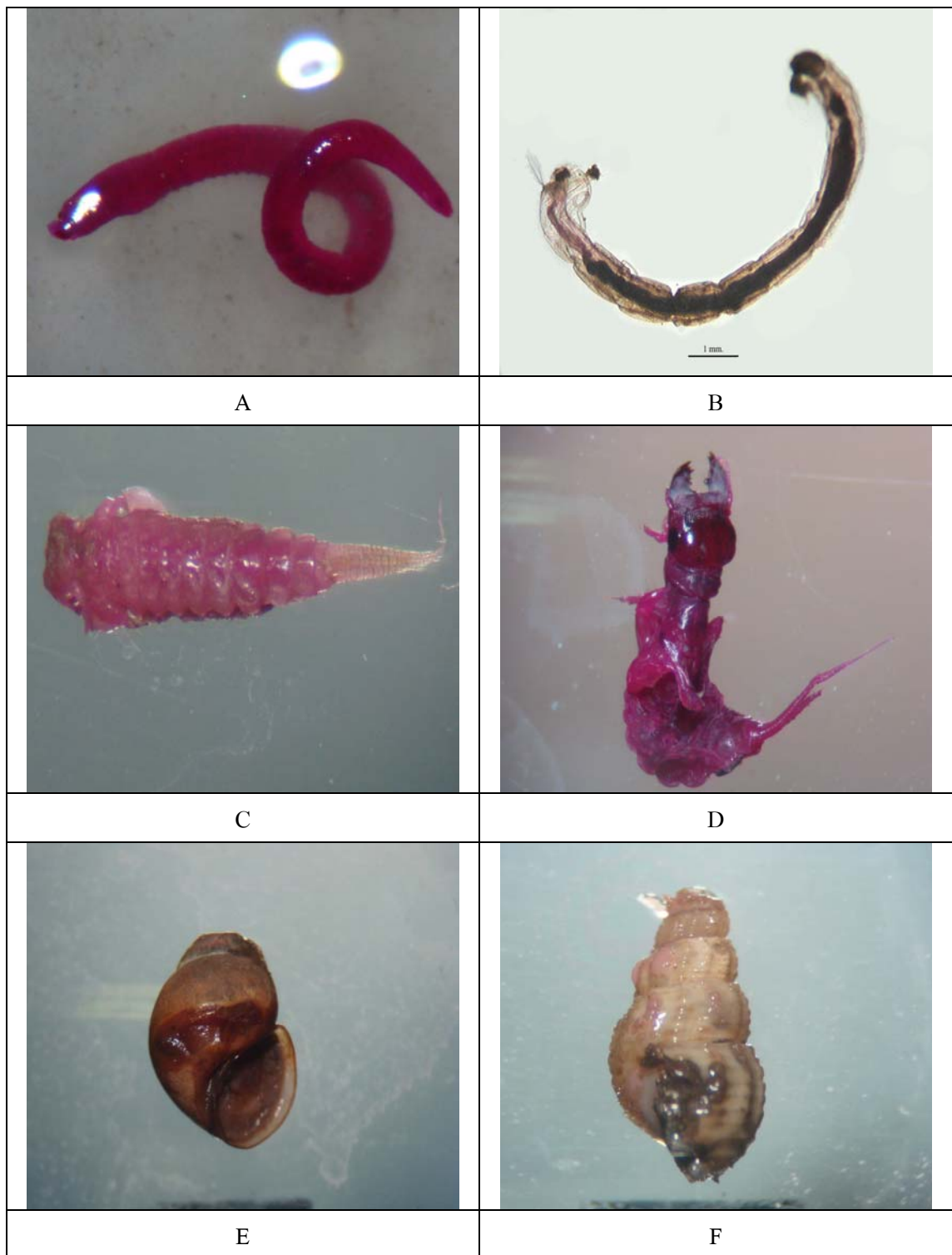
5. การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดิน

พบสัตว์หน้าดินที่พบทั้งหมด 3 Phylum ได้แก่ Phylum Annelida, Arthropoda และ Mollusca (ภาพที่ 15) โดยบ่อควบคุมมีค่าเฉลี่ยของสัตว์หน้าดินที่พบเท่ากับ $1.4 \pm 0.6 \times 10^3$ ตัวต่อตารางเมตรและบ่อทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.7 \pm 0.6 \times 10^3$ ตัวต่อตารางเมตร (ตารางที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของสัตว์หน้าดินทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

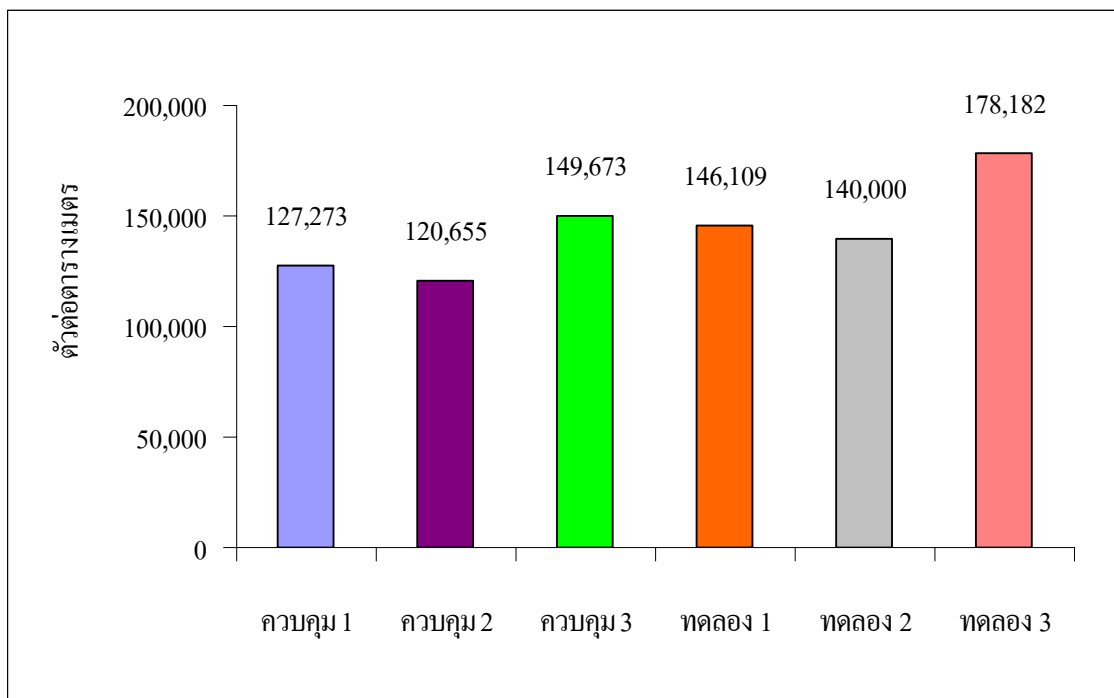
ปริมาณสัตว์หน้าดินที่พบเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา คือ ในช่วงแรกของการเลี้ยงจะพบสัตว์หน้าดินในปริมาณที่มากเนื่องมีการเติมกากน้ำตาลหรืออามิ-อามิ ลงไปในบ่อเลี้ยงเป็นการเพิ่มปริมาณสารอาหารทำให้อาหารธรรมชาติในบ่อเพิ่มมากขึ้น และปริมาณจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเลี้ยงที่ยาวนานขึ้น (ภาพที่ 17)

ตารางที่ 6 ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยในบ่อควบคุม และบ่อทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

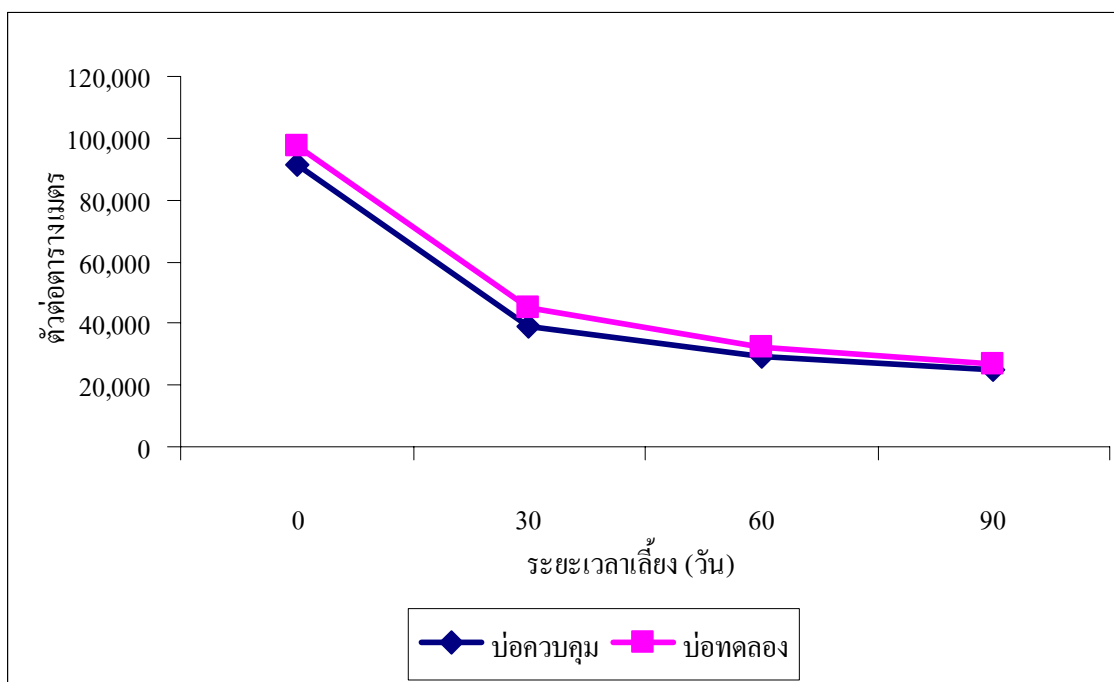
	ค่าเฉลี่ย (ตัวต่อตารางเมตร)	
	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง
ปริมาณสัตว์หน้าดิน	$1.4 \pm 0.6 \times 10^3$	$1.7 \pm 0.6 \times 10^3$



ภาพที่ 15 ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ : Phylum Annelida (A), Phylum Arthropoda : Chironomid (B),
Phylum Arthropoda, Class Insecta (C-D), Phylum Mollusca, Class Gastropoda (E-F)



ภาพที่ 16 แสดงปริมาณสัตว์หน้าดินของบ่อควบคุมและบ่อดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



ภาพที่ 17 ปริมาณสัตว์หน้าดินของบ่อควบคุมและบ่อดลองตลอดระยะเวลาเลี้ยง

6. การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติก

จากการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนระหว่างบ่อควบคุมที่มีการปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ และบ่อทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งภายในคอกพลาสติกที่มีความเค็มสูงกว่าภายนอก คอกพลาสติก พบว่า บ่อควบคุมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 23,937 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยเท่ากับ 36,993 บาทต่อไร่ มีกำไรสุทธิเท่ากับ 13,056 บาทต่อไร่ ส่วนบ่อทดลองมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 31,388 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยเท่ากับ 60,382 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 28,994 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 7) ซึ่งการเลี้ยงของบ่อทดลองให้ผลดีกว่าบ่อควบคุม เนื่องจากการอนุบาลลูกกุ้งภายในคอกพลาสติกที่น้ำมีความเค็มสูงกว่าภายนอก ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายสูงกว่า กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า ทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าและมีขนาดใหญ่กว่า ราคาที่สูงกว่า ผลตอบแทนจึงสูงกว่าบ่อควบคุม

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบต้นทุนและรายได้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง (เฉลี่ยต่อบ่อ)

ต้นทุนและรายได้	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง
ต้นทุน		
ค่าลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม	11,400	11,400
ค่าน้ำมัน	9,000	10,000
ค่าน้ำเค็ม	2,000	4,500
ค่าแรงงาน	9,000	9,000
ค่าอาหาร	67,286	99,841
ค่าสารเคมี	8,000	8,000
ค่าไฟฟ้า	4,500	4,500
ค่าปรับปรุงบ่อ	3,500	3,700
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	5,000	6,000
รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท)	119,686	156,941
รวมต้นทุน (บาทต่อไร่)	23,937	31,388
รายได้		
ผลผลิตทั้งหมด (กิโลกรัม)	1,762	2,516
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	352	503
รายได้ทั้งหมด (บาท)	184,965	301,910
รายได้ (บาทต่อกิโลกรัม)	105	120
รวมรายได้ (บาทต่อไร่)	36,993	60,382
ผลตอบแทน		
กำไรทั้งหมด	65,279	144,969
กำไรสุทธิ (บาทต่อไร่)	13,056	28,994

* ราคากุ้งขาวแวนนาไม ณ วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2551
 ราคากุ้งขนาด 70 ตัวต่อกิโลกรัม กิโลกรัมละ 105 บาท
 ราคากุ้งขนาด 60 ตัวต่อกิโลกรัม กิโลกรัมละ 120 บาท

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติก

บ่อที่มีการอนุบาลในคอกพลาสติกหรือบ่อทดลองที่มีความเค็มในน้ำสูงกว่าในบ่อได้ผลผลิต 503 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราการรอดตาย 52.97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบ่อควบคุมหรือการปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมโดยตรงในบ่อเลี้ยงได้ผลผลิต 352 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราการรอดตาย 43.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่อัตราการแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไมในคอกที่น้ำมีความเค็มสูงกว่า ปริมาณอาหารที่สำคัญต่าง ๆ มีสูงกว่ามีผลทำให้อัตราการรอดตายสูงกว่าและการเจริญเติบโตดีกว่า จึงได้ผลผลิตสูงกว่าบ่อควบคุม

2. การศึกษาปริมาณอาหารที่สำคัญในระยะแรกของการเลี้ยง

ปริมาณอาหารที่สำคัญภายในคอกของบ่อทดลองก่อนปล่อยกุ้ง 1 วันมีค่าสูงกว่าบ่อควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่หลังจากเปิดคอกให้น้ำในคอกผสมกับน้ำภายในบ่อ เมื่อวัดปริมาณอาหารในวันที่ 10 พบว่า มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันกับบ่อควบคุม ยกเว้น Mg^{2+} , Cl^- และ SO_4^{2-} ซึ่งอยู่ในระดับสูงกว่าบ่อควบคุม

3. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำระหว่างการเลี้ยง

คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง ทั้งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ น้ำ พีเอช ความโปร่งแสง ความเป็นด่างรวม ความกระด้าง ปริมาณแอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

4. การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อดอง และบ่อควบคุม

ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ทั้ง 6 บ่อ ตลอดจนการเลี้ยงพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 Division ได้แก่ Division Chlorophyta พบ 18 สกุล, Division Cyanophyta พบ 13 สกุล และ Division Chromophyta 9 สกุล พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 3 Phylum ได้แก่ Phylum Rotifera 9 สกุล, Phylum Protozoa 1 สกุล และ Phylum Arthropoda 1 สกุล เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนทีพบระหว่างบ่อควบคุมและบ่อดองพบว่าคล้ายคลึงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

5. การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดิน

พบสัตว์หน้าดินที่พบทั้งหมด 3 Phylum ได้แก่ Phylum Annelida, Arthropoda และ Mollusca โดยบ่อควบคุมมีค่าเฉลี่ย $1.4 \pm 0.6 \times 10^3$ ตัวต่อตารางเมตร และบ่อดองมีค่าเฉลี่ย $1.7 \pm 0.6 \times 10^3$ ตัวต่อตารางเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

6. การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติก

บ่อควบคุมปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อ มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 23,937 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ย 36,993 บาทต่อไร่ มีกำไรสุทธิ 13,056 บาทต่อไร่ ส่วนบ่อดองที่ปล่อยลูกกุ้งอนุบาลในคอกพลาสติก มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 31,388 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ย 60,382 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 28,994 บาทต่อไร่ ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าบ่อควบคุม เนื่องจากผลผลิตจากบ่อดองสูงกว่า และกุ้งมีขนาดใหญ่กว่าทำให้ได้ราคาสูงกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากปริมาณอออนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของลูกกุ้ง ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำมาก เกษตรกรจึงควรเติมน้ำเค็มให้มีความเค็มไม่ต่ำมาก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูง
2. ควรมีการศึกษาปริมาณอออนที่สำคัญในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ ในระดับความหนาแน่นต่าง ๆ กัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

แก้วตา ลิ่มเฮง ชลอ ลิ่มสุวรรณ และ นิติ ชูเชิด. 2548. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ, น.420-427. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 สาขาประมงและการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ่มสุวรรณ. 2543. กุ้งไทย 2000. โรงพิมพ์เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ และ พรเลิศ จันทรรักษ์กุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. บริษัทเมจิค ฟับบลิเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.

ชัยญนันท์ สุนทรมงคล. 2547. ผลของการเปลี่ยนถ่ายน้ำต่อคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2545. ความสำคัญของการเร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้ง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ บริษัทซิสเคมแอนด์คัลเจอร์รีล จำกัด, กรุงเทพฯ.

ประจวบ หล้าอุบล. 2537. สรีรวิทยาของกุ้ง. เจริญรัตน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

พจมาน เขยเดช. 2549. การศึกษาคุณภาพของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำในสภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พุทธ ส่องแสงจินดา และ ดุสิต ดันวิไลย. 2534. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2534. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, สงขลา.

- ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. **วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. วานาไม (Practical Technology for *Litopenaeus vannamei* Culture)**. สำนักพิมพ์เมืองเกษตรแม่กาศิน, สมุทรปราการ.
- มันสิน ตันกุลเวศม์. 2536. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- ลัดดา วงรัตน์. 2542. **แพลงก์ตอนพืช**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรวิทย์ ชีวาพร. 2531. **คุณภาพน้ำ-ดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**, น. 171-182. ใน **การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ชลบุรี.
- วิทยา รัตนะ. 2549. **ผลระดับความเค็มต่ำและองค์ประกอบของธาตุในน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตราการตายของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ**. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรัณย์ รักษาพรหมณ์. 2539. **การศึกษาโรคของกุ้งกุลาดำ คุณสมบัติของน้ำ และชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศศิวิมล ไชยพรวัฒนา. 2544. **การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตกุ้งก้ามกรามในจังหวัดสุพรรณบุรีปี 2543**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2543. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สิทธิชัย ตันชนะสฤณี. 2549. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรศักดิ์ ดิลกเกียรติ. 2546. กุ้งไทย ก้าวใหม่. กรุงเทพฯ.

สมชาย สุรวิทย์. 2539. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชช
ประภาจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเจตน์ จันทวัฒน์ ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา จงรัก จันทรเจริญสุข วิโรจน์ อัมพิกภัยและ อัญชลี
สุทธิปรการ. 2529. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 2546. ระเบียบและการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตาม
มาตรฐาน จี เอ พี พ.ศ.2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง. กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ ประวิทย์วิไลกุล. 2547. การเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแอฟริกา (*Litopenaeus*
vannamei Boone, 1931) ในบ่อดินและบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททีลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Aheam, G. A., P.K Mandal, and A. Mandal. 2004. Calcium regulation in crustacean during the
molt cycle: a review and update. **Comp. Biochem. Physiol.** 13: 247-257.

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

Bray, W.A., A.L Lawrence and J.R Leung-Trujillo, 1994. The effect of salinity on growth and
survival of *Penaeus vannamei* with observations on the interaction of IHHN virus and
salinity. **Aquaculture** 122: 133-146.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. Elsevier Sci Publ. CO., Amsterdam.

_____. 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming**. Fisheries and Allied Aquacultures Department Series No. 2. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama.

_____. 2002. Dissolved salt in water for inland low-salinity shrimp culture. **Global Aqua. Advocate** 5: 40-50.

_____ and A. W. Fast. 1992. Pond monitoring and management, pp. 497-513. *In* A.W.Fast and L.J. Lester (eds). **Marine Shrimp Culture**. Principles and Practices. Elsevier Science B.V.,Amsterdam.

_____ and C.S. Tucker. 1998. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Brock, J.A. and K. Main. 1994. **A Guide to the Common Problems and Disease of Cultured *Penaeus vannamei***. Published by the Oceanic Institute, Makapuu Point, Honolulu, Hawaii, USA.

Cawthorne, D.F., T. Beard, J. Davenport and J.F. Wickins. 1983. Responses of juvenile *Penaeus monodon* Fabricius to natural and artificial seawater of low salinity. **Aquaculture** 32: 165-174.

Davis, D.A., and A. L. Lawrance. 1997. Mineral, pp.150-163. *In* D'Abramo, L.R. *et al.*(eds.) **Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture**. Louisiana State University. Louisiana.

Dore, I. and C. Frimodt. 1987. **An Illustrated Guide to Shrimp of the World**. Osprey Books, Huntington, NY, U.S.A.

Holthuis, L.B. 1980. **Shrimps and Prawns of the World**. FAO Species Catalogue, Vol. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Huner, J.V., L.B. Colvin and B.L. Reid. 1979. Postmolt mineralization of the exoskeleton of juvenile California brown shrimp, *Penaeus californiensis* (Decapoda:Penaeidae). **Comp. Biochem. Physiol.** 62A: 889-893.

Gardiner, M.S. 1972. **The Biology of Invertebrates**. McGraw-Hill Book Company. New York.

Jory, D.E. and T. Cabrera. 2003. **Marine Shrimp**. Available Source: http://www.blackwellpublishing.com/content/BPL/Images/Content_store/Sample_chapter/9780852382226/lucas%20chapter.pdf, March 9, 2007.

Kungvankij, P., P. T.W. Chua, J. Pudadera, G. Corres, L.B. Tibo, Io. Potestas, G.A. Taleona and KN.Paw. 1986. Shrimp culture: pond design operation and management. p 68. **In Asia (NACA), Region Lead Center in Philippines (RLCP)**. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Network of Aquaculture Center. Iloilo, Philippines.

Lawson, T.B. 1995. **Fundamentals of Aquaculture Engineering**. Chapman and Hall, New York.

Lignot, J.H., C. S.Pierrot and G. Charmantier. 2000. Osmoregulatory as a tool in monitoring the physiological condition and the effect of stress in crustaceans. **Aquaculture** 191: 209–245.

- Lin, Y.C. and J.C. Chen. 2000. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Aquaculture** 259: 109-119.
- Lovell, T. 1989. **Nutrition and Feeding of Fish**. Van Nostrand Reinhold, New York.
- McGraw, W.J. and J. Scarpa. 2002. Determining ion concentrations for *Litopenaeus vannamei* culture in freshwater. **Global Aqua. Advocate** 5: 36-38.
- Patrick, R. 1973. Use of algae, Especially Diatoma, in the Assesment of Water Quality. **J. Mar. Res.** 20:57.
- Pennak, R. N. 1953. **Fresh-Water Invertebrates of the United States**. New York: The Ronals Press Company.
- Pe'rez Farfante ,I. and B. Kensley. 1997. **Penaeid and Sergestoid Shrimp and Prawns of the World. Key and Diagnoses for the Families and Genera**. Memories du Museum Nation D'Histoire Naturelle, Paris, France.
- Ponce-Palafox, J., Martinez- Palacios, C.A. and L.G. Ross. 1997. The effect of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture** 157: 107-115.
- Rosenberry, R. 1999. World Shrimp Farming 1998. p 164. *In* **Shrimp News International**. San Diago, CA , USA.
- Shiau, S.Y. 1998. Nutrient requirement of penaeid shrimps. **Aquaculture** 164: 77-93.
- Silva, J.J.R. Frausto da and R.J.P. Williams. 2001. **The Biological Chemistry of the Elements : The Inorganic Chemistry of Life**. Oxford University Press Inc, New York.

- Saoud, I.P., D.A. Davis and D.B Rouse. 2002. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture** 217(1-4): 373-383.
- Strickland, J.D.H. and T.R.Parsons. 1972. **A Pratical Handbook of Seawater Analysis**. Fisheries Research Board of Canada Bulletin167. Ottawa.
- Taras, M. J. 1971. **Standard: Method of the Examination of Water and Wastewater**. Washington, D.C. American Public Health Association.
- Thomas, W.H. 1966. Surface nitrogenous nutrients and phytoplankton in the northeastern tropical Pacific ocean. **Limnol. and Oceanog.** 11(3): 393-400.
- Vincz, M. 1994. Meiofauna in marine and freshwater sediments, pp. 187-195 *In* G. H. Hall, ed. **Method for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments**. University Press, Cambridge, UK.
- Whetstone, J.M., G.D. Treece., C.L. Browdy and A.D. Stokes. 2002. **Opportunities and Constraints in Marine Shrimp Farming**. SRAC Publication No. 2600.
- Weseheide, W. and G. Purschke. 1988. Organism processing, pp. 146-160. *In* R. P. Higgins and H. Thiel, eds. **Introduction to the Study of Meiofauna**. Smithsonian Press, Washington D.C.
- Wyban, J., W.A. Walsh and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture** 138: 267-279.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 ป่อควบคุมที่ 1



ภาพผนวกที่ 2 ป่อควบคุมที่ 2 และ 3



ภาพผนวกที่ 3 ป่อทดลองที่ 1



ภาพผนวกที่ 4 ป่อทดลองที่ 2 และ 3



ภาพผนวกที่ 5 การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมภายในคอกพลาสติก



ภาพผนวกที่ 6 การชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตในบ่อทดลอง และบ่อควบคุม

	ค่าเฉลี่ย		t	df	P
	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง			
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	352.51±36.27	503.183±21.545	-6.194	4	<0.05
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	14.77±0.45	16.43±0.35	-5.051	4	<0.05
อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน)	0.164±0.005	0.182±0.004	-5.029	4	<0.05
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	43.27±4.454	52.97±2.267	-3.316	4	<0.05
อัตราการแลกเนื้อ	1.27±0.06	1.32±0.028	0.655	4	>0.05

ตารางผนวกที่ 2 น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อควบคุมที่ 1

ตัวที่	อายุ (วัน)						
	น้ำหนัก (กรัม)						
	30	40	50	60	70	80	90
1	1.1	2.8	5.2	6.2	12.2	12.2	14.2
2	0.8	3.1	5.1	6.6	9.6	13.4	13.5
3	1.3	2.9	6.2	5.8	8.1	11.6	11.7
4	1.1	3.7	4.5	7.0	10.4	14.1	16.2
5	1.0	4.0	3.5	13.1	10.2	13.6	14.3
6	1.3	4.9	5.8	12.5	12.5	16.5	15.1
7	0.8	4.5	4.6	9.8	11.3	14.6	14.0
8	1.5	4.9	5.7	6.2	11.4	14.3	13.5
9	1.7	5.7	5.7	6.9	7.3	13.1	15.1
10	1.3	5.9	6.0	9.1	10.5	11.9	14.3
11	1.2	4.7	6.1	6.2	10.4	14.2	14.2
12	1.6	5.5	4.2	7.7	11.1	13.7	10.9
13	1.7	3.2	4.7	7.1	8.6	11.7	14.6
14	0.9	3.7	4.8	8.9	7.5	12.6	17.0
15	1.6	3.2	5.1	10.1	8.1	12.7	16.6

ตารางผนวกที่ 3 น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อควบคุมที่ 2

ตัวที่	อายุ (วัน)						
	น้ำหนัก (กรัม)						
	30	40	50	60	70	80	90
1	1.2	4.7	4.8	11.1	11.3	12.4	16.6
2	0.8	4.8	4.7	8.2	11.5	13.5	12.2
3	1.7	4.5	5.9	8.9	12.2	13.8	14.3
4	1.5	4.6	4.5	9.9	13.5	12.9	16.6
5	0.8	5.2	5.5	8.5	12.7	13.0	15.8
6	1.3	3.1	6.2	9.8	12.5	14.1	14.6
7	1.2	5.1	5.9	8.1	13.2	13.8	13.3
8	1.2	4.9	6.1	7.8	11.7	13.8	15.0
9	1.5	5.5	5.3	7.0	10.9	15.0	14.5
10	0.8	4.5	4.8	10.5	11.4	15.2	16.2
11	0.8	3.3	3.1	9.9	11.7	14.1	17.1
12	1.7	5.4	4.2	10.1	13.5	13.1	16.3
13	1.2	3.7	4.7	10.3	10.0	12.9	17.6
14	0.8	4.1	4.2	8.1	13.4	13.9	14.0
15	1.2	3.0	5.5	7.9	14.2	12.1	13.1

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อควบคุมที่ 3

ตัวที่	อายุ (วัน)						
	น้ำหนัก (กรัม)						
	30	40	50	60	70	80	90
1	0.8	3.3	4.9	10.8	12.2	11.9	15.7
2	0.9	4.9	4.6	7.0	12.2	13.7	13.5
3	0.8	4.9	4.5	9.9	13.6	14.2	14.2
4	1.7	4.6	6.7	10.1	11.2	13.2	17.1
5	1.3	4.2	4.0	4.1	12.5	13.7	16.2
6	1.5	3.2	6.2	7.3	11.4	12.8	13.4
7	0.8	3.1	6.0	11.4	10.5	14.2	16.6
8	0.8	4.8	6.2	10.1	11.7	14.2	12.8
9	1.7	5.2	4.2	11.1	3.3	15.0	14.1
10	1.7	4.1	4.2	9.9	10.5	13.0	14.6
11	1.1	4.9	5.4	8.9	12.3	14.2	13.3
12	1.4	5.5	5.3	9.8	11.1	15.1	16.2
13	1.5	4.6	5.9	10.3	12.7	15.3	13.4
14	1.1	3.5	4.9	8.7	11.9	13.0	16.6
15	1.5	3.1	5.1	10.4	13.8	12.5	16.6

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อทดลองที่ 1

ตัวที่	อายุ (วัน)						
	น้ำหนัก (กรัม)						
	30	40	50	60	70	70	80
1	2.4	6.2	7.3	13.4	14.2	13.5	16.2
2	2.2	3.7	9.9	10.5	12.6	13.8	18.7
3	1.8	4.6	11.3	7.5	15.8	14.0	18.2
4	2.1	6.8	8.3	8.1	11.7	14.0	17.6
5	1.4	6.3	8.7	10.2	12.5	15.2	14.6
6	2.3	4.9	10.1	10.1	15.8	15.7	14.3
7	2.6	5.9	11.6	7.8	14.2	13.8	17.1
8	2.4	5.8	9.5	12.5	14.6	14.1	16.7
9	2.8	5.1	8.3	11.7	16.6	14.1	14.3
10	2.1	5.7	9.4	11.4	11.1	15.3	16.3
11	2.8	4.9	8.8	8.0	10.3	15.1	16.2
12	2.4	6.3	11.6	6.2	8.0	14.5	16.5
13	2.6	5.9	11.6	12.5	11.0	16.1	16.2
14	2.4	5.6	7.4	7.7	8.1	13.6	16.1
15	1.9	5.9	6.1	8.1	7.8	13.5	16.6

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อทดลองที่ 2

ตัวที่	อายุ (วัน)						
	น้ำหนัก (กรัม)						
	30	40	50	60	70	80	90
1	1.7	5.3	10.4	11.4	15.7	13.3	16.8
2	1.4	3.7	7.8	13.3	14.6	15.4	18.7
3	1.8	5.8	8.1	13.3	16.6	17.2	17.6
4	1.2	4.7	9.5	13.5	14.2	14.6	17.5
5	1.6	2.8	5.7	10.5	12.5	13.3	14.0
6	2.2	6.6	5.8	11.7	16.2	12.5	11.4
7	2.6	4.9	11.7	12.8	13.5	14.5	17.1
8	1.4	5.7	12.5	14.3	14.1	13.6	17.5
9	1.7	5.1	10.3	7.2	16.8	16.0	17.5
10	2.2	5.7	6.1	7.7	11.1	12.3	13.5
11	1.5	4.8	7.0	9.8	10.5	14.4	14.6
12	1.4	6.2	12.5	10.4	9.8	13.1	14.6
13	2.1	6.2	11.4	11.3	8.1	13.6	17.5
14	1.5	5.6	6.2	7.8	9.5	13.5	16.6
15	2.6	6.4	6.9	6.6	12.8	14.1	17.5

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักของกุ้งขาวแวนนาไมจากการสุ่มช่วงวัดทุก 10 วันของบ่อทดลองที่ 3

ตัวที่	อายุ (วัน)						
	น้ำหนัก (กรัม)						
	30	40	50	60	70	80	90
1	1.4	2.8	12.5	13.5	14.3	15.2	18.4
2	2.6	3.7	7.1	6.2	14.6	13.6	17.5
3	2.2	5.7	7.7	15.8	18.2	16.5	18.0
4	2.4	5.1	8.0	11.7	16.1	16.1	18.3
5	2.7	6.2	9.3	13.5	11.7	15.4	18.2
6	2.1	9.5	8.9	7.8	16.6	14.8	17.5
7	2.6	5.7	12.5	7.7	12.8	16.2	16.0
8	2.6	5.7	4.7	13.5	16.1	15.5	14.1
9	1.1	0.9	6.6	11.7	16.8	14.8	16.2
10	1.7	6.2	6.9	11.1	14.6	13.9	18.2
11	2.2	9.6	8.8	12.5	11.4	16.4	15.0
12	1.4	6.1	9.8	16.2	10.2	14.4	16.3
13	1.5	5.8	12.5	7.5	8.1	13.1	17.6
14	1.6	3.9	11.4	11.0	8.2	14.0	13.5
15	2.6	3.7	4.2	6.7	14.3	13.1	18.2

ตารางผนวกที่ 8 แสดงปริมาณไอออนในน้ำของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ระยะเวลา 0 และ 10 วัน

บ่อ	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	บ่อ	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
บ่อควบคุม (0 วัน)							บ่อควบคุม (10 วัน)						
1	16.4	46.0	50.9	510.26	670.89	114.3	1	18.80	44.7	48.80	504.39	651	110.9
2	21.1	53.8	65.2	508.94	669.63	130.15	2	23.70	52.5	62.10	493.33	630.6	97.89
3	23.2	44.7	58.9	505.86	644.98	102.4	3	21.70	42.8	56.30	476.34	640.00	98.72
เฉลี่ย	20.23	48.17	58.33	508.35	661.83	115.62	เฉลี่ย	21.40	46.67	55.73	491.35	640.53	102.51
บ่อทดลอง (0 วัน)							บ่อทดลอง (10 วัน)						
1	38.5	97.34	129.7	920.38	1625.42	236.15	1	30.09	58.8	73.61	512.05	688.40	123.7
2	35.9	101.21	105.2	911.74	1614.38	230.30	2	24.15	49.9	74.4	505.51	670.3	115
3	37.4	96.27	114.5	917.89	1594.48	224.00	3	28.16	54.5	78.86	499.58	652.30	108.6
เฉลี่ย	37.27	98.27	116.47	916.67	1611.43	230.15	เฉลี่ย	27.47	54.40	75.62	505.71	670.35	115.75

ตารางผนวกที่ 9 คุณสมบัติของน้ำตลอดการเลี้ยง

เวลาเลี้ยง (วัน)	บ่อ	Trans. (cm.)	Temp. (°C)		pH		D.O. (mg/l)		Salinity (ppt)	EC. (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nitrite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
0	1	25	29.60	32.10	7.4	7.8	6.5	8.0	1.60	3.20	187.0	680.7	0.04	0.002
	2	24	29.40	31.80	7.8	8.2	6.3	8.3	2.00	3.70	198.0	718.0	0.02	0.001
	3	30	29.40	32.00	8.1	8.0	6.4	8.5	1.70	3.60	202.0	697.9	0.05	0.001
	4	30	29.80	32.10	7.4	8.3	5.9	7.5	3.20	6.45	198.0	823.0	0.05	0.002
	5	28	30.00	31.80	7.5	8.0	6.2	8.1	3.30	5.23	185.0	784.0	0.05	0.003
	6	25	29.10	32.10	7.7	8.5	6.9	8.0	3.30	6.87	192.0	802.0	0.06	0.001
10	1	29	28.90	32.00	7.5	7.9	6.6	8.4	1.60	3.00	178.0	712.0	0.03	0.004
	2	30	28.30	32.30	7.8	8.0	5.7	8.1	1.80	3.40	188.0	702.0	0.04	0.003
	3	26	27.80	32.00	7.1	8.2	6.5	8.4	1.70	3.20	183.0	680.0	0.03	0.004
	4	30	27.80	32.90	7.3	8.3	6.3	7.2	1.90	4.23	183.0	741.3	0.08	0.003
	5	25	27.90	32.30	7.5	8.5	6.4	7.7	2.10	4.35	183.0	801.4	0.05	0.005
	6	29	28.80	32.40	7.2	8.3	5.8	7.6	1.80	3.28	178.0	880.0	0.06	0.003

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วัน)	บ่อ	Trans. (cm.)	Temp. (°C)		pH		D.O. (mg/l)		Salinity (ppt)	EC. (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nitrite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
20	1	23	28.50	31.40	7.6	8.4	6.4	7.8	1.40	2.80	170.2	567.3	0.05	0.006
	2	35	27.80	32.00	8.1	7.9	5.7	8.0	1.50	3.00	174.0	523.3	0.03	0.007
	3	28	28.40	32.10	7.3	8.4	5.6	7.9	1.60	2.90	186.0	518.6	0.06	0.006
	4	28	28.80	30.90	7.3	8.2	5.8	8.0	2.00	3.80	175.0	634.2	0.07	0.005
	5	35	29.70	31.20	7.7	8.5	6.8	7.4	1.30	3.73	184.0	650.3	0.06	0.007
	6	29	28.30	31.30	7.3	8.6	5.7	7.7	1.80	3.24	172.0	621.8	0.08	0.006
30	1	28	28.90	30.10	7.9	8.4	6.4	7.4	1.30	2.20	175.0	523.0	0.07	0.004
	2	32	27.70	30.00	7.4	8.3	6.2	7.2	1.60	3.10	167.0	481.3	0.07	0.003
	3	29	27.10	30.50	7.5	8.5	6.4	8.0	1.40	2.90	176.0	480.6	0.08	0.005
	4	25	27.50	31.30	8.0	8.5	6.5	7.7	1.90	3.70	185.0	529.3	0.09	0.006
	5	28	27.60	31.70	7.8	8.6	5.8	6.9	1.20	2.40	179.0	552.2	0.12	0.007
	6	29	28.10	31.80	7.1	8.4	6.2	7.2	1.90	3.75	183.0	522.2	0.13	0.008

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วัน)	บ่อ	Trans. (cm.)	Temp. (°C)		pH		D.O. (mg/l)		Salinity (ppt)	EC. (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nitrite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
40	1	30	6.2	7.3	28.30	30.20	7.5	8.4	1.30	2.11	157.3	445.0	0.09	0.009
	2	28	5.1	8.0	27.80	30.20	7.8	8.7	1.50	3.05	208.0	404.0	0.11	0.007
	3	29	5.7	7.9	27.40	31.00	6.6	8.7	1.30	2.25	168.8	478.0	0.12	0.008
	4	28	5.4	7.5	26.80	30.00	7.5	8.9	1.90	3.67	175.0	524.0	0.12	0.011
	5	25	5.7	7.8	27.50	30.10	7.7	9.1	1.10	2.16	180.0	476.3	0.13	0.009
	6	28	6.1	7.9	27.50	31.00	7.3	8.8	1.80	2.89	187.0	519.0	0.14	0.012
50	1	20	5.8	7.8	27.40	29.50	7.8	8.3	1.60	3.01	165.0	521.0	0.14	0.014
	2	29	6.4	8.2	28.50	29.60	7.4	8.5	1.80	3.05	168.0	510.0	0.13	0.016
	3	25	5.3	8.1	28.30	29.90	7.2	8.6	1.80	2.75	169.0	589.9	0.14	0.013
	4	20	5.9	7.5	29.70	30.00	7.4	9.0	1.80	3.50	158.0	589.9	0.14	0.014
	5	24	6.3	8.1	27.80	29.30	6.8	8.8	1.90	3.40	167.0	590.0	0.13	0.012
	6	23	6.2	7.9	28.30	29.50	7.7	8.7	2.10	3.90	184.0	614.9	0.13	0.016

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วัน)	บ่อ	Trans. (cm.)	Temp. (°C)		pH		D.O. (mg/l)		Salinity (ppt)	EC. (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nitrite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
60	1	25	6.3	7.8	27.40	28.70	7.1	9.2	1.60	2.41	169.0	310.3	0.17	0.017
	2	23	5.9	7.4	26.80	27.10	7.8	8.7	1.50	2.49	168.7	362.7	0.14	0.020
	3	24	6.4	7.9	26.40	28.60	7.3	9.1	1.50	2.14	175.0	389.0	0.15	0.019
	4	18	6.5	7.7	27.20	28.90	7.1	9.1	1.80	3.40	176.0	530.7	0.16	0.018
	5	22	5.7	7.8	26.80	28.30	8.1	9.0	2.10	2.28	171.0	336.0	0.12	0.015
	6	25	6.2	7.5	27.10	28.90	7.3	8.9	1.50	2.84	168.0	455.0	0.14	0.017
70	1	23	5.9	7.7	26.70	29.10	7.9	8.9	1.50	2.61	174.0	310.6	0.14	0.030
	2	21	6.3	7.4	26.30	28.90	7.9	8.8	1.40	2.50	173.5	375.8	0.16	0.013
	3	19	6.0	7.5	27.10	28.80	7.3	9.2	1.60	2.56	173.0	333.9	0.17	0.015
	4	20	5.8	7.4	26.90	28.40	7.6	9.0	1.90	2.80	172.0	397.0	0.15	0.018
	5	22	6.4	7.6	26.30	28.70	7.8	9.2	1.20	2.45	173.0	443.0	0.13	0.017
	6	23	6.3	7.8	26.10	29.10	7.3	8.9	1.60	3.21	178.0	385.0	0.16	0.020

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วัน)	บ่อ	Trans. (cm.)	Temp. (°C)		pH		D.O. (mg/l)		Salinity (ppt)	EC. (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nitrite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
80	1	22	6.4	7.3	25.70	27.80	7.7	8.8	1.30	2.75	168.0	339.9	0.15	0.017
	2	19	6.1	7.6	26.40	25.80	6.7	8.5	1.40	2.34	169.0	267.8	0.17	0.020
	3	18	5.4	7.9	26.60	28.30	7.3	9.1	1.60	2.55	175.0	442.7	0.13	0.019
	4	19	6.5	8.3	26.30	27.90	6.7	8.7	1.80	3.98	164.0	586.7	0.15	0.021
	5	20	6.2	7.6	25.40	27.70	7.3	9.1	1.40	2.69	169.0	286.7	0.18	0.019
	6	22	5.3	7.8	25.80	27.70	8.1	8.5	1.50	2.80	165.0	430.0	0.17	0.022
90	1	19	5.4	7.9	26.2	28.9	7.5	8.9	1.30	2.7	165.0	289.6	0.15	0.030
	2	18	5.4	7.4	26.1	27.6	6.8	9.3	1.40	2.45	173.0	338.9	0.18	0.019
	3	24	6.6	8.1	26.3	27.8	7.5	8.7	1.30	2.45	161.0	308.2	0.16	0.017
	4	18	5.9	7.5	25.3	28.3	7.4	9.1	1.70	3.51	168.0	543.0	0.17	0.020
	5	22	6.3	8.5	26.4	27.5	7.8	8.9	1.40	2.75	189.0	368.3	0.20	0.024
	6	23	6.1	7.6	26.1	28.1	7.1	9.0	1.50	2.88	155.0	445.3	0.18	0.022

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของคุณสมบัติของน้ำในบ่อกดลอง และบ่อควบคุม

		ค่าเฉลี่ย		t	df	P
		บ่อควบคุม	บ่อกดลองที่มีการกั้นคอก			
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เช้า	6.04±0.436	6.10±0.375	-0.571	58	>0.05
	บ่าย	7.84±0.357	7.69±0.331	1.650	58	>0.05
อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	เช้า	27.58±1.096	27.56±1.323	0.085	58	>0.05
	บ่าย	29.87±1.754	30.04±1.693	-0.382	58	>0.05
พีเอช	เช้า	7.48±0.381	7.46±0.341	0.285	58	>0.05
	บ่าย	8.55±0.413	8.71±0.392	-1.748	58	>0.05
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)		25.16±4.495	24.76±4.149	0.358	58	>0.05
ความเค็ม (พีพีที)		1.53±0.116	1.85±0.258	-1.871	58	<0.05
การนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)		2.77±0.230	3.54±0.559	-1.901	58	<0.05
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)		175.48±11.66	176.53±9.90	-0.376	58	>0.05
ความกระด้างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)		476.73±35.246	562.08±52.603	-1.964	58	>0.05
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)		0.105±0.053	0.120±0.445	-1.138	58	>0.05
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)		0.012±0.008	0.012±0.007	-0.237	58	>0.05

ตารางผนวกที่ 11 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 10 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	1,690	506	0	675	0	675
<i>Anabaenopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Coelosphaerium</i> sp.	4,050	2,700	1,890	5,569	1,350	2,363
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Eudorina</i> sp.	675	135	338	1,350	169	0
<i>Lyngbya</i> sp.	0	0	270	169	0	0
<i>Merismopedia</i> sp.	0	0	1,181	540	149	0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	20,925	24,945	42,525	16,200	13,905	56,970
<i>Oscillatoria</i> sp.	21,816	33,750	64,800	48,600	33,750	32,400
<i>Pandorina</i> sp.	486	0	0	0	270	0
<i>Raphidiopsis</i> sp.	81	108	0	338	0	0
<i>Spirulina</i> sp.	1,350	7,506	6,102	8,875	2,997	3,159
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	0	108	0	0	0	0
<i>Ankistodesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Coelastrum</i> sp.	506	0	0	844	169	0
<i>Cosmarium</i> sp.	169	338	108	0	1,323	81
<i>Crucigenia</i> sp.	54	0	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0	0	0	216	297	0
<i>Euglena</i> sp.	270	243	135	540	0	169
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	0	0	0	486	0
<i>Micractinium quadrisetum</i>	1,202	0	0	324	0	675
<i>Monoraphidium</i> sp.	216	135	0	0	54	0

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	351	0	621	648	270	0
<i>Pediastrum</i> sp.	1,188	2,673	3,051	3,375	1,377	675
<i>Phacus</i> sp.	248	81	162	162	108	0
<i>Scenedesmus</i> sp.	324	648	1,188	1,053	0	891
<i>Staurostrum</i> sp.	0	0	0	0	0	81
<i>Tetraodon</i> sp.	351	81	338	216	54	27
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	243	540	135	612	0	297
<i>Climacosphenia moniligera</i>	27	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	81	0
<i>Cyclotella</i> sp.	1,202	324	2,106	1,350	351	1,647
<i>Entomoneis</i> sp.	0	27	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	216	0	0	54	0	0
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	135	81	0
Pennate diatom	162	54	108	324	27	27
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	0	0	0	81	0	0
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	297	1,728	27	135	540	0
<i>B. caudatus</i>	243	675	0	486	14	81
<i>B. forficula</i>	0	0	0	0	216	0

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collothea</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia</i> sp.	540	81	27	315	189	297
<i>Hexarthra</i> sp.	0	0	0	0	0	216
<i>Keratella</i> sp.	1,188	0	0	243	27	270
<i>Polyarthra</i> sp.	27	1,202	0	621	0	315
<i>Synchaeta</i> sp.	0	0	0	0	81	0
<i>Trichocerca</i> sp	189	0	0	243	27	0
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	2,538	0	0	338	1,323	0
Copepod nauplius	0	54	0	540	0	81
รวม (หน่วยต่อลิตร)	63668	78811	125382	96926	59854	101735
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	89287			86171.66667		

ตารางผนวกที่ 12 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 20 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	1,202	108	675	270	1,188	621
<i>Anabaenopsis</i> sp.	108	297	0	54	243	169
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	891	648	27	338
<i>Coelosphaerium</i> sp.	6,696	1,188	2,538	8,875	1,350	1,053
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	189	0	169	675	81	27
<i>Eudorina</i> sp.	81	0	297	0	216	54
<i>Lyngbya</i> sp.	243	81	0	0	270	189
<i>Merismopedia</i> sp.	1,647	3,038	2,538	1,647	6,480	1,202
<i>Microcystis aeruginosa</i>	20,925	24,945	42,525	13,500	33,750	56,970
<i>Oscillatoria</i> sp.	54,000	35,944	29,700	44,719	25,380	30,510
<i>Pandorina</i> sp.	0	1,323	297	891	675	216
<i>Raphidiopsis</i> sp.	0	324	169	81	270	54
<i>Spirulina</i> sp.	6,750	29,700	12,002	3,038	13,230	17,280
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	0	486	169	81	270	54
<i>Ankistodesmus</i> sp.	324	81	0	108	0	216
<i>Coelastrum</i> sp.	540	14	0	338	0	27
<i>Cosmarium</i> sp.	0	189	0	27	0	0
<i>Crucigenia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0	0	0	169	0	0
<i>Euglena</i> sp.	1,323	891	0	1,188	315	0
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Micractinium quadrisetum</i>	81	0	0	27	0	0
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	2,538	216	324	1,728	1,890	675
<i>Pediastrum</i> sp.	1,647	1,350	2,160	1,647	3,173	540
<i>Phacus</i> sp.	81	3,038	891	1,188	2,160	675
<i>Scenedesmus</i> sp.	3,240	1,053	270	3,078	1,323	540
<i>Staurostrum</i> sp.	0	81	0	270	54	0
<i>Tetraodon</i> sp.	0	351	0	0	0	540
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	0	297	135	270	54	189
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	108	0	27	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	648	0	0	0	891	338
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1,053	14	0	81	0	270
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	297	0	243	0	0
Pennate diatom	0	108	0	0	189	0
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	162
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	351	0	270	648	0	0
<i>B. caudatus</i>	338	0	27	0	675	169
<i>B. forficula</i>	54	14	0	169	0	243

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	0	0	0	0	0	108
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia</i> sp.	0	648	0	0	540	0
<i>Hexarthra</i> sp.	0	0	0	27	0	0
<i>Keratella</i> sp.	2,106	243	0	1,647	169	486
<i>Polyarthra</i> sp.	338	297	0	0	162	0
<i>Synchaeta</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Trichocerca</i> sp	189	81	54	540	338	27
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	0	243	27	1,250	540	81
Copepod nauplius	189	135	27	0	0	338
รวม (หน่วยต่อลิตร)	106881	107183	96155	89149	95903	114361
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	103406.3333			99804.33333		

ตารางผนวกที่ 13 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 30 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	108	1,188	0	338	0	0
<i>Anabaenopsis</i> sp.	0	0	0	0	270	0
<i>Chroococcus</i> sp.	216	621	0	315	0	81
<i>Coelosphaerium</i> sp.	3,078	540	1,188	1,404	2,673	2,889
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	338	54	0	0	0	81
<i>Eudorina</i> sp.	891	1,323	54	108	0	1,890
<i>Lyngbya</i> sp.	0	0	0	108	0	0
<i>Merismopedia</i> sp.	10,530	4,860	3,051	16,470	7,452	2,430
<i>Microcystis aeruginosa</i>	30,780	81,000	18,900	67,500	52,650	74,520
<i>Oscillatoria</i> sp.	78,300	66,960	33,750	54,000	35,100	118,888
<i>Pandorina</i> sp.	8,100	1,728	14,040	1,728	0	338
<i>Raphidiopsis</i> sp.	0	0	0	0	351	0
<i>Spirulina</i> sp.	8,100	32,400	12,051	26,730	30,380	12,002
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	54	0	0	0	108	338
<i>Ankistodesmus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Coelastrum</i> sp.	0	0	27	0	189	54
<i>Cosmarium</i> sp.	0	810	27	0	0	338
<i>Crucigenia</i> sp.	351	270	14	14	0	216
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	14	0	0	0	338	0
<i>Euglena</i> sp.	486	1,188	54	675	216	3,038
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	0	14	243	0	27
<i>Micractinium quadrisetum</i>	0	162	0	189	0	0
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	0	0	14	0

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	3,051	0	1,188	2,538	1,053	2,673
<i>Pediastrum</i> sp.	612	1,890	270	1,202	675	324
<i>Phacus</i> sp.	216	891	1,377	54	1,350	1,296
<i>Scenedesmus</i> sp.	2,106	1,053	6,156	1,647	2,430	270
<i>Staurostrum</i> sp.	3,375	2,538	1,188	0	810	54
<i>Tetraodon</i> sp.	27	1,296	216	189	0	297
<i>Trachelomonas</i> sp.	270	0	0	54	0	0
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	189	486	351	162	81	0
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0	54	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	338	270	108	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	1,728	338	0	351	81
<i>Entomoneis</i> sp.	27	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	810	0	54	0
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	540	1,188	338	0	27
Pennate diatom	0	0	621	54	0	108
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	1,647	675	0	0	0	0
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	540	338	0	54	108	27
<i>B. caudatus</i>	351	323	297	0	108	216
<i>B. forficula</i>	0	27	108	0	338	0

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	0	0	0	14	0	0
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia</i> sp.	2,106	1,053	540	1,188	486	27
<i>Hexarthra</i> sp.	189	450	0	0	0	108
<i>Keratella</i> sp.	3,038	0	1,053	0	27	338
<i>Polyarthra</i> sp.	450	216	27	0	0	14
<i>Synchaeta</i> sp.	0	0	0	0	14	0
<i>Trichocerca</i> sp	2,673	3,078	1,053	891	338	14
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	0	243	27	1,250	540	81
Copepod nauplius	189	135	27	0	0	338
รวม (หน่วยต่อลิตร)	162402	210456	100275	179565	138504	223423
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	157711			180497.3333		

ตารางผนวกที่ 14 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 40 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	2,538	16,470	891	14,040	3,375	5,265
<i>Anabaenopsis</i> sp.	2,106	3,078	13,770	6,696	7,452	11,880
<i>Chroococcus</i> sp.	7,452	3,173	891	33,750	6,480	1,188
<i>Coelosphaerium</i> sp.	7,155	48,600	91,800	80,379	78,300	4,590
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	2,106	621	351	891	338	1,296
<i>Eudorina</i> sp.	8,875	1,350	12,002	1,323	16,983	3,173
<i>Lyngbya</i> sp.	2,106	2,538	27	0	1,188	54
<i>Merismopedia</i> sp.	78,300	12,960	3,078	88,750	2,889	16,983
<i>Microcystis aeruginosa</i>	4,590	16,470	7,452	67,086	25,380	115,641
<i>Oscillatoria</i> sp.	31,901	50,450	37,301	16,484	34,506	46,656
<i>Pandorina</i> sp.	891	3,038	1,404	1,350	3,173	1,728
<i>Raphidiopsis</i> sp.	3,051	16,605	27	2,889	1,202	891
<i>Spirulina</i> sp.	8,875	48,600	21,033	78,300	10,530	9,810
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	5,265	6,156	27	338	3,375	1,350
<i>Ankistodesmus</i> sp.	0	0	0	891	0	0
<i>Coelastrum</i> sp.	13,500	540	621	1,296	3,078	648
<i>Cosmarium</i> sp.	0	0	0	0	8,875	0
<i>Crucigenia</i> sp.	351	2,889	2,673	338	1,323	135
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	540	13,500	891	6,480	1,188	1,647
<i>Euglena</i> sp.	16,083	6,480	8,875	4,698	6,696	2,673
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	2,106	0	0	1,188	243
<i>Micractinium quadrisetum</i>	338	1,202	54	135	2,889	1,404
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	5,265	2,106	297	6,156	1,728	891
<i>Pediastrum</i> sp.	338	12,002	540	3,173	7,352	1,296
<i>Phacus</i> sp.	3,078	324	1,188	1,053	2,538	891
<i>Scenedesmus</i> sp.	1,377	891	135	1,647	3,173	648
<i>Staurostrum</i> sp.	0	0	189	675	216	0
<i>Tetraodon</i> sp.	2,106	0	54	0	1,404	270
<i>Trachelomonas</i> sp.	891	0	0	338	0	2,673
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	1,202	3375	540	1,728	0	1,323
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0	540	0	0	135	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	3,051	2,538	31,730	4,590	1,188	675
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	135	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	3,038	12,015	7,830	2,889	21,033	1,053
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	81	0	270	0	189	135
Pennate diatom	2,538	891	0	0	3,240	297
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	13,500	338	81	3,375	12,002	2,889
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	891	1,188	1,350	2,673	1,202	338
<i>B. caudatus</i>	338	2,106	648	3,173	675	1,202
<i>B. forficula</i>	1,377	486	1,296	2,538	1,350	621

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	0	0	0	135	0	0
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	81
<i>Filinia</i> sp.	3,375	13,230	135	12,960	8,100	2,889
<i>Hexarthra</i> sp.	0	270	3,240	1,202	338	135
<i>Keratella</i> sp.	1,647	135	891	12,960	338	3,038
<i>Polyarthra</i> sp.	1,188	297	54	338	0	270
<i>Synchaeta</i> sp.	0	0	0	0	0	135
<i>Trichocerca</i> sp	1,728	1,377	81	540	1,296	621
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	135	7,452	1,296	1,647	1,035	540
Copepod nauplius	3,078	6,156	4,590	1,323	648	2,538
รวม (หน่วยต่อลิตร)	246244.5	324542.5	259602.5	471226.5	289723	252704
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)		276796.5			337884.5	

ตารางผนวกที่ 15 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 50 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	4,590	2,106	3,175	3,078	6,696	1,323
<i>Anabaenopsis</i> sp.	338	1,404	675	540	135	27
<i>Chroococcus</i> sp.	2,889	7,830	135	6,480	1,188	338
<i>Coelosphaerium</i> sp.	3,078	46,980	26,730	16,983	33,831	21,033
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	1,053	810	0	108	1,188	891
<i>Eudorina</i> sp.	1,296	27	189	135	14	338
<i>Lyngbya</i> sp.	0	540	0	338	0	0
<i>Merismopedia</i> sp.	21,033	13,230	21,033	33,750	26,730	16,983
<i>Microcystis aeruginosa</i>	6,696	81,000	78,300	91,800	25,380	33,750
<i>Oscillatoria</i> sp.	80,379	101,331	16,605	96,930	120,020	28,890
<i>Pandorina</i> sp.	0	2,889	270	2,106	891	540
<i>Raphidiopsis</i> sp.	338	33,831	4,590	7,830	26,730	13,770
<i>Spirulina</i> sp.	16,470	30,380	1,350	31,730	11,880	2,106
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	1,202	891	162	189	1,188	338
<i>Ankistodesmus</i> sp.	27	0	0	243	621	0
<i>Coelastrum</i> sp.	3,173	1,404	1,296	297	2,673	81
<i>Cosmarium</i> sp.	1,728	27	0	338	0	540
<i>Crucigenia</i> sp.	2,538	1,202	270	0	891	14
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	7,492	3,078	338	16,983	243	1,404
<i>Euglena</i> sp.	33,831	7,830	6156	21,033	1,377	16,983
<i>Kirchneriella lunaris</i>	648	14	0	189	14	0
<i>Micractinium quadrisetum</i>	0	0	0	0	0	675
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	54	0	338	0

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	6,156	1,296	3,038	3,375	2,538	338
<i>Pediastrum</i> sp.	891	2,106	3,375	6,696	3,078	1,188
<i>Phacus</i> sp.	1,350	351	1,296	189	270	1,647
<i>Scenedesmus</i> sp.	1,728	270	14	540	891	1,647
<i>Staurastrum</i> sp.	135	0	0	338	0	27
<i>Tetraodon</i> sp.	0	0	0	675	27	338
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	338	0	0	0	0
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	2,673	81	1728	1,296	891	1,323
<i>Climacosphenia moniligera</i>	486	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	338	0	270	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	3,137	189	540	1,188	2,106	648
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	2,889	135	338	3,173	891	1,202
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	2,673	621	1,377	1,296	3,173	675
Pennate diatom	0	0	338	189	338	0
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	2,538	891	648	1,188	2,673	14
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	675	2,673	81	1,350	891	1,202
<i>B. caudatus</i>	27	1,647	243	621	1,188	338
<i>B. forficula</i>	1,377	891	0	0	2,106	0

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collothea</i> sp.	0	0	0	0	0	675
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia</i> sp.	338	189	2,538	7,452	1,202	297
<i>Hexarthra</i> sp.	338	0	0	486	54	0
<i>Keratella</i> sp.	891	0	2,889	1,188	684	338
<i>Polyarthra</i> sp.	21,033	7,155	6,696	540	1,053	1,296
<i>Synchaeta</i> sp.	0	2,538	0	338	0	0
<i>Trichocerca</i> sp	891	135	1,202	2,889	1,647	1,053
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	648	3,078	1,728	1,404	338	2,538
Copepod nauplius	2,106	338	0	1,728	891	1,323
รวม (หน่วยต่อลิตร)	241779	362064	189397	369489	288958	158131
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	264413.3333			272192.6667		

ตารางผนวกที่ 16 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 60 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	0	324	2,106	540	1,350	270
<i>Anabaenopsis</i> sp.	189	1,647	338	1,404	648	81
<i>Chroococcus</i> sp.	16,605	7,452	12,002	25,380	11,880	1,323
<i>Coelosphaerium</i> sp.	52,650	2,016	891	13,770	28,890	33,831
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	1,296	648	1,202	0	135	540
<i>Eudorina</i> sp.	297	21,033	81	2,538	3,375	16,983
<i>Lyngbya</i> sp.	8,875	338	621	3,173	297	3,038
<i>Merismopedia</i> sp.	1,728	6,156	2,173	4,590	1,323	891
<i>Microcystis aeruginosa</i>	4,698	16,605	7,155	3,375	18,900	21,033
<i>Oscillatoria</i> sp.	16,470	7,155	52,650	29,700	62,100	33,831
<i>Pandorina</i> sp.	338	8,875	2,538	6,696	891	3,078
<i>Raphidiopsis</i> sp.	2,889	14,040	342	2,673	540	12,051
<i>Spirulina</i> sp.	6,480	33,750	16,983	33,831	13,770	7,452
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	2,538	648	891	0	2,673	297
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	135	6,156	0	1,188	675	27
<i>Coelastrum</i> sp.	0	0	270	338	0	216
<i>Cosmarium</i> sp.	0	0	0	2,106	81	338
<i>Crucigenia</i> sp.	486	1,647	2,673	621	1,296	1,202
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0	0	0	270	0	0
<i>Euglena</i> sp.	7,155	6,480	1,188	8,100	4,590	891
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	0	0	338	81	0
<i>Micractinium quadrisetum</i>	0	3,038	0	2,106	675	621
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	540	0	0	0

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	21,033	0	0	16,470	0	135
<i>Pediastrum</i> sp.	8,875	1,296	324	7,155	2,889	486
<i>Phacus</i> sp.	3,078	351	1,404	2,673	1,202	540
<i>Scenedesmus</i> sp.	1,728	486	338	3,375	891	2,106
<i>Staurostrum</i> sp.	0	540	0	0	0	1,323
<i>Tetraodon</i> sp.	3,038	0	189	81	0	4,590
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	2,538	270	81	3,375	1,350	891
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	1,323	0	270	189	1,674	648
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	7,452	540	3,173	891	1,202
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Pennate diatom	270	4,590	338	1,188	3,173	2,160
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	338	25,380	540	28,890	1,890	12,960
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	3,375	1,647	16,983	6,480	8,875	189
<i>B. caudatus</i>	297	621	0	7,155	338	0
<i>B. forficula</i>	342	12,015	1,350	1,202	3,051	1,377

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	162	0	891	0	0	0
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia</i> sp.	2,673	16,983	540	7,830	2,538	338
<i>Hexarthra</i> sp.	648	0	12,051	3,051	3,173	270
<i>Keratella</i> sp.	33,750	4,590	6,696	3,078	13,770	338
<i>Polyarthra</i> sp.	21,033	3,078	621	6,156	891	1,728
<i>Synchaeta</i> sp.	0	1,350	0	0	0	0
<i>Trichocerca</i> sp	891	25,380	1,053	8,875	486	0
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	3,173	12,015	810	16,983	2,106	162
Copepod nauplius	7,452	3,078	3,173	0	2,889	1,890
รวม (หน่วยต่อลิตร)	238846	259130	152836	270116	206247	171327
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	216937.3333			215896.6667		

ตารางผนวกที่ 17 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 70 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	1,188	2,889	216	1,296	675	338
<i>Anabaenopsis</i> sp.	0	1,350	0	540	891	0
<i>Chroococcus</i> sp.	14	2,673	189	2,106	1,323	684
<i>Coelosphaerium</i> sp.	6,696	1,674	7,155	7,830	16,605	3,173
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	891	1,350	810	338	1,647	675
<i>Eudorina</i> sp.	486	2,106	81	1,202	189	0
<i>Lyngbya</i> sp.	0	0	0	0	0	14
<i>Merismopedia</i> sp.	12,015	3,051	7,155	52,650	2,673	4,590
<i>Microcystis aeruginosa</i>	8,100	88,750	7,830	45,900	33,750	28,890
<i>Oscillatoria</i> sp.	10,530	80,379	108,108	102,411	80,379	16,470
<i>Pandorina</i> sp.	14	270	1,647	1,350	338	189
<i>Raphidiopsis</i> sp.	891	1,404	12,015	2,430	16,605	338
<i>Spirulina</i> sp.	64,800	12,020	3,038	66,156	71,550	16,605
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	1,053	1,323	0	0	338	0
<i>Ankistodesmus</i> sp.	0	0	270	1,296	0	891
<i>Coelastrum</i> sp.	675	540	1,188	1,647	1,053	297
<i>Cosmarium</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Crucigenia</i> sp.	3,078	4,590	0	7,452	891	0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	2,673	891	486	1,377	1,188	540
<i>Euglena</i> sp.	2,889	1,202	675	1,350	2,106	351
<i>Kirchneriella lunaris</i>	324	0	0	0	54	0
<i>Micractinium quadrisetum</i>	0	0	675	0	0	14
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	27	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	2,889	3,038	1,377	5,265	1,404	3,375
<i>Pediastrum</i> sp.	2,106	1,323	675	7,452	1,188	338
<i>Phacus</i> sp.	2,538	648	1,377	14	189	1,202
<i>Scenedesmus</i> sp.	3,375	891	4,590	1,188	2,673	1,350
<i>Staurostrum</i> sp.	1,296	2,106	135	675	27	338
<i>Tetraodon</i> sp.	0	891	0	1,202	338	0
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	297	27	338	891	14	1,350
<i>Climacosphenia moniligera</i>	0	54	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	338	486	216	540	1,647	338
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	891	6,480	540	338	3,375	1,296
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	297	540	1,647	1,404	891	135
Pennate diatom	891	1,188	0	0	338	0
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	0	135	27	0	0	0
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	1,647	162	270	189	14	0
<i>B. caudatus</i>	1,296	1,728	338	338	675	324
<i>B. forficula</i>	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia</i> sp.	4,590	621	1,377	2,106	338	1,202
<i>Hexarthra</i> sp.	0	338	189	0	0	0
<i>Keratella</i> sp.	5,265	27	0	135	0	0
<i>Polyarthra</i> sp.	16,605	14	0	1,188	14	338
<i>Synchaeta</i> sp.	0	0	338	0	0	0
<i>Trichocerca</i> sp	7,452	2,106	540	1,350	270	81
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	648	1,296	135	189	14	81
Copepod nauplius	270	2,106	0	189	27	0
รวม (หน่วยต่อลิตร)	169008	232694	165647	321984	245691	85807
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	189116.3333			217827.3333		

ตารางผนวกที่ 18 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 80 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	1,188	338	13,770	4,590	1,296	8,910
<i>Anabaenopsis</i> sp.	2,106	338	648	324	1,323	8,875
<i>Chroococcus</i> sp.	1,202	216	16,983	21,033	675	297
<i>Coelosphaerium</i> sp.	16,605	3,173	33,831	7,155	52,650	26,730
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Eudorina</i> sp.	12,015	7,452	338	3,078	2,538	6,696
<i>Lyngbya</i> sp.	338	1,053	891	3,173	3,073	189
<i>Merismopedia</i> sp.	4,590	33,831	2,538	16,470	2,889	6,696
<i>Microcystis aeruginosa</i>	26,730	5,400	45,900	33,750	25,380	16,470
<i>Oscillatoria</i> sp.	13,770	16,605	26,730	33,831	17,280	21,060
<i>Pandorina</i> sp.	675	2,160	648	1,404	135	0
<i>Raphidiopsis</i> sp.	1,323	4,590	338	7,452	2,889	621
<i>Spirulina</i> sp.	8,910	1,890	33,831	30,780	1,377	7,155
Division Chlorophyta						
<i>Actinastrum</i> sp.	648	8,875	27	1,296	189	1,323
<i>Ankistodesmus</i> sp.	0	0	0	0	338	0
<i>Coelastrum</i> sp.	1,404	1,202	540	3,173	2,106	338
<i>Cosmarium</i> sp.	0	0	1,350	0	189	540
<i>Crucigenia</i> sp.	0	1,188	891	0	621	324
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	2,538	0	27	1,296	675	0
<i>Euglena</i> sp.	338	17,280	540	3,078	6,156	0
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	0	2,673	162	1,350	81
<i>Micractinium quadrisetum</i>	1,188	297	351	6,696	810	1,323
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 18 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	16,470	3,078	1,053	33,750	7,452	3,051
<i>Pediastrum</i> sp.	2,106	1,728	6,156	3,173	338	810
<i>Phacus</i> sp.	16,605	2,970	3,078	12,960	2,673	18,900
<i>Scenedesmus</i> sp.	1,202	8,875	6,696	16,983	2,538	13,770
<i>Staurostrum</i> sp.	0	0	0	338	0	0
<i>Tetraodon</i> sp.	0	1,404	3,051	540	338	270
<i>Trachelomonas</i> sp.	81	270	2,889	648	2,106	1,728
Division Chromophyta						
<i>Campylodiscus</i> sp.	8,875	3,173	1,188	675	1,350	12,051
<i>Climacosphenia moniligera</i>	270	54	0	338	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	3,375	135	0	1,323
<i>Cyclotella</i> sp.	21,060	338	135	1,188	2,673	0
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	81	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	12,002	3,375	270	3,078	7,452	8,875
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	540
<i>Nitzschia</i> sp.	1,296	0	0	1,647	0	3078
Pennate diatom	0	2,673	891	2,289	2,430	1,377
Phylum Protozoa						
<i>Tintinopsis</i> sp.	3,038	21,033	1404	26,730	8,875	1,728
Phylum Rotifera						
<i>Brachionus calyciflorus</i>	338	4,590	3,375	6,696	3,173	1,188
<i>B. caudatus</i>	4,860	1,728	135	1,404	891	621
<i>B. forficula</i>	6,750	3,078	1,296	6,696	1,202	2,106

ตารางผนวกที่ 18 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	621	351	0	891	0	0
<i>Colurella</i> sp.	0	0	0	0	270	0
<i>Filinia</i> sp.	3,137	16,470	6,156	16,983	3,038	1,188
<i>Hexarthra</i> sp.	2,106	1,728	1,188	4,590	2,538	1,053
<i>Keratella</i> sp.	21,033	338	621	2,889	16,983	6,996
<i>Polyarthra</i> sp.	2,970	2,889	13,230	2,673	12,002	1,647
<i>Synchaeta</i> sp.	0	0	540	338	0	0
<i>Trichocerca</i> sp	135	3,375	12,051	7,452	6,156	270
Phylum Arthropoda						
Calanoid copepod	2,538	7,155	891	21,033	6,210	891
Copepod nauplius	675	297	3,075	2,673	6,156	2,700
รวม (หน่วยต่อลิตร)	223736	196858	255589	357612	220783	193789
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)	225394.3333			257394.6667		

ตารางผนวกที่ 19 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในวันที่ 90 ของบ่อควบคุมและบ่อทดลอง

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
Division Cyanophyta						
<i>Anabaena</i> sp.	257	446	311	27	68	743
<i>Anabaenopsis</i> sp.	905	1,701	2,093	1,337	1,701	743
<i>Chroococcus</i> sp.	1,175	1,512	432	1,944	1,661	905
<i>Coelosphaerium</i> sp.	2,525	1,661	1,796	2,403	3,092	1,526
<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	1,944	1,323	311	10,382	311	500
<i>Eudorina</i> sp.	3,011	7,655	1,661	6,008	1,674	7,479
<i>Lyngbya</i> sp.	459	1,512	621	0	189	594
<i>Merismopedia</i> sp.	7,074	3,173	4,496	3,065	7,479	4,631
<i>Microcystis aeruginosa</i>	15,174	21,155	16,200	20,115	13,473	13,365
<i>Oscillatoria</i> sp.	90,275	74,682	47,547	32,387	65,975	79,515
<i>Pandorina</i> sp.	5,981	3,119	7,439	7,614	4,482	1,526
<i>Raphidiopsis</i> sp.	1,661	7,668	10,328	4,334	7,493	6,602
<i>Spirulina</i> sp.	33,116	16,538	24,125	18,009	20,547	18,252
	0	0	0	0	0	0
Division Chlorophyta						
	0	0	0	0	0	0
<i>Actinastrum</i> sp.	1,512	1,161	594	2,093	1,053	486
<i>Ankistodesmus</i> sp.	459	743	1,661	0	162	567
<i>Coelastrum</i> sp.	4,469	1,661	338	594	162	311
<i>Cosmarium</i> sp.	41	68	1,499	14	0	311
<i>Crucigenia</i> sp.	743	486	1,175	311	594	162
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	3,011	729	1,512	2,984	2,241	432
<i>Euglena</i> sp.	5,832	1,175	1,809	1,958	5,832	5,954
<i>Kirchneriella lunaris</i>	311	918	1,526	162	27	54
<i>Micractinium quadrisetum</i>	1,175	149	338	446	878	1,526
<i>Monoraphidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 19 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Oocystis</i> sp.	1,310	203	5,954	2,079	3,294	189
<i>Pediastrum</i> sp.	635	2,673	1,553	1,782	1,418	2,984
<i>Phacus</i> sp.	864	3,051	351	1,796	2,984	581
<i>Scenedesmus</i> sp.	5,400	432	851	4,482	378	1,188
<i>Staurastrum</i> sp.	243	3,888	14	162	54	3,011
<i>Tetraodon</i> sp.	716	3,065	500	743	2,093	473
<i>Trachelomonas</i> sp.	351	446	216	14	0	41
	0	0	0	0	0	0
Division Chromophyta	0	0	0	0	0	0
<i>Campylodiscus</i> sp.	257	5,967	419	756	5,981	392
<i>Climacosphenia moniligera</i>	743	3,038	473	1,958	4,482	203
<i>Coscinodiscus</i> sp.	108	162	54	203	27	203
<i>Cyclotella</i> sp.	7,925	6,494	5,981	7,439	4,469	7,533
<i>Entomoneis</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma</i> sp.	1,512	284	41	189	743	837
<i>Merosira</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	3,416	837	446	2,093	473	891
Pennate diatom	2,552	284	297	2,241	743	621
	0	0	0	0	0	0
Phylum Protozoa	0	0	0	0	0	0
<i>Tintinopsis</i> sp.	7,128	8,532	6,021	4,469	7,493	3,699
	0	0	0	0	0	0
Phylum Rotifera	0	0	0	0	0	0
<i>Brachionus calyciflorus</i>	986	567	8,951	2,120	351	8,964
<i>B. caudatus</i>	1,053	446	608	338	81	864
<i>B. forficula</i>	257	81	149	41	756	108

ตารางผนวกที่ 19 (ต่อ)

ชนิด	บ่อควบคุม			บ่อทดลอง		
	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3
<i>Collotheca</i> sp.	0	0	0	14	0	594
<i>Colurella</i> sp.	986	27	14	743	702	446
<i>Filinia</i> sp.	1,499	2,255	297	2,241	594	743
<i>Hexarthra</i> sp.	95	446	432	162	743	149
<i>Keratella</i> sp.	27	68	81	729	311	581
<i>Polyarthra</i> sp.	54	770	432	1,188	851	1,026
<i>Synchaeta</i> sp.	0	68	230	54	297	689
<i>Trichocerca</i> sp	432	743	162	608	1,202	1,350
	0	0	0	0	0	0
Phylum Arthropoda	0	0	0	0	0	0
Calanoid copepod	7,803	162	4,469	1,566	17,982	3,159
Copepod nauplius	878	284	5,981	2,525	25,380	5,981
รวม (หน่วยต่อลิตร)	228325.5	194494.5	172773	158908.5	222966	193671
ค่าเฉลี่ย (หน่วยต่อลิตร)		198531			191848.5	