ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง | ชีววิทยาประมง

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ: เลี้ยงเดี่ยวและเลี้ยงผสมกับปลานิล

Suitability Studies of Low Salinity Waters for Rearing of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Monoculture and Polyculture with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

นามผู้วิจัย นางสาวแก้วตา ลิ้มเฮง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ: เลี้ยงเดี่ยวและเลี้ยงผสมกับปลานิล

Suitability Studies of Low Salinity Waters for Rearing of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Monoculture and Polyculture with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

โดย

นางสาวแก้วตา ลิ้มเฮง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แก้วตา ลิ้มเฮง 2553: การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ: เลี้ยงเดี่ยวและเลี้ยงผสมกับปลานิล ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 209 หน้า

การศึกษาเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยน้ำความเค็มต่ำ มีการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและฟาร์มเลี้ยง ประเมินผลการเพิ่มความเค็มของน้ำต่ออัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต ผลผลิตและความคุ้มทุน ในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบการเลี้ยงลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 (พี 8 และ พี 10) ในน้ำความเค็ม 1 และ 3 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) ด้วยความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 60, 90, และ 120 ตัว/ตร.ม. กลุ่มละ 3 ซ้ำ เลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร เป็นเวลานาน 62 วัน ผลการเลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งพี 8 และพี 10 ด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นที่เท่ากัน จากการวิเคราะห์ปริมาณไอออนที่สำคัญ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ประมาณ 2 เท่า ส่วนการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา จำนวน 6 บ่อ บ่อขนาด 2 ไร่ ปล่อยลูกกุ้งระยะพี 12 อัตราความหนาแน่น 38 ตัว/ตร.ม. เครื่องให้อากาศเพียงพอโดยกลุ่มทดลองจำนวน 3 บ่อ ที่มีการเติมน้ำความเค็มสูงจากนากเกลือ เพื่อควบคุมความเค็มของน้ำตลอดเวลาการเลี้ยงระหว่าง 1-3 พีพีที และกลุ่มควบคุมอีก 3 บ่อ ที่เติมน้ำเค็มเฉพาะก่อนปล่อยลูกกุ้งเท่านั้น หลังจากเลี้ยงนาน 120 วัน กลุ่มทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับการทดลองในฟาร์มเลี้ยงกุ้งที่มีเครื่องให้อากาศน้อยและบ่อมีขนาด 1.5 ไร่ ซึ่งกลุ่มทดลองที่นำน้ำความเค็มสูงจากนากเกลือมาเติมเพื่อเพิ่มความเค็มของน้ำ 2.4-3.0 พีพีที ก่อนปล่อยลูกกุ้งและกลุ่มควบคุมซึ่งสูบน้ำจากคลองย่อยของแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็ม 1.4-2.0 พีพีที ปล่อยลูกกุ้งอัตราความหนาแน่น 25 ตัว/ตร.ม. ผลการเลี้ยงนาน 121 วัน ซึ่งกลุ่มทดลองมีอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนการเลี้ยงกุ้งขาวร่วมกับปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.) โดยการเติมและไม่เติมน้ำเค็ม บ่อมีขนาด 3.5 ไร่ ส่วนกลุ่มทดลองมีการนำน้ำความเค็มสูงจากนากเกลือมาเติมให้ได้ความเค็มอยู่ระหว่าง 2-4 พีพีที จำนวน 3 บ่อ โดยกลุ่มควบคุมสูบน้ำจากคลองชลประทานที่มีความเค็มประมาณ 0.5-1.2 พีพีที จำนวน 3 บ่อ ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมอัตราความหนาแน่น 9 ตัว/ตร.ม. หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ปล่อยลูกปลานิลเพศผู้ 1 ตัว/ตร.ม. ทยอยจับกุ้งในช่วงวันที่ 80 และ 120 และปล่อยลูกกุ้งเสริมในอัตรา 3 ตัว/ตร.ม. เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงกลุ่มทดลองมีผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการรอดตายที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลผลิตของปลานิลมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่มทดลอง เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในน้ำกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม มีการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนและสัตว์หน้าดินรวมถึงการเปรียบเทียบ ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงทั้ง 2 กลุ่มด้วย จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบเลี้ยงเดี่ยวและเลี้ยงแบบผสมผสานกับปลานิลด้วยน้ำความเค็มต่ำ ควรควบคุมความเค็มของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไม่ให้ลดต่ำลงมาก ถ้าเลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ใช้กุ้งระยะพี 8 และ พี 10 อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการปล่อยลูกกุ้งไม่ควรมากกว่า 60 ตัว/ตร.ม. ส่วนความเค็ม 3 พีพีที การปล่อยลูกกุ้งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 60-90 ตัว/ตร.ม.

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kaewta Limhang 2010: Suitability Studies of Low Salinity Waters for Rearing of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Monoculture and Polyculture with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Doctor of Philosophy (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 209 pages.

Several studies were carried out in both laboratory setting and on farms to determine the suitable methods of rearing Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under low salinity waters. Effects of increasing water salinity on survival, growth, production, cost and profit from treatment ponds in which brine water was added to increase salinity were compared with the control ponds without adding brine water. In laboratory experiment, 62- day feeding trial was conducted by using postlarvar (PL) 8 and 10 rearing in low salinity water of 1 and 3 part per thousand (ppt) with three different stocking (60, 90 and 120 PL/m^2), three replicate tanks per treatment in a 500-L fiberglass tank. Shrimp raised in 3 ppt groups had survival and growth rate significantly higher than those of 1 ppt groups (P<0.05) for stocking at the same density and PL ages. The major ions at 3 ppt were significantly higher than those in 1 ppt groups (P<0.05) about twofold. In intensive shrimp farm, PL_{12} were stocked at the density of 38 PL/m^2 into six earthen ponds (3,200 m^2) equipped with adequate aerators. Brine water was added into three treatment ponds throughout the 120 days of culture period to maintain salinity between 1-3 ppt while in three control ponds brine water was added before stocking of PL_{12} only. Results showed that treatment groups had survival rate 85.4% significantly higher than that of control groups 77.1% (P<0.05) which related to higher major ions in pond water throughout 120-day culture period. Similar results were obtained from shrimp farms that using low salinity water 1.4-2.0 ppt from Tha chin river as the control compared to the treatment group that adding brine water to give the salinity of 2.4-3.0 ppt in the grow-out ponds (2,400 m^2) with the stocking density of 25 PL/m^2 but installed one aerator for supplying two ponds. After 120 days shrimp were harvested, the treatment group had higher survival, growth, production and profit than control group. Polyculture of *L. vannamei* with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) in low salinity water was also studied. Water was pumped from irrigation canal into three control ponds with an average area of 5,600 m^2, and the salinity ranged from 0.5-1.2 ppt. For the three treatment ponds, brine water was added to obtain salinity between 2-4 ppt. PL_{12} were stocked into each pond at the density of 9 PL/m^2 and one week later Nile tilapia were stocked into the same pond at the density of 1 fish/ m^2. After 80 and 120 days of culture, *L. vannamei* were partially harvested and PL_{12} were stocked into the ponds at the density of 3 PL/ m^2 and raised until final harvested at day 196. The results showed that the shrimp production, average weight, survival rate and major ions in treatment ponds were significantly higher than the control ponds (P<0.05) but fish production from both groups was not significantly different. Treatment ponds had higher profits than the control ponds even though the production cost was higher. Moreover, species composition and abundance of plankton and benthos, from control and treatment groups during the culture period were also studied. In conclusion, this study indicated that monoculture of *L. vannamei* and polyculture of *L. vannamei* with *Oreochromis niloticus* under low salinity conditions shrimp farmers should maintain salinity levels throughout the culture period in order to achieve good survival and growth of *L. vannamei*. If the ionic profiles of the water were similar to sea water at the same salinity, PL_8-PL_{10} should be stocked at the density not more than 60 PL/ m^2 for rearing in 1 ppt salinity water, and between 60-90 PL/ m^2 at salinity 3 ppt.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลิ้มสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด และ รองศาสตราจารย์ ดร.วราห์ เทพาหุดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณศรีรัตน์ ทะประสพ เจ้าของฟาร์มเลี้ยงกุ้งร่วมกับปลานิล จังหวัดสมุทรปราการ คุณชัยวัฒน์ และคุณนิรมล เทียนทองคำ เจ้าของฟาร์มเลี้ยงกุ้ง จังหวัดปทุมธานี คุณสำรอง เจ้าของฟาร์มเลี้ยงกุ้ง จังหวัดสมุทรสาคร ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการทำการวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคุณสาธิต ประเสริฐศรี และคุณสุธี วงศ์มณีประทีป ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างที่ฟาร์มทดลอง เพื่อนและน้องๆ นิสิตปริญญาเอกและนิสิตปริญญาโททุกคนที่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกๆ คน ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

แก้วตา ลิ้มเฮง

พฤษภาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	36
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	69
สรุปผลการทดลอง	162
ข้อเสนอแนะ	165
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	166
ภาคผนวก	183
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	209

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในน้ำทะเล และน้ำจืด	21
2	จำนวนกุ้งที่เหลือรอดสุดท้าย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมโพสลาร์วา 8 และ 10 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	80
3	ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	81
4	คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	82
5	ผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม	87
6	ปริมาณอิออนที่สำคัญวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	90
7	คุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	96
8	ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	98
9	ผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม	100
10	น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	102
11	ปริมาณอิออนที่สำคัญที่วิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	103
12	คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	109
13	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	สัตว์หน้าดินเฉลี่ยในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	117
15	ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	120
16	ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล (บ่อ A1 ปล่อยกุ้งทั้งหมด 550,000 ตัวต่อบ่อ และบ่อ A2 ปล่อยกุ้งทั้งหมด 400,000 ตัวต่อบ่อ)	121
17	ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไม บ่อ A1 (เลี้ยงนาน 203) วัน และบ่อ A2 (เลี้ยงนาน 163 วัน)	122
18	ปริมาณอิออนสำคัญที่วิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	126
19	คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	134
20	ปริมาณแพลงก์ตอนรวมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	135
21	ปริมาณสัตว์หน้าดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	139
22	ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลในบ่อขนาด 25 ไร่	142
23	ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	144
24	ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	145
25	ปริมาณอิออนสำคัญที่วิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	149

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	155
27	แพลงก์ตอนรวมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	156
28	สัตว์หน้าดินเฉลี่ยในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	159
29	ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	161

ตารางผนวกที่

1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งที่ใช้เลี้ยง (พี 8 และ พี 10) และอัตราการปล่อย (60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม.) และน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง	184

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับความเค็มของน้ำและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่ออัตราการรอด ตายของกุ้งขาวแวนนาไม อัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อย และอัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง	185
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระยะลูกกุ้งที่ใช้ ระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่ออัตราการรอดตาย อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อยที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง	186
4	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	187
5	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	188

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ในอัตราความ หนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	190
7	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น95%	192
8	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	194
9	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	195
10	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ในอัตรา ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	197
11	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตรา ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	199

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	201
13	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	202
14	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	203
15	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	205
16	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตรา ความหนาแน่น 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม.โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	207

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ใช้ในการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในห้องปฏิบัติการ	40
2	เตรียมน้ำความเค็ม 1 พีพีที ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10	40
3	เตรียมน้ำความเค็ม 3 พีพีที ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10	41
4	กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 ที่ใช้ในการทดลอง	41
5	สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วาในระหว่างการเลี้ยง	42
6	สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการทุก 10 วัน	42
7	การเตรียมบ่อ โดยการตากบ่อและใช้รถแทรคเตอร์ปาดเลนให้กระจายทั่วบ่อ	47
8	คอกพลาสติกที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม มีเครื่องให้อากาศ	48
9	แช่ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุลูกกุ้งข้างคอกพลาสติกเพื่อปรับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกัน	48
10	การตรวจสอบลูกกุ้งก่อนปล่อยลูกกุ้ง	49
11	การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมในคอกพลาสติก	49
12	ท่อพีวีซีที่ใช้สำหรับปรับความเค็มระหว่างคอกพลาสติกกับบ่อเลี้ยง	50
13	เริ่มใส่อาหารในยอเมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 15 วัน ปริมาณอาหารที่ใส่ในยอจะใช้ฝาเครื่องดื่มเอ็ม 150	50
14	บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ทำการทดลอง	51
15	การเตรียมอามิ-อามิ สำหรับสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อ	55
16	หนอนแดงซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติของลูกกุ้ง	56
17	เครื่องให้อากาศ 1 เครื่อง สำหรับบ่อเลี้ยง 2 บ่อ โดยแต่ละบ่อจะมี 1 แขน (บ่อขนาด 1.5 ไร่)	56
18	ใช้ลอบคอนโดทยอยจับกุ้งไปขายที่ตลาดมหาชัย	57
19	เครื่องให้อากาศ 1 แขนต่อ 1 บ่อ (บ่อขนาด 1.5 ไร่)	57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล บ่อขนาด 25 ไร่	61
21	ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) อัตราความหนาแน่น 15,000 ตัวต่อไร่	61
22	หลังจากปล่อยกุ้ง 7 วันจึงปล่อยปลานิลแปลงเพศขนาด 1-2 เซนติเมตร	62
23	ลูกปลานิลแปลงเพศ ขนาด 1-2 เซนติเมตร	62
24	ใช้สวิงใส่อาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ปลานิล โดยปักรอบบ่อ	63
25	ใช้อวนลากเพื่อจับกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล	63
26	กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมขนาด 3.5 ไร่ เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	66
27	ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) ในอัตราความหนาแน่น 15,000 ตัวต่อไร่	66
28	ปล่อยลูกปลานิลแปลงเพศหลังจากปล่อยลูกกุ้ง1 สัปดาห์ ในอัตราความหนาแน่น 1,500 ตัวต่อไร่	67
29	การให้อาหารปลาโดยใส่ในสวิง โดยปักไว้รอบบ่อ	67
30	การใช้อวนตาห่างลากกุ้งออกบางส่วน	68
31	คัดกุ้งและแยกกุ้งขาวออก และปล่อยปลานิลลงเลี้ยงต่อ	68
32	อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	79
33	สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งสุดท้าย หลังจากเลี้ยงนาน 62 วัน	79
34	ค่าคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	83
35	ค่าซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	83
36	ค่าแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	ค่าโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	84
38	ค่าแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	85
39	ค่าโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ	85
40	อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	86
41	กุ้งขาวแวนนาไมหลังเลี้ยงนาน 120 วัน มีขนาดประมาณ 15-16 กรัม	88
42	ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	91
43	ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	91
44	ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	92
45	ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	92
46	ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	93
47	ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	93
48	ขนาดของกุ้งขาวแวนนาไมที่จับเมื่ออายุ 121 วัน	101
49	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	101
50	ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	103
51	ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	104
52	ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	104
53	ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	105
54	ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	105
55	ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
56	แพลงก์ตอนรวมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	111
57	แพลงก์ตอนพืช Division Cyanophyta	112
58	แพลงก์ตอนพืช Division Chlorophyta	113
59	แพลงก์ตอนพืช Division Chromophyta และ Phylum Protozoa	114
60	แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera	115
61	แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera และ Phylum Arthropoda	116
62	สัตว์หน้าดินกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาเลี้ยงการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	117
63	ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ : Phylum Arthropoda : Chironomid (A), Class Insecta (B), Ostracod (C), Phylum Annelida : Polychaetes (D), Phylum Mollusca : Class Gastropoda (E) และ Phylum Nematoda : Nematode (F)	118
64	อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลในบ่อ A1 และ บ่อ A2	122
65	อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อ A1 และ บ่อ A2	123
66	กุ้งขาวแวนนาไมที่ทยอยจับโดยใช้อวนลาก หลังเลี้ยงนาน 80-90 วัน กุ้งมีขนาดประมาณ 10-13 กรัม	123
67	กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิลหลังจากเลี้ยงนาน 203 วัน	124
68	ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	129
69	ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	129
70	ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	130
71	ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	130

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
72	ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	131
73	ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	131
74	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	136
75	แพลงก์ตอนพืช Division Chlorophyta	137
76	แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera	138
77	ปริมาณสัตว์หน้าดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	139
78	ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ: Phylum Arthropoda : Chironomid (A), Class Insecta (B), Phylum Annelida : Polychaetes (C), Phylum Mollusca : Class Gastropoda (D) และ Phylum Nematoda : Nematode (E)	140
79	อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ปล่อยลงเลี้ยงครั้งแรกในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	145
80	การเจริญเติบโตเฉลี่ยปลานิลตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	146
81	กุ้งขาวแวนนาไมส่วนที่เหลือรอดสุดท้าย หลังเลี้ยงนาน 196 วัน ขนาด 20-25 กรัม	146
82	ปลานิล หลังเลี้ยงนาน 196 วัน	147
83	ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	149
84	ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	150
85	ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	150
86	ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	151

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
87	ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	151
88	ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล	152
89	แพลงก์ตอนรวมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง	157
90	แพลงก์ตอนพืช Division Cyanophyta	158
91	สัตว์หน้าดินกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาเลี้ยง	160

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ: เลี้ยงเดี่ยวและเลี้ยงผสมกับปลานิล

Suitability Studies of Low Salinity Waters for Rearing of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Monoculture and Polyculture with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

คำนำ

หลังจากที่กรมประมงอนุญาตให้มีการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่ปลอดเชื้อเข้ามาทดลองเลี้ยงในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) กำลังประสบปัญหาการเจริญเติบโตช้า ทำให้มีผลผลิตต่ำกว่าเป้าหมาย ในขณะที่การทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้ผลดี เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่ายกว่ากุ้งกุลาดำ และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นอย่างดี (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ทำให้ในปัจจุบันนี้เกษตรกรส่วนใหญ่เปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเกือบทั้งหมด โดยวิธีของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะคล้ายกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเคยใช้เป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำมาก่อน ซึ่งในระยะเวลา 2-3 ปีแรกถือว่าเป็นช่วงที่เฟื่องฟูของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเนื่องจากได้สายพันธุ์กุ้งที่ดีมาจากต่างประเทศประกอบกับผลผลิตกุ้งโลกยังไม่มากราคาขายอยู่ในระดับที่สูง จะเห็นได้ว่าหลายพื้นที่เคยได้รับความเสียหายจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก็สามารถฟื้นฟูกลับมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้ทำให้มีการขยายการเลี้ยงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะปล่อยลูกกุ้งในระดับความหนาแน่นสูงกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทำให้ผลผลิตกุ้งไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปลายปี พ.ศ. 2549 ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมทั่วโลกโดยรวมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ราคาของกุ้งตกต่ำลง อีกทั้งยังเริ่มพบความเสียหายในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะฟาร์มที่ปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงและฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดยพบกุ้งตายมีลักษณะตัวนิ่ม บางส่วนลอกคราบไม่ออก มีกุ้งทยอยตายในระหว่างการเลี้ยง จากการตรวจวินิจฉัยหาสาเหตุกุ้งที่ตายไม่พบการติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียใดๆ ทั้งสิ้น (ปิยนุช, 2550) เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในบ่อที่เลี้ยงที่มีอาการดังกล่าวพบว่ามีปริมาณแร่ธาตุหลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยเฉพาะแคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และโพแทสเซียม (K^{+}) ในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมและอยู่ในระดับที่ต่ำมาก

ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ บางฟาร์มปล่อยลูกกุ้งในคอกพลาสติกที่น้ำมีความเค็มระหว่าง 3-5 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) อาจจะต่ำกว่าหรือสูงกว่าบ้างในบางฟาร์มแต่หลังจากปล่อยลูกกุ้งออกมาจากคอกพลาสติกแล้วน้ำในบ่อจะมีความเค็มต่ำมากและจะต่ำลงเรื่อย ๆ ในระหว่างการเลี้ยงจากปริมาณน้ำฝนที่เติมลงไปหรือการเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อเพื่อทดแทนน้ำส่วนที่ระเหยหรือรั่วซึมออกไป บางฟาร์มปล่อยลูกกุ้งโดยตรงลงไปในบ่อเลี้ยง ถ้าน้ำมีความเค็มต่ำมากโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนความเค็มอาจจะมีเพียง 1-2 พีพีที เกษตรกรมักจะมีการปล่อยลูกกุ้งจำนวนมากเผื่ออัตราการรอดตายที่มักจะต่ำกว่าการเลี้ยงในน้ำความเค็มปกติ ในกรณีที่มีอัตราการรอดตายสูงในระยะแรก ในช่วงเวลาต่อมา เมื่อกุ้งเจริญเติบโตมากขึ้น แร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำมีไม่เพียงพอ กุ้งในบ่อมักจะมีการตายในลักษณะตัวนิ่มหลังการลอกคราบ แม้ว่าจะมีการเติมแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟต หรือแคลเซียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์ ในระหว่างการเลี้ยงเพื่อจะทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรง การเจริญเติบโตดีขึ้นและได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนว่าในระดับความเค็มต่ำนั้นควรจะมีการปล่อยลูกกุ้งระยะใด ในอัตราความหนาแน่นเท่าใด และระดับของความเค็มและอิออนที่สำคัญต่าง ๆ ควรจะมีอย่างต่ำเท่าใดที่จะทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตดี ถึงระดับที่ประกอบเป็นธุรกิจได้ นอกจากนี้เกษตรกรรายย่อยที่มีต้นทุนน้อยไม่สามารถที่จะประกอบอาชีพเลี้ยงกุ้งอีกต่อไปได้ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่ราคากุ้งขาวตกต่ำ เกษตรกรรายย่อยจะประสบปัญหาการขาดทุนมาก แนวทางหนึ่งที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมตามสภาพของพื้นที่ ดังนั้นแต่ละพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งอาจจะมีวิธีการดัดแปลงแตกต่างกันไป แนวทางการเลี้ยงกุ้งดังกล่าวน่าจะทำให้อาชีพการเลี้ยงกุ้งเป็นอาชีพที่มั่นคงและยั่งยืนต่อไป

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยที่มีวิธีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำที่แตกต่างกันในเรื่องของการลงทุนและการจัดการในระหว่างการเลี้ยง โดยมีการวิจัยครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการเลี้ยงทั้งหมด วิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาหาระดับความหนาแน่นและอายุลูกกุ้งระยะโพสลาร์วาของกุ้งขาวแวนนาไมที่เหมาะสมในการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำในห้องปฏิบัติการและในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะใช้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับเกษตรกรที่จะประกอบอาชีพการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำได้อย่างยั่งยืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็มต่ำ 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ กัน

2. เพื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำที่มาจากใช้น้ำความเค็มจากนาเกลือ ระหว่างกลุ่มที่มีการเติมน้ำเค็มเพิ่มบางช่วงเวลาในการเลี้ยงกับกลุ่มที่เติมน้ำเค็มเฉพาะก่อนปล่อยลูกกุ้งเท่านั้น

3. เพื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำจากธรรมชาติและกลุ่มที่มีการเติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้ง

4. เพื่อศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลในน้ำความเค็มต่ำ

5. เพื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลโดยมีการเติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้งและในระหว่างการเลี้ยงและไม่เติมน้ำเค็ม

6. เพื่อนำผลการศึกษาหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยในการประกอบอาชีพให้มีความมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งขาวแปซิฟิก ถูกค้นพบโดย Boone ในปี ค.ศ.1931 มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* ชื่อสามัญที่ FAO รับรองและใช้เรียกกันทั่วโลกคือ whiteleg shrimp

1.1 การแพร่กระจายและแหล่งที่อยู่อาศัย

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งทะเลที่พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งแปซิฟิกตะวันออกจากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโก จนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู มีการเลี้ยงกันมากในประเทศแถบอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ได้แก่ เอวากอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลอมเบีย และบราซิล (Dore and Frimodt, 1987; Tseng, 1987; Rosenbery, 1998; Cuzon *et al*., 2004)

1.2 การกินอาหารและความต้องการสารอาหาร

กุ้งขาวแวนนาไมสามารถกินได้ทั้งพืช ที่อยู่บริเวณกลางน้ำ พื้นท้องน้ำหรือสัตว์หน้าดินและซากสิ่งมีชีวิตได้ จะว่ายน้ำเข้าจับอาหารกึ่งจมกึ่งลอยทั้งพืชและสัตว์บริเวณกลางน้ำ ส่วนกรณีน้ำตื้นจะหากินกึ่งว่ายกึ่งคลาน เคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วตามพื้นบ่อ กุ้งชนิดนี้กินอาหารมาก จะกินสาหร่ายหรือสิ่งอื่นๆ ถ้าอาหารไม่พอ (Wassenberg and Hill, 1987) สำหรับการให้อาหารในระหว่างการเลี้ยง ใช้อาหารสำเร็จรูป ตามอัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวของกุ้งที่เพิ่มขึ้น และได้อาหารเสริมจากธรรมชาติ คือ แพลงก์ตอนสัตว์ เช่น โคพีพอด (copepod) โพลีคีท (polychaete) แอมฟิพอด (amphipods) และหอย (mollusks) กุ้งขาวแวนนาไมเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจึงต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตสูงกว่ากุ้งกุลาดำ ระบบการให้อากาศในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจึงต้องเพียงพอต่อความต้องการ (Wyban *et al*., 1995; Martinez-Cordova *et al*. ,1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 สรีระวิทยาของครัสเตเชียน

ระบบหมุนเวียดเลือด

ระบบหมุนเวียนเลือดของพวกเดคาพอด (decapod) จัดเป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบกึ่งปิดกึ่งเปิด เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบหมุนเวียนเลือดภายในช่องว่างของลำตัว เนื่องจากระบบหมุนเวียนเลือดดังกล่าวประกอบด้วย หัวใจ เส้นเลือด และแองเลือดดำ มีแอ่งเลือดกระจายอยู่ทั่วไป พบอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ตามช่องว่างภายในลำตัว เลือดจะมีการหมุนเวียนอยู่ภายในช่องว่างเหล่านี้ โดยอาศัยการเคลื่อนไหวของร่างกายและกล้ามเนื้อต่างๆ การบีบและหดตัวของหัวใจ มีฮีโมไซยานิน (hemocyanin) ซึ่งมีองค์ประกอบของทองแดง 0.17 เปอร์เซ็นต์ ลิพิด (lipid) โปรตีน (protein) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) มีน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีองค์ประกอบของทองแดง ทำให้เลือดสัตว์เหล่านี้มีสีน้ำเงินหรือฟ้าเมื่อถูกสัมผัสกับอากาศ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อกระบวนการควบคุมสมดุลของน้ำและอิออน (นงนุช, 2550) ประกอบด้วย

โซเดียม พบในปริมาณที่สูงในเลือด ทำหน้าที่รักษาสมดุลออสโมติก (osmotic) ควบคู่กับคลอไรด์ โดยมีโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม เป็นตัวช่วยปรับและรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ในร่างกายให้สมดุล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อต่างๆ ในร่างกาย

คลอไรด์ พบในปริมาณใกล้เคียงกับโซเดียมแต่สูงกว่าเล็กน้อย เป็นสารที่มีการเคลื่อนย้ายที่รวดเร็วเมื่อความเค็มของน้ำภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงไป คลอไรด์ทำหน้าที่รักษาสมดุลออสโมติก ทำหน้าที่ร่วมกับโซเดียม เกี่ยวข้องกับการสมดุลของแคทอิออน (cation) และแอนอิออน (anion) ภายในเลือดและกล้ามเนื้อสัตว์

แคลเซียม เป็นส่วนประกอบสำคัญของเปลือกหุ้มร่างกาย โดยสะสมอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

แมกนีเซียมและฟอสฟอรัส มีความสำคัญต่อการสร้างเปลือกร่วมกับแคลเซียม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) และสารประกอบฟอสโฟลิปิด (phospholipid) ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำคัญของระบบประสาทและสมองภายในร่างกาย เช่น โคเอนไซม์ NADP (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) และ ATP (adenosine triphosphate) เป็นต้น

การแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณเหงือก

โดยทั่วไปกระแสน้ำที่ไหลผ่านเข้าสู่บริเวณเหงือกนั้นเกิดขึ้นจากการพัดโบกของรยางค์ scaphognathite หรือ gill bailer ของ maxilliped คู่ที่ 2 ที่อยู่บริเวณส่วนหัว ในกุ้งนั้นกระแสน้ำสามารถไหลผ่านทุกส่วนของขอบด้านล่างและด้านหลัง carapace แล้วไหลออกบริเวณส่วนหัว กลไกการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณเหงือกจะเกิดขึ้นหลังจากที่กระแสน้ำจากภายนอกร่างกายของสัตว์ถูกนำเข้าช่องเหงือก โดยน้ำที่ไหลผ่านเข้ามาทางรูเปิดของขาเดินจะผ่านบริเวณฐานของเหงือก ไหลเข้าสู่ช่องว่างใต้เหงือก หลังจากนั้นจะไหลผ่านซี่เหงือก ซึ่งแต่ละอันจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ บริเวณซี่เหงือกนี้เองจะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซในระบบสวนทิศทางกัน โดยทิศทางการไหลของเลือดจะสวนทางกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซแบบสวนทิศทางที่เกิดขึ้นระหว่างเลือดกับตัวกลางบริเวณเหงือกของครัสเตเชียนมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ในแง่ของสรีรวิทยาของการหายใจ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่นำไปใช้ประโยชน์มากกว่าการแลกเปลี่ยนก๊าซแบบไม่สวนทิศทางการแลกเปลี่ยนก๊าซจะเกิดขึ้นโดยออกซิเจนที่มาพร้อมกับกระแสน้ำจะแพร่เข้าสู่เลือดและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในเลือดจะแพร่เข้าสู่กระแสน้ำ หลังจากนั้นน้ำจะไหลขึ้นทางด้านบนผ่านช่องว่างเหนือเหงือก แล้วไหลไปทางด้านหน้าเข้าสู่ห้องปั๊ม สุดท้ายจะถูกปั๊มออกทางโดยความช่วยเหลือของ scaphognathite ซึ่งปริมาณน้ำที่ scaphognathite ปั๊มผ่านเข้าออกบริเวณช่องเหงือก มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 1-2 มิลลิลิตร/กรัม/นาที (นงนุช, 2550; Mantel and Farmer, 1983)

การลอกคราบ

การลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอด หากเกิดปัญหาการลอกคราบ สัตว์เหล่านี้จะหยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุด การลอกคราบของครัสเตเชียนจะเกิดบ่อยครั้งในระยะแรกของการเจริญเติบโต และความถี่จะลดลงเรื่อยๆ การลอกคราบจะมีการเปลี่ยนแปลงของสารต่างๆ รวมทั้งการเจริญเติบโตขึ้นด้วย ในการลอกคราบที่เป็นปกติในแต่ละครั้ง เปลือกเก่าจะถูกสลัดทิ้งไป สัตว์จะตัวบวมเนื่องจากมีการดูดน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการดื่มเข้าไป หลังจากนั้นเปลือกใหม่จะเริ่มแข็งขึ้น ขนาดของสัตว์จะใหญ่ขึ้น ระยะนี้สัตว์จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจนถึงก่อนจะมีการลอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คราบครั้งต่อไป น้ำจะค่อยๆ ถูกแทนที่โดยเนื้อเยื่อใหม่ จะทำให้ปริมาณโปรตีนในร่างกายเพิ่มขึ้น คงไว้ตามเดิมแทนที่ของน้ำโดยเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นใหม่นี้ ถือว่าเป็นการเจริญเติบโตที่แท้จริง

โครงสร้างของเปลือกของกุ้ง ประกอบด้วย

1. Epicuticle (non-chitinous epicuticles) เปลือกชั้นนอกสุด ลักษณะบางและใส ไม่มีองค์ประกอบที่เป็นสารไคติน องค์ประกอบเป็น โปรตีน ลิปิด แคลเซียม อาจจะอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมคาร์บอเนต เรียงตัวกันโดยโปรตีนและลิปิดจะรวมกันอยู่ในรูปของ lipoprotein ล้อมรอบแคลเซียม จึงมีความเหนียวมากกว่าชั้นอื่นๆ อาจมีองค์ประกอบเป็นไข ทำหน้าป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของน้ำ ทำหน้าที่จำกัดปริมาณการผ่านเข้า-ออก ของเกลือแร่และอิออนต่างๆ

2. Exocuticle เป็นชั้นที่ทำให้เกิดสีในสัตว์ มีปริมาณเม็ดสี (pigment) สูงที่สุด ได้แก่ เมลานิน พบไคติน โปรตีน ฟีนอล มีไคตินและโปรตีนสานเป็นร่างแห ส่วนเม็ดสีและแคลเซียมจะรวมตัวอยู่ภายในร่างแห ทำให้ชั้นนี้มีความแข็งแรงมากกว่าชั้นอื่นๆ บริเวณรอยแยกของเปลือก ขณะที่มีการลอกคราบจะไม่พบชั้นนี้

3. Endocuticle เป็นชั้นที่หนาที่สุดและมีแคลเซียมสะสมอยู่มากที่สุด แบ่งเป็น 2 ชั้นย่อย คือ

- Calified layer แสดงความหนาของเปลือก ขึ้นกับปริมาณแคลเซียมที่สะสม

- Uncalcified layer หรือชั้น membranous layer ไม่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ ชั้นนี้ไม่มีเม็ดสีเมลานิน แต่มีไคตินและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ความแข็งแรงน้อยกว่า exocuticle เนื่องจากมีแคลเซียมเท่านั้นที่เรียงตัวแทรกอยู่ตามระหว่างร่างแหของไคตินและโปรตีน

4. Epidermis เซลล์มีขนาดใหญ่ อัดกันแน่น ใต้ชั้น epidermis ลงมาจะมีต่อมผิวหนัง (tegumental gland) อยู่ ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีหน้าที่สร้างสารซึ่งสามารถถูกขับออกทางท่อยาวสู่ภายนอกผิว epicuticle พบปลายประสาทที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึกซึ่งเชื่อมโยงไปยังขนเล็กๆ ที่อยู่ด้านบนของ cuticle

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วงจรการลอกคราบ แบ่งตามวิธีของ Carlisle and Dohrn (1953) แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการลอกคราบ (Premolt stage) การเตรียมตัวเพื่อการลอกคราบ เกิดที่เซลล์ของ epidermal และ hepatopancreas โดยที่ epidermal จะแยกตัวออกจาก cuticle เรียกว่า apolysis ระหว่างที่มีการแยกออกนี้ เซลล์ของชั้น epidermal จะมีการสร้างเปลือกใหม่ขึ้น แคลเซียมจากเปลือกเก่าจะถูกดึงมาเก็บไว้ในน้ำเลือด ทำให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำเลือด สัตว์จะหยุดกินอาหารและเคลื่อนไหวช้าลง อาหารที่ถูกสะสมไว้ใน hepatopancreas จะถูกนำมาใช้ ระยะนี้สิ้นสุดเมื่อเกิดรอยแยกของ cuticle เก่า

2. ระยะการสลัดคราบ (Ecdysis) ระยะสั้นที่สุดของการลอกคราบ มีการสลัดคราบเก่าทิ้ง มีเมแทบอลิซึม ไม่กินอาหาร มีการนำน้ำเข้าตัวอย่างรวดเร็ว ให้ลำตัวขยายขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อดันเปลือกเก่าออกไปด้วย ขนาดลำตัวสัตว์จะใหญ่มากขึ้น 20-25 เปอร์เซ็นต์

3. ระยะหลังการลอกคราบ (Postmolt stage) หลังจากสลัดคราบเก่าทิ้งหรือเพิ่งผ่านการลอกคราบใหม่ๆ เปลือกยังคงอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นได้ ยังคงมีการนำน้ำเข้าตัว สัตว์ยังคงไม่กินอาหาร ใช้อาหารสะสมที่ hepatopancreas ผ่านไปครึ่งหนึ่ง สัตว์จะเริ่มกินอาหาร และการสร้างเปลือกจะสมบูรณ์ขึ้น โดยการแข็งตัวขึ้น มีการดึงแคลเซียมจากเลือดกลับเข้าสู่เปลือก น้ำในลำตัวจะถูกแทนที่ด้วยเนื้อเยื่อ พบว่าอัตราการสังเคราะห์โปรตีนจะสูง และสัตว์น้ำมีการนำน้ำบางส่วนออกจากตัว

4. ระยะปกติของสัตว์ (Intermolt) การสร้างเปลือกและเนื้อเยื่อต่างๆ จะเกิดสมบูรณ์ สัตว์อยู่ในสภาพปกติ แคลเซียมในเลือดจะต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่ถูกสะสมไว้ที่เปลือก สัตว์จะอยู่ในระยะนี้นานที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อการลอกคราบ

1. ปัจจัยภายนอก เช่น แสง หรือความเข้มแสงและระยะเวลา อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูง การลอกคราบจะเกิดขึ้นเร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม

2. ปัจจัยภายใน คือ ระบบประสาท เช่น Y-organ กระตุ้นการลอกคราบ สารอาหารใน hepatopancreas การอดอาหารจะยับยั้งการลอกคราบ ระยะการเจริญเติบโตของรังไข่ในฤดูกาลผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ กุ้งก็จะหยุดการลอกคราบ การสูญเสียรยางค์ก็ทำให้เกิดการลอกคราบ และอายุของสัตว์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวอ่อนจะมีการลอกคราบบ่อยกว่า เป็นต้น

การควบคุมสมดุลของของเหลว (Osmoregulation)

ครัสเตเชียนที่อาศัยอยู่ในทะเลส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นของของเหลวภายในร่างกายเท่ากับความเข้มข้นของของเหลวภายนอกหรือน้ำทะเล ในขณะที่ปริมาณของอิออนแต่ละชนิดในเลือดจะมีไม่เท่ากับปริมาณของอิออนแต่ละชนิดในน้ำทะเล เนื่องจากผิวด้านนอกของสัตว์ โดยเฉพาะเหงือกสามารถให้น้ำและอิออนต่างๆ ผ่านเข้าออกได้ โดยอาศัยพลังงานเป็นตัวควบคุมการผ่านเข้าออก ซึ่ง “osmoregulation” หมายถึงกระบวนการรักษาระดับความเข้มข้นของของเหลวในร่างกายให้คงที่อยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าความเข้มข้นของของเหลวในสิ่งแวดล้อมจะมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือต่ำลงก็ตาม ส่วนคำว่า “ionic regulation” หมายถึงกลไกซึ่งสัตว์สามารถควบคุมปริมาณอิออนต่างๆ ภายในร่างกายให้คงที่ที่ระดับหนึ่งซึ่งแตกต่างจากอิออนภายนอก ถึงแม้ความเข้มข้นของของเหลวภายในจะมีค่าใกล้เคียงกับภายนอก (นงนุช, 2550)

หากนำครัสเตเชียนที่อาศัยอยู่ในทะเลมาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงไป จะต้องมีการปรับตัวเพื่อให้ปริมาณสารและอิออนต่างๆ ภายในใกล้เคียงกับภายนอก โดยการ osmosis ของน้ำหรือการแพร่เข้าและออกของอิออน หากมีการเปลี่ยนแปลงน้อย สัตว์ก็ยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่หากความเค็มเปลี่ยนแปลงมากก็อาจมีผลทำให้สัตว์ตายได้ โดยเฉพาะในสัตว์ทะเล ซึ่งมีความทนทานน้อย เมื่อนำมาไว้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ จะเกิดกระบวนการ osmosis ของน้ำเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็วจนกระทั่งความเข้มข้นของน้ำภายในเท่ากับภายนอก ตัวสัตว์จะบวมพอง เนื่องจากน้ำเข้าสู่ร่างกายมากเกินไปและอิออนต่างๆ แพร่ออกสู่ภายนอก สัตว์จะตายในเวลาต่อมา

โดยทั่วไปสามารถแบ่งสัตว์ตามความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มที่เปลี่ยนแปลงได้ 2 แบบ คือ

1. Osmoconformers เป็นพวกที่มีความดัน osmotic ของของเหลวภายในตัวเท่ากับความดันของของเหลวภายนอก ส่วนใหญ่จะพบในสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลเปิด เนื่องจากความเข้มข้นหรือความเค็มของน้ำในทะเลเปิดจะไม่เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้สัตว์ประสบปัญหาน้อย เมื่อเทียบกับสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. Osmoregulation เป็นพวกที่พยายามคงความเข้มข้นหรือความดัน osmotic ภายในตัวให้คงที่ที่ระดับหนึ่ง ซึ่งต่างจากความเข้มข้นของสารละลายภายนอก ทั้งนี้ต้องอยู่ในพิกัดความทนทานของสัตว์นั้น แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

Hyper-osmoregulator เมื่ออยู่ในที่มีความเข้มข้นต่ำ จะปรับตัวให้ความเข้มข้นภายในสูงกว่าภายนอกและเมื่ออยู่ในที่มีความเข้มข้นสูงก็จะปรับตัวให้มีความเข้มข้นเท่าหรือเกือบเท่ากับภายนอก

Hyper-hypo osmoregulator เมื่ออยู่ในที่มีความเข้มข้นต่ำ จะปรับตัวให้ความเข้มข้นภายในสูงกว่าภายนอก และเมื่ออยู่ในที่มีความเข้มข้นสูงก็จะปรับตัวให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าภายนอก

2 รูปแบบการเลี้ยงการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ประเทศเอกวาดอร์เป็นประเทศที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมาก นอกจากนี้ยังมีอีกหลายประเทศที่เลี้ยงกุ้งชนิดนี้ ได้แก่ คือประเทศเม็กซิโก บราซิล โคลอมเบีย เปรู เวเนซูเอลา เบลิซ คอสตาริกา กัวเตมาลา ฮอนดูรัส ปานามา สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐโดมินิกัน เปอร์โตริโก นอกจากนี้ยังมีการเลี้ยงในประเทศไต้หวัน และจีน ซึ่งเลี้ยงมากในเขตไฮหนาน ฉางไห่ กวงสีและเจียงซู ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 และมีการแพร่กระจายไปสู่เขตอื่นๆ โดยใช้พ่อแม่พันธุ์ปลอดเชื้อจากประเทศสหรัฐอเมริกา (ภิญโญ, 2545) การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีทั้งการเลี้ยงระบบแบบดั้งเดิม (extensive) แบบไม่หนาแน่น (semi-intensive) และแบบหนาแน่น (intensive) 2-3 รอบต่อปี (Lee and Wickins, 1992) โดยที่ใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 67-167 วัน Burford *et al*. (2003) กล่าวว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยความหนาแน่นสูงแต่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อย จะมีการเกิด floc จำนวนมากซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืชจำนวนมาก และเป็นแหล่งอาหารของกุ้งได้

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทยส่วนหนึ่งได้รับอิทธิพลมาจากความล้มเหลวของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในบริเวณชายฝั่งบางแห่งเกิดจากการเปลี่ยนอาชีพจากการเลี้ยงปลาที่มีผลตอบแทนค่อนข้างต่ำ บางรายเกิดจากการล้มเหลวของการประกอบอาชีพการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากความพยายามจะเลี้ยงกุ้งเนื่องจากฟาร์มที่ประสบความสำเร็จในการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลี้ยงกุ้งกุลาดำในระยะแรกๆ ให้ผลตอบแทนในการลงทุนสูงกว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือการประกอบอาชีพการเกษตรชนิดอื่นๆ (ชวนพิศ และคณะ 2539) การเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา จากนั้นได้มีการขยายไปสู่พื้นที่ใกล้เคียงและพื้นที่ภาคกลางอย่างรวดเร็วทดแทนการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาบริเวณชายฝั่งทะเลที่ประสบปัญหาเรื่องโรคระบาด ที่เกิดอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากแบคทีเรียเรืองแสงที่มีสาเหตุจาก *Vibrio harveyi* ไวรัสหัวเหลือง (yellow-head virus) และไวรัสดวงขาว (white spot syndrome virus) ทำให้การเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำประสบความสำเร็จมากกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จึงมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ ด้วยน้ำความเค็มต่ำทั่วโลกที่คล้ายกับประเทศไทย คือ ลดความเค็มของน้ำระหว่างการเลี้ยงเพื่อหลีกเลี่ยงโรคระบาดที่เกิดจากไวรัสและแบคทีเรียเรืองแสง (ชลอ, 2543)

จากความสำเร็จของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยน้ำความเค็มต่ำในประเทศไทย ทำให้การเลี้ยงกุ้งในรูปแบบนี้มีการแพร่หลายไปในประเทศเอกวาดอร์ และอีกหลายประเทศในกลุ่มลาตินอเมริกา รวมทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา (Boyd, 2001) โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมหรือกุ้งขาวแปซิฟิกในประเทศ บราซิล และเอกวาดอร์ ซึ่งมีอัตราการรอดตายสูงและสามารถช่วยลดการเกิดโรคระบาด เช่น แบคทีเรียเรืองแสงได้ทำให้มีการขยายพื้นที่การเลี้ยงเพิ่มขึ้นในทั้งสองประเทศ (Nunes and Lopez, 2001)

สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกามีรายงานการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำบาดาลความเค็มต่ำและได้ผลดีในมลรัฐเท็กซัส (Texas) (Treece, 2002) และมีการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งชนิดนี้ในมลรัฐฟลอริด้า (Florida) ในปัจจุบันนี้มีการเลี้ยงในแผ่นดินใหญ่ (inland) ห่างไกลจากทะเลในมลรัฐอลาบามา (Alabama) อะริโซนา (Arizona) อินเดียน่า (Indiana) มิชิแกน (Michigan) มิสซิสซิปปี้ (Missisippi) เซ้าคาโรไลน่า (South Carolina) โดยใช้น้ำบาดาลที่มีความเค็มต่ำ เนื่องจากกุ้งขาวชนิดนี้สามารถเลี้ยงได้ในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกันมากตั้งแต่ 1-40 พีพีที และลูกกุ้งสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มต่ำได้ดี จึงเหมาะสมที่จะเลี้ยงในแผ่นดินใหญ่ที่ห่างไกลจากทะเล (Davis *et al*., 2004)

2.1 ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย

ชลอ และ พรเลิศ (2547) ได้แบ่งรูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยแบ่งด้วยความเค็มของน้ำ เป็น 2 ระบบ คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.1 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะทางภาคใต้ คือ น้ำที่มีความเค็ม 10 พีพีทีขึ้นไปในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้ ส่วนใหญ่จะมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่ ผลผลิตประมาณ 2 ตันต่อไร่ อัตรารอดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นกระแสการผลิตของกุ้งขาวที่ออกมามากในช่วงกลางปี พ.ศ. 2546 โดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้โดยใช้น้ำความเค็มปกติ ทำให้ในหลายจังหวัดทางภาคใต้ซึ่งไม่เคยเลี้ยงกุ้งขาวมาก่อนหันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้นมีผลผลิตสูงประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ โดยมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า 150,000 ตัวต่อไร่ การเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติจะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง

2.1.2 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำเป็นการเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืด เช่น พื้นที่ทางภาคกลาง ใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยทั่วไปเกษตรกรจะใช้น้ำความเค็มสูงจากนาเกลือที่มีความเค็มประมาณ 100-200 พีพีที มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที และมีการกั้นคอกในบ่อเลี้ยงโดยใช้ผ้าพลาสติกพื้นที่ประมาณ 15 ตารางเมตร หรืออาจจะใหญ่กว่านี้ตามความเหมาะสมของอัตราความหนาแน่นของลูกกุ้ง ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจากนาเกลือจนน้ำในคอกพลาสติกมีความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที หลังจากนั้นก็จะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับลดความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้วโดยปล่อยลูกกุ้งขาวระยะโพสลาร์วา 10-12 (พี 10 -12) ลงในคอกและอนุบาลประมาณ 3-4 วัน ก่อนที่จะเปิดคอกให้ลูกกุ้งกระจายทั่วบ่อ ส่วนอีกวิธีหนึ่งเกษตรกรจะไม่ทำคอก แต่จะเตรียมน้ำความเค็มประมาณ 3-5 พีพีที ทั้งบ่อแล้วให้ทางโรงเพาะฟักปรับความเค็มของลูกกุ้งให้ใกล้เคียงกับน้ำในบ่อเลี้ยงที่จะนำลูกกุ้งมาปล่อย แล้วนำลูกกุ้งมาปล่อยโดยตรงในบ่อ ซึ่งการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ การปล่อยลูกกุ้งในบ่อไม่หนาแน่นมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ

3. ปลานิล

ปลานิลได้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2508 โดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตแห่งประเทศญี่ปุ่นเมื่อครั้งดำรงพระอิสรยยศมกุฎราชกุมารในขณะนั้นได้น้อมเกล้าฯ ถวายปลาน้ำจืดในสกุลทิลาเปีย จำนวน 50 ตัว แด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในระยะแรกพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ย้ายปลานิลลงเลี้ยงในบ่อดิน ในบริเวณสวนจิตรลดา พระราชวังดุสิต และต่อมาในเวลาประมาณ 5 เดือนเศษ ปรากฏว่าในบ่อเลี้ยงมีลูกปลาเกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นจำนวนมาก พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงทรงโปรดเกล้าฯ ให้ขุดบ่อดินเพิ่มขึ้นเป็น 6 บ่อ เมื่อวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2505 ได้ทรงปล่อยปลาลงเลี้ยงในบ่อเหล่านั้นด้วยพระองค์เองและได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าหน้าที่กรมประมงทำการตรวจสอบการเจริญเติบโตของปลาทุกเดือน ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า ปลาชนิดนี้เจริญเติบโตได้รวดเร็วมาก มีขนาดเฉลี่ยถึง 178.8 กรัม ในระยะเวลา 6 เดือน ในวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2509 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานลูกปลาดังกล่าวจากบ่อดินในบริเวณพระตำหนักสวนจิตรลดาแก่กรมประมงเพื่อนำไปขยายพันธุ์ ณ แผนกทดลองและเพาะเลี้ยงในบริเวณเกษตรกลางบางเขน จังหวัดพระนครและสถานีประมงต่างๆ 15 แห่ง ทั่วราชอาณาจักร เพื่อให้ดำเนินการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์พร้อมกัน และได้พระราชทานชื่อปลาชนิดว่า “ ปลานิล”

อนึ่งหลังจากที่ได้พระราชทานปลานิลให้แก่กรมประมงเพื่อนำไปเพาะขยายพันธุ์แล้ว ยังได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้กรมประมงนำพันธุ์ปลานิลที่ทรงเพาะไว้ไปแจกจ่ายให้แก่ราษฎรอีกเป็นประจำทุกเดือน แม้กระนั้นก็ดี จำนวนพันธุ์ปลานิลที่ผลิตได้ยังไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพสกนิกรที่ต้องการพันธุ์ปลานี้ไปเพาะเลี้ยง ความทราบถึงใต้ฝ่าละอองธุลีพระบาท จึงได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ขุดบ่อขนาดใหญ่ในสวนจิตรลดาเพิ่มขึ้นอีก 1 บ่อ เพื่อช่วยเร่งผลิตพันธุ์ปลานิลให้เพียงพอแก่ความต้องการของพสกนิกรของพระองค์ต่อไป ต่อมาในปี พ.ศ. 2527 ได้ทำการปรับปรุงบ่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นแต่จำนวนลดลงเหลือเพียง 7 บ่อ และได้ใช้ในการผลิตพันธุ์ปลานิล ซึ่งนับว่าเป็นปลานิลสายพันธุ์หนึ่งซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในนามว่า “ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา” (วิเชียร, 2542)

3.1 ชีววิทยาของปลานิล

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งอยู่ในวงศ์ Cichlidae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linn.) ปลานิลมีลักษณะคล้ายกับปลาหมอเทศ ลำตัวสั้น แบนข้าง แต่ลักษณะพิเศษของปลานิล คือ ริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว สีของลำตัวจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมของที่แหล่งที่อยู่อาศัย คือตั้งแต่สีดำอ่อนจนถึงสีเขียวดำ ท้องสีขาว ที่ลำตัวมีลายพาดขวางประมาณ 9-10 แถบ ตั้งแต่หัวจรดโคนหาง แม้แต่ลูกปลาก็มีลายพาดขวางนี้เห็นชัดเจนไม่น้อยกว่า 7 แถบ ทั้งเพศผู้เพศเมีย แต่เพศมีจะมีสีจางกว่าเพศผู้มาก ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางมีจุดสีขาวและเส้นสีดำตัดขวาง ครีบหลัง ครีบก้นและครีบหางมีจุดขาวและเส้นดำตัดขวาง ครีบหลังมีอันเดียวประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 15-18 อัน และก้านครีบอ่อน 12-14 อัน ครีบก้นมีก้านครีบแข็ง 3 อัน และก้านครีบอ่อน 9-10 อัน ครีบหางตัดตรง บนแถบเส้นข้างลำตัวมีเกล็ด 33 เกล็ด ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อยู่ 1 จุดปลานิลเมื่อมีอายุได้ประมาณ 3 เดือนเศษจะเริ่มมีลักษณะแตกต่างทางเพศ ปลานิลที่พบมีขนาดใหญ่ที่สุดมีน้ำหนักประมาณ 2.5 กิโลกรัม (วิเชียร, 2542) ปลานิลมีนิสัยชอบอยู่รวมกันเป็นฝูง มีความทนทานและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ตามปกติรูปร่างภายนอกของปลานิลเพศผู้และเพศเมียจะมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่จะสังเกตลักษณะเพศได้โดยการดูอวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวาร โดยเพศผู้จะมีอวัยวะเพศลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา สำหรับเพศเมียมีลักษณะของอวัยวะเพศเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ขนาดปลาที่จะแยกเพศได้ชัดเจนต้องเป็นปลาที่มีขนาดยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตร สำหรับปลาที่มีขนาดใหญ่โตเต็มที่สามารถสังเกตเพศได้ด้วยการดูสีที่ลำตัว โดยสีบริเวณใต้คางและลำตัวของปลาเพศผู้จะมีสีเข้มกว่าปลาเพศเมีย เมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์สีจะยิ่งเข้มขึ้น

3.2 คุณสมบัติที่ดีของปลานิล

ปลานิลเป็นปลาที่มีเนื้อมากและมีรสชาติดี นำมาปรุงเป็นอาหารได้หลายอย่าง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารประเภทต่างๆ เช่น ทำเป็นปลาเค็มตากแห้งแบบปลาสลิด ปลากรอบ เป็นต้น นอกจากประโยชน์ดังกล่าวแล้วปลานิลยังมีคุณสมบัติที่ดีอีกหลายประการ ดังนี้

3.2.1 เลี้ยงง่าย สามารถเลี้ยงได้โดยไม่จำเป็นต้องให้อาหารซึ่งแตกต่างกับการเลี้ยงปลาดุกและปลาช่อน ที่ต้องมีการให้อาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง การเลี้ยงปลานิลใช้ต้นทุนต่ำที่สุดด้วยการเตรียมให้น้ำในบ่อมีอาหารธรรมชาติที่สมบูรณ์ ปลานิลสามารถเลี้ยงได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย กินอาหารทั้งพืชและสัตว์ ตั้งแต่แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ตะไคร่น้ำ สาหร่ายชนิดต่างๆ เศษพืชและสัตว์เน่าเปื่อย มูลสัตว์ รวมทั้งสัตว์หน้าดินบางชนิด เช่น หนอนแดง

3.2.2 หาลูกพันธุ์ได้ง่าย พันธุ์ปลานิลนอกจากจะหาซื้อได้ง่ายจากบ่อเลี้ยงปลากินพืชทั่วไปแล้ว เกษตรกรยังสามารถเพาะพันธุ์ปลานิลได้เองโดยวิธีการเลียนแบบธรรมชาติ

3.2.3 ปลานิลมีความทนทานมาก ไม่ค่อยเป็นโรคร้ายแรง สามารถปรับตัวอยู่ในบ่อปลาที่มีอาหารธรรมชาติจำนวนมาก น้ำมีสีเขียวจัดได้ เกษตรกรจึงใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกมาเลี้ยงปลานิล สิ่งขับถ่ายที่ปนอยู่ในน้ำก็เหมือนกับปุ๋ยที่ใส่เพื่อเพาะไรน้ำนั่นเอง ถ้าจัดระบบหรือรูปแบบการเลี้ยงให้บ่อเลี้ยงปลานิลรับน้ำที่ระบายจากบ่อปลาดุกก็สามารถเลี้ยงปลานิลได้โดยแทบไม่ต้องลงทุนเพิ่มเลย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.4 การผสมพันธุ์ ปลานิลผสมพันธุ์ได้ง่าย ผลิตลูกปลาได้เร็วจนแน่นบ่อ นอกจากจะสามารถนำเอาความรู้เรื่องธรรมชาติการผสมพันธุ์ของปลานิลไปใช้ในการเพาะพันธุ์ลูกปลาเป็นอาชีพแล้ว การปล่อยปลาบู่ ปลาช่อนหรือกุ้งก้ามกราม ลงในบ่อปลานิลจะได้ช่วยควบคุมปริมาณปลานิล โดยปลาเหล่านี้จะกินลูกปลานิล กลายมาเป็นผลผลิตปลาบู่ ปลาช่อน และกุ้ง ซึ่งมีราคาต่างกันมาก เมื่อลูกปลาลดปริมาณลงแล้วพ่อแม่ปลานิลก็จะผลิตลูกปลามาชดเชยอีก

3.2.5 โตเร็ว ปลานิลมีการเจริญเติบโตเร็ว เมื่อได้รับการเลี้ยงดูอย่างถูกต้องจะมีขนาดเฉลี่ย 600-700 กรัม ในเวลา 1 ปี ผลผลิตไม่น้อยกว่า 500 กิโลกรัมต่อไร่

3.2.6 ไม่ทำลายกันเอง ปลานิลไม่กินลูกของตัวเอง ดังนั้นลูกปลาจึงมีอัตราการรอดตายจากการสืบพันธุ์แบบธรรมชาติจำนวนมาก ในกรณีที่ไม่มีศัตรูอื่นรบกวน

3.2.7 มีตลาดจำหน่าย เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่ประชาชนทั่วไปนิยมบริโภค จึงทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดทั่วไป

3.2.8 เลี้ยงร่วมกับปลาประเภทอื่นได้ โดยมีสูตรการเลี้ยง ดังนี้

เลี้ยงปลานิล ปลาตะเพียน และปลาไนร่วมกัน สูตรนี้เหมาะสมมากสำหรับพื้นที่ที่มีน้ำจำกัด เช่น ในนาข้าว เพราะปลาทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นปลาขนาดเล็ก ใช้ระยะเวลาเลี้ยงไม่นาน (ประมาณ 3-5 เดือน) ก็ได้ขนาดที่ตลาดนิยมบริโภคแล้ว

เลี้ยงปลาดุกและปลานิล ปลาดุกเป็นปลากินเนื้อที่มีราคาสูง แต่ถ้าเลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวจะสิ้นเปลืองค่าอาหารมาก แต่เมื่อเลี้ยงรวมกับปลานิล ปลาดุกจะกินลูกปลานิล เป็นการลดต้นทุน

เลี้ยงปลานิลหรือปลาตะเพียนเป็นหลัก ถ้ายึดปลานิลเป็นหลักก็ต้องลดจำนวนปลาตะเพียนลง หากยึดปลาตะเพียนเป็นหลักก็ลดจำนวนปลานิลลง แล้วเลี้ยงปลาอื่นเสริม การเลี้ยงแบบนี้น้ำต้องอุดมสมบูรณ์หรือเลี้ยงในนาข้าวที่ควบคุมระดับน้ำได้ ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 8-12 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ระบบการเลี้ยงปลานิล

ปลานิลเป็นปลาที่ประชาชนนิยมเลี้ยงกันมากชนิดหนึ่ง ทั้งในรูปแบบการค้าและเลี้ยงไว้บริโภคในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากปลานิลเลี้ยงง่าย กินอาหารได้แทบทุกชนิด เนื้อมีรสชาติดี ส่วนในเรื่องราคาที่จำหน่ายนั้นค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาตะเพียนขาว ปลาสวาย ฯลฯ ดังนั้น การเลี้ยงปลานิลเพื่อผลิตจำหน่ายจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาในด้านอาหารปลาที่จะนำมาใช้เลี้ยงเป็นหลัก กล่าวคือ ต้องเป็นอาหารที่หาได้ง่าย ราคาต่ำ เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด เพราะปลานิลเป็นปลาที่ออกลูกดก ถ้าปลาในบ่อมีความหนาแน่นมากก็จะไม่เจริญเติบโต ดังนั้นการเลี้ยงที่จะให้ได้ผลดีเป็นที่พอใจก็จำเป็นต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลัก ตามประเภทของการเลี้ยง ซึ่งมีระบบต่างๆ ดังนี้ (กรมประมง, 2550; วิเชียร, 2542)

3.3.1 การเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน ควรมีการกำจัดวัชพืชและพรรณไม้ต่างๆ ออกไปจากบ่อให้หมด ถ้าเป็นบ่อเก่ามีเลนมาก จำเป็นต้องเอาเลนขึ้นก่อน ตกแต่งเชิงลาดและคันดินให้แน่น ควรกำจัดศัตรูของปลานิลก่อนที่จะปล่อยลูกปลานิลลงเลี้ยง โดยทั่วไปจะปล่อยลูกปลานิลขนาด 2-3 เซนติเมตร ในอัตรา 1-3 ตัวต่อตารางเมตร หรือ 2,000-5,000 ตัวต่อไร่ ปัจจุบันการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะของการเลี้ยง ดังนี้

การเลี้ยงปลานิลแบบเดี่ยว โดยปล่อยลูกปลาขนาดเดียวกันลงเลี้ยงพร้อมกันใช้เวลาเลี้ยง 6-12 เดือน แล้วจับทั้งบ่อ

การเลี้ยงปลานิลหลายรุ่นในบ่อเดียวกัน โดยใช้อวนจับปลาใหญ่ คัดเฉพาะขนาดปลาที่ตลาดต้องการไปจำหน่ายและปล่อยให้ปลาขนาดเล็กเจริญเติบโตต่อไป

การเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลาสวาย ปลาจีน ฯลฯ เพื่อใช้ประโยชน์จากอาหาร หรือเลี้ยงร่วมกับปลากินเนื้อเพื่อกำจัดลูกปลาที่ไม่ต้องการ ขณะเดียวกันจะได้ปลากินเนื้อเป็นผลพลอยได้ เช่น การเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลากราย ปลาช่อน หรือปลาบู่ เป็นต้น

การเลี้ยงปลานิลเพศผู้ เพื่อป้องกันการแพร่พันธุ์ในบ่อและเนื่องจากปลาเพศผู้มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศเมีย ถ้าให้ได้ปลาขนาดใหญ่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.2 การเลี้ยงปลานิลในกระชัง หรือคอกในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งบริเวณน้ำกร่อยและน้ำจืด นิยมเลี้ยงในกระชังขนาด 5x5x2 เมตร อาจเป็นกระชังหรือคอกแบบผูกติดกับที่หรือกระชังแบบลอย ปล่อยลูกปลานิลขนาด 40-50 กรัม ลงเลี้ยงในอัตรา 40-100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ให้ลูกปลากินอาหารสำเร็จรูป 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งข้อดีของการเลี้ยงปลานิลในกระชัง คือ สามารถใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำได้เต็มที่ เลี้ยงปลาได้หนาแน่น ดูแลรักษาได้ง่าย อัตราการรอดตายสูง และเลี้ยงได้ปลาที่มีขนาดไล่เลี่ยกัน

3.3.3 การเลี้ยงปลาในนาข้าว ในผืนนาจะมีอาหารธรรมชาติ ได้แก่ พืชและสัตว์เล็กๆ อยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ อาหารธรรมชาติเหล่านี้ตามปกติมิได้มีการใช้ประโยชน์แต่อย่างใด หากปล่อยปลานิลลงเลี้ยงในนาข้าว ปลาที่เลี้ยงก็สามารถใช้อาหารธรรมชาติเหล่านี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าโดยต้องลงทุน นอกจากนี้การเลี้ยงปลาในนายังก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการปลูกข้าวในนาหลายประการ เช่น ช่วยกำจัดกัดกินวัชพืชในแปลงนาเป็นอาหาร ช่วยกำจัดศัตรูของข้าวจำพวกตัวหนอน แมลง มูลและสิ่งขับถ่ายของปลาจะเป็นปุ๋ยให้แก่ต้นข้าว ช่วยให้ข้าวเจริญงอกงามมากกว่าปกติ การเลี้ยงปลาในนาข้าวจะกระทำได้จำเป็นต้องมีปริมาณน้ำที่เพียงพอระดับหนึ่ง คือ ต้องเก็บกักน้ำไว้ให้เพียงพอตลอดระยะเวลาที่ต้องการ และถ้าสามารถควบคุมปริมาณน้ำไม่ให้ท่วมผืนนาได้ แปลงนานั้นก็เหมาะที่จะเลี้ยงปลาให้ได้ผลดี

3.3.4 การเลี้ยงปลาร่วมกับสัตว์บกอื่นๆ วัตถุประสงค์เพื่อใช้มูลสัตว์เป็นอาหารและปุ๋ยในบ่อ เป็นการใช้ประโยชน์แบบผสมผสานระหว่างการเลี้ยงปลากับการเลี้ยงสัตว์อื่นๆ โดยเศษอาหารที่เหลือจากการย่อยหรือตกหล่นจากที่ให้อาหารจะเป็นอาหารของปลาโดยตรง ในขณะที่มูลของสัตว์จะเป็นปุ๋ยและให้แร่ธาตุสารอาหารแก่พืชน้ำซึ่งเป็นอาหารของปลา เป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและการแก้ปัญหามลภาวะได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการกินอาหารของปลานิล ได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปลานิลจะกินอาหารได้ดีเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส และจะหยุดกินอาหารเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ปลานิลขนาดเล็กจะเจริญเติบโตและมีอัตราแลกเนื้อดีกว่าปลานิลขนาดใหญ่ ปลานิลจะกินอาหารอย่างปกติในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ระดับสูงกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าปริมาณออกซิเจนลดลงจะใช้เวลาย่อยอาหารนานกว่าปกติ นอกจากนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคปลานิลมีหลายประการ เช่น การสะสมของอินทรียวัตถุที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกินไป ไม่มีการถ่ายเทน้ำในระหว่างการเลี้ยง และการปล่อยปลาลงเลียงในบ่ออย่างหนาแน่น ซึ่งอาจทำให้ปลาเครียดและติดเชื้อได้ง่าย เป็นต้น (กรมประมง, 2550; วิเชียร, 2550; อุดม, 2550)

4. ระบบการเลี้ยงแบบผสมผสาน

การเลี้ยงแบบผสมผสาน หมายถึง การดำเนินการเลี้ยงสัตว์น้ำร่วมกับการดำเนินกิจการอื่น ที่เอื้อประโยชน์ต่อกันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักการของการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศวิทยา ตามปกติแล้วสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาสามารถกินอาหารได้หลายรูปแบบ และแต่ละรูปแบบก็เอื้อประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้หลายระดับ โดยพยามยามใช้พื้นดินและพื้นน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และมีการจัดการกิจกรรมนั้นๆ ให้สามารถเกื้อกูลประโยชน์ซึ่งกันและกันสูงสุด ทั้งทางตรงและทางอ้อม ตามความเหมาะสมของสภาพท้องถิ่น เพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้นและพยายามลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งการเลี้ยงแบบผสมผสานนั้น เกษตรกรในประเทศไทยและต่างประเทศได้ปฏิบัติกันมานานแล้ว เช่น จีน ไต้หวัน ฮ่องกง ญี่ปุ่น รวมทั้งบางประเทศในยุโรปตะวันออก เช่น ฮังการี ประเทศเหล่านี้ต่างยอมรับว่า ระบบการเลี้ยงแบบผสมผสานกันนี้เอื้อประโยชน์ให้แก่กันเป็นอย่างดี นับเป็นระบบการผลิตทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพสูงมากระบบหนึ่ง (ศักดิ์ชัย , 2536; วิชาญ, 2546)

Hutchinson and MacArthur (1959) กล่าวว่า การเลี้ยงแบบผสมผสานจะเกิดการแข่งขันกันตามธรรมชาติและจะพบมากในระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่น โดยเกิดกับกลุ่มที่มีลักษณะทางอนุกรมวิธานที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามการสร้างอาณาเขต หรือระบบลำดับชั้นปกครองจะพบในช่วงแรกเพื่อเป็นการจัดระบบการอยู่รวมกันแล้วระดับความสัมพันธ์ระหว่างกันจะค่อย ๆ พัฒนาขึ้นในลักษณะผู้ที่มีอิทธิพลกับผู้ที่เป็นบริวาร (Wedemeyer, 1996; Martinez-Córdova and Peña-Messina, 2005) Shengli and Qinying (1995) สรุปปัจจัยความสำเร็จของการเลี้ยงกุ้งแบบผสมผสานของสัตว์น้ำว่าสิ่งสำคัญที่สุดคือ สุขภาพและการเจริญเติบโต โดยสัตว์น้ำที่นำมาเลี้ยงด้วยกันต้องช่วยลดปริมาณสัตว์น้ำที่อ่อนแอจากการเกิดโรคในบ่อเพื่อลดการระบาดของการเกิดโรคในบ่อได้และต้องช่วยปรับสมดุลของระบบนิเวศภายในบ่อได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

New and Valenti (2000) รายงานว่า ระบบการเลี้ยงแบบหลายชนิดรวมกัน (polyculture) หรือการเลี้ยงแบบผสมผสาน เป็นลักษณะการเลี้ยงสัตว์น้ำรวมกันสองชนิดหรือมากกว่าสองชนิดขึ้นไป ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันและสามารถเลี้ยงรวมในบ่อเดียวกันได้ นอกจากนี้ Lutz (2003) รายงานว่า ลักษณะการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบผสมผสานมีมานานแล้วเป็นระยะเวลานานมากกว่า 100 ปี โดยนิยมทำ การเลี้ยงในประเทศจีน ส่วนมากเป็นการเลี้ยงรวมกันระหว่างกลุ่มของปลาน้ำจืดด้วยกันเอง ได้แก่ กลุ่มปลาคาร์พในประเทศอินเดียและประเทศอิสราเอลก็มีการเพาะเลี้ยงแบบผสมผสานมากกว่า 40 ปีแล้ว เนื่องจากมีความชัดเจนในเรื่องของรายได้ที่เพิ่มมากขึ้นมากกว่าการเลี้ยงกุ้งแบบเดี่ยว (monoculture) จึงนิยมเลี้ยงปลาผสมกับการเลี้ยงกุ้งโดยกลุ่มปลาที่นิยมนำ มาเลี้ยงร่วมกัน ได้แก่ กลุ่ม tilapia, silver grass, bighead carps และ catfish ซึ่งจะนิยมเลี้ยงร่วมกับกุ้งน้ำ จืด เช่น กุ้งก้ามกราม โดยพวกปลาจะช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ ทำ ให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศภายในบ่อเลี้ยงดีขึ้น (Hendrickx *et al.*, 1996; New and Valenti, 2000; Zimmermann and New, 2000; Tian *et al*, 2001; Wickins and Lee, 2002) Wang *et al.* (1998) ศึกษาการเลี้ยงกุ้ง *P. chinensis* รวมกับปลานิลลูกผสม (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) โดยใช้ระบบปิด พบว่าอัตรารอดของกุ้ง *P. chinensis* และปลานิลลูกผสมให้ผลผลิตสูงด้วย โดยเฉพาะกุ้งที่ปล่อยในระดับความหนาแน่น 6 ตัวต่อตารางเมตร และปลานิลลูกผสม 0.32 ตัวต่อตารางเมตร ส่วนทางด้านระบบนิเวศวิทยาของบ่อกุ้ง ปลามีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม คือปลาจะควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนซึ่งส่วนใหญ่เป็นลักษณะการกินแบบเฉพาะกลุ่มโดยจะกินพวกแพลงก์ตอนขนาดใหญ่และแพลงก์ตอนสัตว์จึงช่วยลดผู้ล่าที่จะกินแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กส่วนผลกระทบทางอ้อม คือทำให้เกิดวงจรอาหาร (nutrient cycle) เนื่องจากปลาจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาทำ ให้ช่วยเพิ่มการเคลื่อนที่ของน้ำเกิดการปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกมาอยู่ในรูปสารประกอบประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ และเพื่อใช้เป็นอาหารในรูปของพลังงาน (food energy) จะถูกขับออกมาโดยกระบวนการภายในร่างกายของปลา ดังนั้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ปล่อยออกมาแพลงก์ตอนพืชก็จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนกุ้งก็จะอาศัยใช้เป็นที่หลบซ่อนและได้รับอาหารเป็นพวก periphyton นอกจากนี้ปลายังช่วยกรองพวกสารอินทรีย์ภายในบ่อทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น นอกจากการเพาะเลี้ยงรวมกับปลาแล้วยังมีสัตว์น้ำอีกหลายชนิดที่สามารถเพาะเลี้ยงรวมกันได้

Yi *et al.* (2003) รายงานว่าการเลี้ยงแบบผสมผสานระหว่างกุ้งกับปลานิล มีรูปแบบการเลี้ยงอยู่ 2 ลักษณะ คือ การเลี้ยงแบบธรรมชาติและการเลี้ยงแบบพัฒนา โดยการเลี้ยงแบบแรกจะอาศัยการสร้างอาหารธรรมชาติภายในบ่อ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ ส่วนกุ้งซึ่งอาศัยอยู่ตามพื้นก้นบ่อก็จะกินอาหารธรรมชาติที่อยู่บริเวณพื้นบ่อเป็นหลัก ส่วนการเลี้ยงแบบที่สองเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา จะอาศัยอาหารสำเร็จรูปเป็นหลัก มีเครื่องให้อากาศ พบว่าผลผลิตของกุ้งน้อยกว่าการเลี้ยงกุ้งแต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพียงอย่างเดียว แต่ผลผลิตรวมทั้งหมดของทั้งกุ้งและปลามีมากกว่าการเลี้ยงแบบชนิดเดียว โดยสัดส่วนการปล่อยกุ้งต่อปลาต้องอยู่ที่ 80:25 ตัวต่อตารางเมตร และกุ้งควรปล่อยกุ้งที่มีน้ำหนักประมาณ 3-4 กรัมต่อตัว และใช้ลูกปลาเพศผู้เพื่อต้องการควบคุมปริมาณผลผลิตของปลา

Martinez-Córdova and Peña-Messina (2005) ศึกษาการเลี้ยงกุ้งแบบผสมผสานระหว่างกุ้งขาวแวนนาไมกับกุ้งสีฟ้า (*Litopenaeus stylirostris*) พบว่าพฤติกรรมการกินของกุ้งทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน โดยกุ้งขาวแวนนาไมจะกินอาหารตลอดเวลาและกินอาหารเหลือของกุ้ง *L. stylirostris* รวมทั้งแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์หน้าดิน นอกจากนี้ยังพบว่ากุ้ง *L. stylirostris* ที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าการเลี้ยงกุ้ง *L. stylirostris* แบบเดี่ยว

Taw *et al*. (2005) ศึกษาการเลี้ยงกุ้งแบบผสมผสานระหว่างกุ้งกุลาดำกับกุ้งขาวแวนนาไมภายใต้สัดส่วนที่แตกต่างกัน คือ 60:10, 50:20 และ 40:30 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำ ดับ พบว่าบ่อที่ใช้สัดส่วนการปล่อยกุ้งกุลาดำ ต่อกุ้งขาวแวนนาไมที่เหมาะสม 60:10 ตัวต่อตาราง ได้ผลผลิตดีที่สุด

Lombardi *et al*. (2006) ศึกษาการเลี้ยงแบบผสมผสานในกระชัง (cage polyculture) ซึ่งสามารถใช้เป็นทางเลือกในการเลี้ยงกุ้งแบบผสมผสานกับสาหร่ายซึ่งเป็นการปรับปรุงหรือลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น โดยใช้กุ้งขาวแวนนาไมและสาหร่าย *Kappaphycus alvarezii*

5. องค์ประกอบและสัดส่วนของแร่ธาตุหลักในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ

แหล่งที่มาของความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ มาจาก 3 แหล่ง คือ ความเค็มจากน้ำบาดาลหรือน้ำผิวดิน ความเค็มจากการใช้เกลือสมุทร และความเค็มจากน้ำนาเกลือ ซึ่งมีองค์ประกอบของอิออนหลัก ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}), แมกนีเซียม (Mg^{2+}),โพแทสเซียม (K^{+}), โซเดียม (Na^{+}), ไบคาร์บอเนต (HCO_3^{-}), ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl^{-}) ในน้ำทะเล น้ำเลี้ยงกุ้งบริเวณชายฝั่งและน้ำเลี้ยงกุ้งที่มีความเค็มต่ำ ระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุหลักเหล่านี้จะลดลงตามความเค็มของน้ำ และแนะนำว่าสัดส่วนขององค์ประกอบของอิออนหลักที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทะเล ควรมีสัดส่วนเหมือนหรือใกล้เคียงกับน้ำทะเลปกติ (Boyd *et al*., 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในน้ำทะเลปกติคือมีความเค็มประมาณ 35 พีพีที (Boyd, 1987) และในน้ำจืด (Leopold, 1974) แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในน้ำทะเล และน้ำจืด

แร่ธาตุ	อิออน	ความเข้มข้น (mg/l)	
		น้ำทะเล[1]	น้ำจืด[2]
คลอไรด์	Cl^-	19,000	7.8
โซเดียม	Na^+	10,500	6.3
ซัลเฟต	SO_4^{2-}	2,700	11.2
แมกนีเซียม	Mg^{2+}	1,350	4.1
แคลเซียม	Ca^{2+}	400	15
โพแทสเซียม	K^+	380	2.3
ไบคาร์บอเนต	HCO_3^-	142	61
ซิลิเกต	$Si(OH)_4$	6.4	13.1
โบรมีน	Br^-	68	0.02

ที่มา : 1. Boyd (1987)

2. Leopold (1974)

การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ ถ้าความเค็มมากกว่า 0.5 พีพีที ปริมาณ Na^+, Cl^- และ K^+ ควรจะมีสัดส่วนใกล้เคียงกับน้ำทะเล เมื่อเจือจางให้ได้ความเค็มเท่ากันและควรจะมีปริมาณ Ca^{2+} สูง ความเป็นด่าง (alkalinity) มากกว่า 75 มิลลิกรัมต่อลิตร (Davis *et al.*, 2004) องค์ประกอบของอิออนและความเค็มของน้ำบางพื้นที่ที่ไม่มีน้ำทะเลเข้าถึงไม่สามารถเลี้ยงกุ้งได้โดยตรง (Boyd *et al.*, 2002 ; Saoud *et al.*, 2003; Davis *et al.*, 2004) โดยเฉพาะฟาร์มที่ต้องใช้ความเค็มจากน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล เช่นน้ำใต้ดินในประเทศอินเดียโดยทั่วไปจะมีปริมาณแคลเซียมสูง แต่มีปริมาณแมกนีเซียมและโพแทสเซียมน้อยมาก (Jain *et al.*, 2002) ความแตกต่างในปริมาณของอิออนเหล่านี้จะมีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง (Fielder *et al.*, 2001) ซึ่ง Boyd *et al.* (2002) ได้วิเคราะห์หาค่าอิออนต่างๆในหลายประเทศที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่าบางแห่งมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำมาก ทำให้ลูกกุ้งระยะที่อยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในช่วงกำลังปรับความเค็มตายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้กุ้งที่ปล่อยเลี้ยงในบ่อยังมีอัตราการรอดตายต่ำเช่นกัน แต่เมื่อมีการเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ลงไปเพิ่มโพแทสเซียมอิออน จนมีค่าถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการรอดตายของลูกกุ้งเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณแคลเซียมในน้ำที่ต่ำจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และระยะการลอกคราบของกุ้งกุลาดำจะมากขึ้น (สุริยา, 2547) และ McGraw and Scarpa (2002) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของอิออนในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าลูกกุ้งที่ขาดโซเดียมและโพแทสเซียมจะตายหมดภายในเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนลูกกุ้งที่ขาดแคลเซียมและแมกนีเซียมจะมีอัตรารอดตาย 37 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าโซเดียมและโพแทสเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว ที่เลี้ยงมากกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมอีกด้วย กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ (McGraw *et al*., 2002) โดยเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็ม 2, 4 หรือ 8 พีพีที จะมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (Samocha *et al*., 1998) เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่สามารถปรับตัวในน้ำที่มีความเค็มต่ำได้ดี โดยสามารถอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่กว้างตั้งแต่ความเค็มต่ำ (1-2 พีพีที) จนถึงน้ำที่มีความเค็มสูงมาก (50 พีพีที) (Mair, 1980) ซึ่ง Castille and Lawrence (1981) จัดกุ้งชนิดนี้เป็นได้ทั้งพวก hyper-osmotic regulation คือเมื่ออาศัยอยู่ในสภาพการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำจะปรับตัวให้สารละลายในตัวมีความเข้มข้นสูงกว่าภายนอก และพวก hypo-osmotic regulation คือเมื่ออยู่ในน้ำที่มีความเค็มสูงจะปรับตัวให้สารละลายในตัวมีความเข้มข้นต่ำกว่าภายนอก และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของออสโมลาลิตี้และแร่ธาตุส่วนใหญ่ในระบบเลือดของกุ้งขาวโดย สว่างพงษ์ และบุญรัตน์ (2551) พบว่าความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวจะอยู่ในช่วง 25-35 พีพีที เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเคมีค่อนข้างต่ำหรือควบคุมได้ดี จึงส่งผลให้กุ้งนำพลังงานไปใช้ในการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ที่ระดับความเค็มต่ำกว่า 20 พีพีที ควรที่จะมีการเสริมแร่ธาตุบางชนิดในน้ำหรือในอาหารตามความเหมาะสม

6. ความสำคัญของแร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งเป็นสัตว์ในกลุ่มครัสเตเซียน ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกายได้ โดยกุ้งจะใช้พลังงานในการพยายามควบคุมแร่ธาตุและน้ำในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ คือมีค่า osmolality ประมาณ 600 – 700 mOsm ซึ่งหากความเค็มของน้ำต่ำมากกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกายให้คงที่ ในทำนองเดียวกัน ถ้าความเค็มสูงกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย การนำกุ้งทะเลเข้ามาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ จึงเป็นการฝืนธรรมชาติ เนื่องจากกุ้งจะต้องใช้พลังงานอย่างมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆในร่างกายให้คงที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำให้กุ้งไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่ ดังนั้นกุ้งที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ จึงมักจะมีขนาดเล็ก โตช้า และให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ นอกจากนี้หากปริมาณแร่ธาตุในร่างกายมีไม่เพียงพอก็จะส่งผลให้กระบวนการลอกคราบของกุ้งไม่สมบูรณ์ และทำให้กุ้งตายระหว่างการลอกคราบได้ ดังนั้นแร่ธาตุจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งค่อนข้างมากโดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในพื้นทีมีความเค็มของน้ำต่ำ (บุญรัตน์, 2545)

กุ้งสามารถได้รับแร่ธาตุต่างๆ จากน้ำได้โดยการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร หรือการแพร่แร่ธาตุผ่านเหงือก หรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง ทั้งนี้การที่กุ้งจะสามารถดูดซึมแร่ธาตุได้มากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในน้ำและอาหาร โดยแร่ธาตุที่กุ้งต้องการแบ่งเป็น 2 ประเภท (บุญรัตน์, 2545) ได้แก่

1. แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณมาก (macro minerals) ต้องการวันละไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมขึ้นไป มี 7 ชนิด คือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซัลเฟอร์ โซเดียม คลอไรด์ และแมกนีเซียม

2. แร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย (micro / trace minerals) ต้องการวันละไม่มาก มี 16 ชนิด คือ เหล็ก แมงกานีส คอปเปอร์ ไอโอดีน โคบอลต์ ซีเซียม นิกเกิล ซิลีเนียม ฟลูออรีน โมลิบดีนัม ดีบุก โครเมียม สตรอนเซียม วาเนเดียม และซิลิคอน

ร่างกายของกุ้งต้องการแร่ธาตุ เพื่อทำหน้าที่ต่างๆกัน โดยสามารถจำแนกหน้าที่ของแร่ธาตุต่างๆที่สำคัญแต่ละชนิด ได้ดังนี้

แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างเปลือกตามปกติแคลเซียมจะสะสมในตับและตับอ่อนในรูปของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต ($CaPO_4$) มีการสะสมแคลเซียมในเลือด และส่วนอื่นของร่างกาย เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด ควบคุมการหลั่งฮอร์โมน โดยทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ช่วยให้การย่อยคาร์โบไฮเดรตเป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ควบคุมการเต้นของหัวใจ และการทำงานของระบบประสาทที่รอยต่อกับกล้ามเนื้อ (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแคลเซียมในพลาสมากุ้งไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มภายนอก และกุ้งขาวจะพยายามรักษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมให้คงที่ตลอดในทุกระดับความเค็ม ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงโอกาสที่กุ้งจะขาดแร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธาตุนี้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ (สว่างพงษ์ และบุญรัตน์, 2551) แคลเซียมในเลือดกุ้งขาวมีค่าสูงกว่าในน้ำตลอดทุกระดับความเค็ม เช่นเดียวกับกุ้ง *Penaeus latisulcatus* ที่ควบคุมแคลเซียมให้สูงกว่าน้ำภายนอก (Prangnell and Fotedar, 2006) และกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) (Funge-Smith *et al*., 2001) โดยความเข้มข้นแคลเซียมในเลือดกุ้งขาวมีค่าค่อนข้างคงที่ กล่าวได้ว่าความเค็มไม่มีอิทธิพลต่อระดับแคลเซียมในเลือด เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ พยายามรักษาระดับของแคลเซียมให้คงที่ในระบบเลือดมีปริมาณไม่สูงนักพบอยู่ในช่วง 13-16 mmol/L (บุญรัตน์ และคณะ, 2547; บุญรัตน์และสว่างพงษ์, 2553)

แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างร่างกายประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 30% พบในเนื้อเยื่อและเลือด มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆให้ทำงานดีขึ้น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่จะเปลี่ยน ATP (adenosine triphosphate) ให้เป็น ADP (adenosine diphosphate) ซึ่งเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนและการเจริญเติบโต ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับแคลเซียม และแมกนีเซียมยังมีส่วนในระบบการปรับสมดุลน้ำและอิออน ถ้าแมกนีเซียมมีมากเกินความต้องการจะถูกขับออกรวมกับของเสียออกนอกร่างกาย (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001; นงนุช, 2550) กุ้งขาวมีระดับแมกนีเซียมในเลือดต่ำกว่าภายนอกตั้งแต่ความเค็มสูงกว่า 5 พีพีที เป็นต้นไป เช่นเดียวกับในกุ้งชนิดอื่นมีระดับแมกนีเซียมในเลือดต่ำกว่าน้ำภายนอก (Frederich *et al*. 2000) กุ้ง *Penaeus latisulcatus* ควบคุมแมกนีเซียมให้ต่ำกว่าน้ำภายนอก (Prangnell and Fotedar, 2006) และมีรูปแบบการควบคุมปริมาณแมกนีเซียมในเลือดใกล้เคียงกับกุ้งกุลาดำ (Tantulo and Fotedar, 2006) และกุ้งก้ามกราม (Funge-Smith *et al*., 2001) กุ้งขาวมีการรักษาระดับแมกนีเซียมได้ค่อนข้างดีในระดับหนึ่ง กล่าวคือเมื่อความเค็มสูงขึ้นกว่า 25 พีพีที ขึ้นไป กุ้งสามารถปรับระดับแมกนีเซียมในเลือดไม่ให้สูงขึ้นมากเกินไป กุ้งยังสามารถสะสมแมกนีเซียมในเปลือกและตับให้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเค็มสูงขึ้นกว่า 25 พีพีที ขึ้นไปได้ กุ้งพยายามควบคุมแมกนีเซียมและซัลเฟอร์ในเลือดให้ได้ในสภาวะที่ขาดในน้ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแมกนีเซียมนับว่าเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อขบวนการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ (Pratoomchat *et al*., 2002)

โซเดียมนับว่าเป็นแร่ธาตุที่พบในความเข้มข้นสูงที่สุดในทุกระดับความเค็มและสูงกว่าน้ำภายนอก (hyper-ionic regulation) โดยในกุ้งขาวมีค่า 410-600 mmol/L และมีความเข้มข้นสูงขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นโดยพบสูงสุดที่ความเค็ม 45 พีพีที เช่นเดียวกับกุ้งกุลาดำ (Tantulo and Fotedar, 2006) การที่พบปริมาณของโซเดียมในเลือดสูงกว่าที่พบในน้ำทุกระดับความเค็มนั้นชี้ให้เห็นว่าถึงความจำเป็นของโซเดียมต่อสรีระของกุ้งขาวอย่างมาก ซึ่งโซเดียมจะทำหน้าที่รักษาสมดุลของ osmotic pressure

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ควบคู่กับ K^+ รักษาสภาพความเป็นกรดและด่างในร่างกายให้สมดุล ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาท ถ้าโซเดียมปริมาณมากเกินไปจะถูกขับออกพร้อมกับของเสีย ถ้ามีปริมาณโซเดียมไม่พอหรือน้อยเกินไป จะทำให้กุ้งเบื่ออาหาร การเจริญเติบโตลดลง เกิดปัญหาเกี่ยวกับการผสมพันธุ์ (นงนุช, 2550; Guillaume *et al*., 2001)

โพแทสเซียมพบอยู่ในเซลล์ของร่างกายและเลือด ส่วนในของเหลวภายนอกเซลล์พบโพแทสเซียมปริมาณน้อยมาก ระยะที่มีการเจริญเติบโตหรือเริ่มสร้างเนื้อเยื่อใหม่ ความต้องการ K^+ ในเซลล์สูงมาก มีการดูดซึมเข้าออกผ่านทางเหงือกและเนื้อเยื่อที่เหงือก โดยกระบวนการ active transport แต่ K^+ ผ่านเซลล์ โดยกระบวนการ passive transport จากความเข้มข้นมากไปสู่ความเข้มข้นน้อย โดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน ดังนั้นการขับ K^+ ที่มากเกินพอออกจากร่างกายพร้อมยูรีน ทำได้ง่ายกว่าการขับเกลือ (NaCl) ซึ่งต้องใช้กระบวนการ active transport โพแทสเซียมในเลือด เป็นของเสียที่ต้องขับออกผ่านทาง antennal gland พร้อมกับ Mg^{2+} และ SO_4^{2-} แต่ปริมาณน้อยกว่า หน้าที่ของ K^+ จะทำหน้าที่รักษาความสมดุลของร่างกายโดยการควบคุมการเข้าออกของสารและน้ำภายในเซลล์ ด้วยการทำงานพร้อมกับ Na^+ และรักษา osmotic pressure รักษาความเป็นกรด-ด่าง ภายในร่างกาย มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและการทำงานของระบบประสาท มีผลต่อจังหวะการเต้นของหัวใจ ถ้าขาด K^+ จะทำให้การใช้ประโยชน์จากโปรตีนด้อยลงไป เกิดปัญหาเกี่ยวกับการผสมพันธุ์ ทำให้เลือดเป็นกรด มีอาการอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร แต่ถ้ามี K^+ มากเกินไป จะให้หัวใจหยุดเต้น

คลอไรด์ พบในของเหลวทั้งภายในและภายนอกเซลล์ สัตว์สามารถสะสมได้มากกว่าโซเดียมและโพแทสเซียม มีหน้าที่รักษาความเป็นกรด-ด่างของน้ำย่อย รักษาสมดุลของระบบ osmotic การเข้าออกของสารและน้ำภายในเซลล์ ร่างกายได้รับและขับถ่ายหรือแลกเปลี่ยนคลอไรด์บริเวณเหงือก สลับกับเข้าออกของโซเดียมในการรักษาสมดุล สัตว์ที่อาศัยในน้ำจืด คลอไรด์จะแพร่เข้าตัว สลับกับโซเดียมที่ออกจากตัว ส่วนสัตว์ที่อาศัยในทะเล คลอไรด์จะแพร่ออกนอกตัว ในขณะที่โซเดียมจะซึมเข้าตัว (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001)

โซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม แร่ธาตุทั้ง 3 ชนิด เมื่ออยู่ในสภาพอิออน (Na^+ ,Cl^- และ K^+) ทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ซึ่งภาวะปกติภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากกว่า และมีโซเดียมและคลอไรด์น้อยกว่าภายนอกเซลล์ ซึ่งความเข้มข้นของเกลือแร่ทั้ง 3 ชนิดนี้มีอิทธิพลต่อการผ่านเข้าและออกนอกเซลล์ของน้ำ ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่ในเซลล์สูงกว่านอกเซลล์น้ำจะซึมเข้าเซลล์ แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่นอกเซลล์สูงกว่าน้ำจะซึมออกมาอยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกเซลล์ ดังนั้นสมดุลเกลือแร่ภายในและภายนอกเซลล์ จะช่วยรักษาปริมาณน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ (ประจวบ, 2537; เวียง, 2543; Guillaume *et al*., 2001)

กำมะถันเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ที่พบภายในเซลล์เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งกำมะถันพบมากในเลือดและยังพบสะสมในกล้ามเนื้อในรูปสารอินทรีย์ในปริมาณที่น้อยมาก หน้าที่ของกำมะถันในสัตว์น้ำ คือ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ช่วยควบคุมสมดุลของกรด-ด่าง ช่วยในการกำจัดความเป็นพิษของสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) และเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน วิตามินบี 1 ไบโอตินและโคเอนไซม์ (Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001)

ทองแดงและเหล็กที่มีในเลือดจะช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงให้สัตว์น้ำ แต่สำหรับสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกกุ้ง หอยและปู พบว่า ทองแดงก็จะช่วยสร้างเม็ดเลือดแดงในสัตว์กลุ่มนี้เช่นกัน โดยการนำไปเป็นองค์ประกอบของฮีโมไซยานินในเม็ดเลือดแดง และทองแดงยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์หลายชนิด รวมทั้งทองแดงยังช่วยในการดูดซึมเหล็กบริเวณผนังเส้นเลือดและใยหุ้มประสาท (Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001) ทองแดงในเลือดของกุ้งมีค่าสูงกว่าในน้ำทุกระดับความเค็ม โดยความเค็มต่ำส่งผลให้ความเข้มข้นของทองแดงในเลือด เปลือกและในตับกุ้งขาวมีค่ามากกว่าที่ระดับความเค็ม 45 พีพีที (บุญรัตน์และสว่างพงษ์, 2553) เนื่องจากกุ้งใช้พลังงานมากขึ้นในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ จึงจำเป็นต้องนำทองแดงเข้าสู่ระบบเลือดเพื่อไปใช้ในกระบวนการหายใจซึ่งสัมพันธ์กับการจับออกซิเจน และเกี่ยวข้องกับการนำออกซิเจนมาใช้ในกิจกรรมภายในเซลล์ (Lee and Shiau, 2002) จึงยังคงมีค่าสูงถึงแม้ว่าถูกเจือจางจากน้ำภายนอกก็ตาม เพราะกุ้งโดยทั่วไปแล้วมีอัตราการหายใจสูงขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะจะต้องปรับสมดุลภายในร่างกาย ซึ่งต้องใช้พลังงานมาก ชี้ให้เห็นว่ากุ้งน่าจะมีการใช้พลังงานสูงเมื่อเผชิญกับน้ำความเค็มต่ำมากกว่าน้ำความเค็มสูง

7. สมดุลของแร่ธาตุในดินสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ปฏิกิริยาของดินพื้นบ่อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของอิออนในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะขึ้นกับค่า CEC (cation exchange capacity) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) ปริมาณความเข้มข้นของอิออนบวกในดินและน้ำ บริเวณจุดแลกเปลี่ยน (cation exchange site) และอัตราการผสมของน้ำในบ่อ(Boyd *et al*., 2002) โดยดินพื้นบ่อซึ่งเป็นที่อยู่ของกุ้งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของกุ้งทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้เนื่องจากดินจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นแหล่งของแร่ธาตุและอินทรียวัตถุที่จำเป็นสำหรับกุ้ง นอกจากนี้แร่ธาตุซึ่งจำเป็นต่อแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะเชื่อมโยงไปถึงแพลงก์ตอนสัตว์ที่ใช้แพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร กุ้งสามารถดูดซึมหรือขับแร่ธาตุได้โดยตรงจากน้ำในธรรมชาติ โดยผ่านทางเหงือก และลำตัว ความต้องการแร่ธาตุขึ้นกับความเข้มข้นของเกลือแร่ในสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวกุ้ง อินทรียวัตถุในดินจะมีบทบาทสำคัญในระยะแรกของการเตรียมบ่อโดยอินทรียวัตถุจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และจะเกิดสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอน:ไนโตรเจน (C:N) ต่ำ จะเกิดการปลดปล่อยแอมโมเนีย ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะนำแอมโมเนียไปใช้ในการเจริญเติบโต หลังจากนั้นจะเกิดโรติเฟอร์ หรือแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่นๆการปล่อยลูกกุ้งในช่วงเวลาดังกล่าวลูกกุ้งจะมีอาหารธรรมชาติมาก ทำให้ลูกกุ้งมีอัตรารอดสูง และมีการเจริญเติบโตเร็ว ส่วนแร่ธาตุต่างๆที่ได้จากดินและจากปุ๋ยจะเกี่ยวข้องกับแพลงก์ตอนพืช ทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตดีและมีอายุยืนยาว ทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีพีเอชคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก การจัดการบ่อที่ดีต้องให้ความสำคัญของการให้อากาศในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะนอกจากจะเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้แก่กุ้งแล้ว ยังมีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพน้ำและดิน (สุริยา, 2547)

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระหว่าง 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำและให้ผลผลิตสูง (Boyd, 1995) ส่วนอัตราส่วนระหว่าง C:N ระหว่าง 10-15 จะเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากบ่อที่มีอัตราส่วนระหว่าง C:N สูงมากจะพบมากในพื้นบ่อที่มีสารอินทรีย์สูงมากซึ่งอาจจะทำให้การย่อยสลายเกิดขึ้นมากและอาจจะเกิดสภาพการขาดออกซิเจนในชั้นที่มีตะกอนและการย่อยมาก Davis *et al*. (2004) กล่าวว่าแร่ธาตุมีความสำคัญอย่างมากในการ osmoregulation ของคลอไรด์และโซเดียม ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แคลเซียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียมมีความสำคัญต่ออัตราการรอดตาย แต่ถ้ามีการขาดโพแทสเซียมซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อกุ้งนั้น พบว่าอัตราส่วนของ แคลเซียมต่อโพแทสเซียม ควรจะเท่ากับ 1:1 และเมื่ออัตราส่วนของแคลเซียมต่อโพแทสเซียมสูง การเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมจะลดลง ซึ่งคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง คือ ความเค็มมากกว่า 0.5 พีพีที ระดับของโซเดียม คลอไรด์ และโพแทสเซียม จะต้องคล้ายกับน้ำทะเล มีระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในปริมาณสูง ค่าความเป็นด่างมากกว่า 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในน้ำทะเล 1 พีพีที ควรจะมีระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุ คือ แคลเซียม เท่ากับ 11.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม เท่ากับ 39.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม เท่ากับ 10.7 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียมเท่ากับ 304.5 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอไรด์ เท่ากับ 551.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ซัลเฟต เท่ากับ 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้แพร่ขยายไปทางซีกโลกตะวันตก ซึ่งการใช้น้ำที่มีความเค็มจากแหล่งต่างๆ ที่ไม่ใช่น้ำทะเลก็สามารถนำมาเลี้ยงกุ้งได้ในระดับความเค็มที่แตกต่างกันและมีความแตกต่างกันขององค์ประกอบของอิออน (Boyd and Thunjai, 2003) กุ้งขาวแวนนาไมทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง คือ 0.5-40 พีพีที (McGraw *et al*., 2002) อย่างไรก็ตามเกษตรกรบางรายประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนาไมในด้วยน้ำความเค็มต่ำ แต่หลายรายไม่ประสบความสำเร็จ ปัญหาที่เกิดขึ้นอาจจะมาจากภาวะที่ขาดแคลนอิออนในบ่อเลี้ยง (Saoud *et al*., 2003; Atwood *et al*., 2003) ซึ่งการขาดแร่ธาตุที่จำเป็น รวมทั้ง K^+ และ Mg^{2+} จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้ง (Saoud *et al*, 2003; Davis *et al*., 2005)

ในมลรัฐอลาบามามีพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้หลายแห่ง เกษตรกรจะนำน้ำบาดาลที่มีความเค็มมาเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ (Saoud *et al*, 2003) เกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ด้วยน้ำความเค็มต่ำ จะมีระดับ K^+ และ Mg^{2+} สูง ส่วนที่ไม่ประสบความสำเร็จ น้ำในบ่อเลี้ยงมีอัตราส่วนของอิออนอยู่ในภาวะที่ขาดสมดุล (McNevin *et al*., 2004) K^+ และ Mg^{2+} มีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและหน้าที่เกี่ยวกับ osmoregulation ของกลุ่มครัสเตเชียน (Mantel and Farmer, 1983) ซึ่งโพแทสเซียมเป็นอิออนหลักภายในเซลล์และมีความสำคัญในการกระตุ้น Na^+-K^+ ATPase ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ extracellular volume regulation การขาดระดับที่เหมาะสมของ K^+ จะทำให้ระบบควบคุมสมดุลเปลี่ยนไป เพราะการกระตุ้นเอนไซม์มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ K^+ (Bursey and Lane, 1971)

เกษตรกรต้องการเลี้ยงกุ้งมีการเจริญเติบโตที่ดี แม้ว่าเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีระดับของ K^+ และ Mg^{2+} ต่ำ จึงควรมีการเพิ่มหรือเติม K^+ และ Mg^{2+} ในบ่อโดยตรงและควรจะรักษาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและมีอัตราการรอดตายสูง ซึ่งอัตราส่วนของ Na^+ และ K^+ ควรจะเท่ากับอัตราส่วนของแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ในน้ำทะเล (28 : 1) อัตราส่วน Mg^{2+} ต่อ Ca^{2+} ที่พบในน้ำทะเลในอัตราส่วน 3.1:1 สำหรับระดับที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนนาไมที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ ก่อนที่จะปล่อยลูกกุ้ง เกษตรกรควรจะวิเคราะห์ความเข้มข้นของ Na^+, K^+ และ Mg^{2+} และอัตราส่วนความเข้มข้นของอิออนที่สำคัญเหล่านี้ (Roy *et al*., 2007)

กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำความเค็ม 0.5-28.3 พีพีที (Smith and Lawrence, 1990) ปัจจุบันนี้มีการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำในหลายประเทศ สำหรับในประเทศไทยมีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมในน้ำจืดเพื่อเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งอัตราส่วนของอิออนมีค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใกล้เคียงกับน้ำทะเล ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วาที่อนุบาลในโรงเพาะฟักน้ำจะมีความเค็มมากกว่า 20 พีพีที อย่างไรก็ตาม ควรปรับความเค็มลูกกุ้งระยะโพสลาร์วาก่อนปล่อยลงเลี้ยงให้ใกล้เคียงกับความเค็มของน้ำในบ่อ สำหรับอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณหรือองค์ประกอบของอิออนในน้ำ ซึ่ง McGraw *et al*. (2002) ชี้ให้เห็นว่ากุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 ควรจะเลี้ยงในน้ำความเค็มประมาณ 4 พีพีที

บุญรัตน์ และคณะ (2547) พบว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ระดับความเค็มน้ำต่ำกว่า 20 พีพีที การเสริมแร่ธาตุบางชนิดในอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ (30g/kg) ทำให้ระยะเวลาในการลอกคราบของกุ้งสั้นลงอย่างชัดเจน และความถี่ของการลอกคราบเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของสว่างพงษ์ (2552) พบว่าการเลี้ยงกุ้งขาวที่ความเค็ม 5 พีพีที โดยมีการเสริมแร่ธาตุลงไปในน้ำส่งผลให้ความถี่ของการลอกคราบเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะการเสริมแร่ธาตุลงในน้ำเป็นการช่วยเสริมสร้างในกระบวนการสร้างเปลือก ทำให้ระยะเวลาในการลอกคราบสั้นลง (Li *et al*., 2008)

เมื่อกุ้งได้รับการเสริมแร่ธาตในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อสมดุลของเกลือแร่และสรีระเคมีภายในร่างกาย จะทำให้กุ้งใช้พลังงานที่ส่วนใหญ่ได้มาจากโปรตีน เพื่อการรักษาสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายลดลง รวมถึงการใช้ออกซิเจนเพื่อปรับสมดุลเกลือแร่ลดลงด้วย จึงมีปริมาณออกซิเจนเหลือมากขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย (Li *et al*., 2008) และยังส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมอาหาร เพราะกุ้งมีผลตอบสนองทางบวกต่อกิจกรรมของเอนไซม์จึงลดการสูญเสียพลังงาน (Villarreal *et al*., 1994; Lee and Lawrence, 1997; Pan *et al*., 2005) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลอกคราบให้สูงขึ้นและใช้พลังงานลดลง เพราะการลอกคราบแต่ละครั้งนั้น กุ้งต้องสูญเสียพลังงานทั้งก่อนและภายหลังการลอกคราบเพื่อการสร้างเปลือกใหม่ 7.6-17.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกุ้งกุลาดำ (Kurmaly, 1989) และ 7.1-15.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกุ้ง *Hormarus americanus* ระยะวัยรุ่น (Lemos and Phan, 2001) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อัตราแลกเนื้อมีค่าต่ำลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ สว่างพงษ์ (2552) พบว่าอัตราการแลกเนื้อกุ้งขาวต่ำกว่าเช่นกันหากมีการเสริมแร่ธาตุในน้ำเมื่อเลี้ยงที่ความเค็ม 5 พีพีที

สภาวะแวดล้อมที่มีน้ำในระดับความเค็มต่ำ ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและอัตราการรอดตายของกุ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำความเค็มต่ำนั้นจะส่งผลกระทบต่อระดับของโซเดียมและโพแทสเซียม มีผลต่อกิจกรรมของ Na^{+}-K^{+}-ATPase ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมสมดุลของอิออน (Towle, 1981; Wang *et al*., 2003) กล่าวคือการที่กุ้งต้องเผชิญกับความเค็มต่ำอย่างต่อเนื่องนั้น กุ้งจะมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำออกจากร่างกายได้ต่ำลง ทำให้ของเหลวภายในร่างกายถูกเจือจางมากเกินไป จึงส่งผลต่อระบบสรีระต่างๆ ของร่างกายและเซลล์ ประกอบกับความสามารถในการดึงแร่ธาตุมาใช้ในการสร้างเปลือกได้ช้าลง (Lignot *et al*., 2000) ทำให้กุ้งตายภายหลังการลอกคราบหรือตายจากการลอกคราบไม่ออกเป็นส่วนมาก มีผลต่ออัตราการรอดตาย ในทางกลับกันหากมีปริมาณแร่ธาตุที่เพียงพอหรือมีการเสริมแร่ธาตุให้เพียงพอกับความต้องการ กุ้งสามารถดึงเอาแร่ธาตุมาใช้ ทำให้การทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย และกระบวนการสร้างเปลือกมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถที่จะลดสภาวะเครียดของกุ้งให้ต่ำลงและส่งผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน (Pan *et al*., 2005)

8. คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล

คุณสมบัติของน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งและปลานิล ถ้ามีการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งและปลานิลที่ไม่ดีจะส่งผลต่อการกินอาหารของกุ้งและปลานิล อัตราการรอดตาย การเจริญเติบโตและการเกิดโรคต่างๆ ได้ง่ายขึ้น (Boyd and Fast, 1992) โดยเฉพาะการเลี้ยงแบบพัฒนา ที่มีอัตราการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นสูง อาจจะเกิดปัญหาขึ้นได้ถ้าหากไม่มีการจัดการคุณภาพน้ำที่ดีพอ คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล คือคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพของแหล่งน้ำ เช่น ความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ เป็นต้น (Brock and Main, 1994)

8.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ความโปร่งแสง (transparency) หมายถึงระดับความลึกที่แสงสามารถส่องลงไปใต้ระดับผิวน้ำ อาจวัดได้ในรูปของความขุ่น (turbidity) ที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยมาก ซึ่งมีผลต่อการหายใจของสัตว์น้ำ และความโปร่งแสงของน้ำแสดงให้ทราบถึงระดับความลึกสุดที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ความโปร่งแสง 30-60 เซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ หากค่าความโปร่งแสงมากกว่า 60 เซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำไม่มีความอุดมสมบูรณ์ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ แต่ถ้าความโปร่งแสงน้อยกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่ามีปริมาณแพลงก์ตอนหรือปริมาณอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารมากเกินไป ซึ่งความโปร่งแสงที่เหมาะสมในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะอยู่ในช่วง 25-50 เซนติเมตร (Brock and Main, 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันจะมีผลกระทบโดยตรงต่อสัตว์น้ำในบ่อ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การหายใจ การกินอาหารและการย่อยอาหารจะสูงขึ้น สารพิษหรือสารประเภทโลหะหนัก มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำได้มากขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนลดลง ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำขาดออกซิเจนได้ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำลง อัตราการกินอาหาร การย่อยอาหาร การหายใจลดลง อุณหภูมิน้ำที่ต่ำมาก จะมีผลทำให้สัตว์น้ำตายได้ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 26-33 องศาเซลเซียส แต่กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (Wickins and Lee, 2002) ส่วนปลานิลสามารถทนต่อระดับอุณหภูมิได้ในช่วงกว้าง คือตั้งแต่ 21.1- 42.0 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิน้ำต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า 42 องศาเซลเซียส ปลานิลจะตายได้ เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ปลานิลจะไม่กินอาหาร ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลควรอยู่ระหว่าง 19-28 องศาเซลเซียส (อุดม, 2550)

ความเค็ม (salinity) หมายถึงปริมาณเป็นกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม ซึ่งอิออนสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในการก่อให้เกิดความเค็มของน้ำมีอยู่ 7 ชนิด ได้แก่ โซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) คลอไรด์ (Cl^-) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) (Boyd, 1989) กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วาจะเจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็ม 20 พีพีที และเมื่อความเค็มลดลงเหลือ 5 พีพีที หรือสูงถึง 45 พีพีที การเจริญเติบโตจะลดลง โดยทั่วไปกุ้งขาวแวนนาไมสามารถอยู่ได้ในช่วงความเค็ม 5-35 พีพีที แต่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีความเค็มต่ำแต่ไม่ควรต่ำกว่า 3 พีพีที ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วามีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างเฉียบพลัน (Silvia *et al*., 2004) ส่วนปลานิลเป็นปลาน้ำจืดจะต้องการน้ำที่มีระดับความเค็มที่ต่ำมาก การเปลี่ยนแปลงของระดับความเค็มอย่างกะทันหันจะมีผลต่อตัวปลาเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ จากการศึกษาผลของระดับความเค็มของน้ำต่อการกินอาหารพบว่าที่ระดับความเค็ม 10 พีพีที อัตราการเจริญเติบของปลานิลจะดีกว่าระดับความเค็ม 1 พีพีที เนื่องจากระดับความเค็มที่เหมาะสมจะทำให้มีการกินอาหารได้มากขึ้น (อุดม, 2550)

8.2 คุณสมบัติทางเคมี

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ หรือพีเอช (pH, positive potential of hydrogen ions) ขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซที่ละลายในน้ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย และสารประกอบพวกกรดต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน นอกจากนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิจกรรมของแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการให้คาร์บอนไดออกไซด์แก่แหล่งน้ำ สามารถจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำได้ด้วย ซึ่งในตอนกลางวัน แพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการสังเคราะห์แสง ทำให้ค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้น ส่วนในตอนกลางคืนสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์หายใจให้คาร์บอนไดออกไซด์ มีผลทำให้พีเอชของน้ำลดลง สำหรับน้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำและมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชมาก พีเอชจะมีค่าอยู่ระหว่าง 6 ถึง 7.5 ในตอนเช้า และอาจสูงถึง 10 หรือมากกว่าในตอนบ่าย สำหรับค่าพีเอชที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำในรอบวันไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงเกิน 0.5 หน่วย ซึ่งค่าพีเอชของน้ำแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะพื้นดิน โดยทั่วไปปลานิลสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่มีระดับพีเอชตั้งแต่ 7.2-8.3 หรือในช่วงเช้าพีเอช 7 และช่วงบ่ายพีเอช 10 ก็สามารถอาศัยอยู่ได้ (อุดม, 2550) วิเชียร (2550) กล่าวว่าน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรมีพีเอชประมาณ 7.0-8.5

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยในน้ำ เพื่อการหายใจและช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในน้ำ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง ในเวลากลางวัน พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชมีการสังเคราะห์แสงจึงมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น ส่วนเวลากลางคืน ออกซิเจนในน้ำจะถูกใช้ในกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และแบคทีเรียเพื่อการย่อยอินทรีย์สาร เช่น สิ่งขับถ่าย เศษอาหาร รวมทั้งซากแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ภายในบ่อ จึงมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลดลง ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไป ควรมีค่าตั้งแต่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลมีค่าตั้งแต่ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป (วิชาญ, 2546; วิเชียร, 2550; อุดม, 2550) ในบ่อเลี้ยงกุ้ง ในเวลากลางคืนปริมาณออกซิเจนจะลดลงจนถึงเวลาเช้ามืดจึงมีความจำเป็นในการเปิดเครื่องให้อากาศเพื่อช่วยเพิ่มออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและช่วยให้การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายเพิ่มมากขึ้นด้วย (Madenjian, 1990) ชลอ และพรเลิศ (2547) กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตและสุขภาพกุ้ง ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไปอาจทำให้กุ้งตายได้ โดยความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ต่ำกว่า 3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับที่วิกฤติสำหรับการดำรงชีวิตของกุ้งปกติ โดยออกซิเจนในบ่อควรอยู่ในระดับ 5-8 มิลลิกรัมต่อลิตร (Chen, 1985)

ค่าความนำไฟฟ้า (electrical conductivity หรือ EC) ขึ้นอยู่กับสารประกอบอนินทรีย์ที่สามารถแตกตัวเป็นอิออน เช่น เกลือ กรด และด่าง ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าที่น้อยกว่า 1 มิลลิซิเมนต์ต่อเซนติเมตร จะไม่มีความเค็ม ส่วนค่าความนำไฟฟ้าที่อยู่ในช่วง 5-8 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร มีความเค็มปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และค่าความนำไฟฟ้ามากกว่า 9 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร มีความเค็มสูง ซึ่งค่าความนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำทะเล (สมเจตน์ และคณะ, 2529) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในธรรมชาติทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 100 – 1,500 มิลลิซิเมนส์ต่อเซนติเมตร (APHA *et al*., 1989) มีการนำค่าการนำไฟฟ้ามาใช้ในการศึกษาหาขอบเขตการแพร่กระจายความเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งสู่บริเวณข้างเคียง และตรวจสอบการปนเปื้อนของน้ำจากบ่อกุ้งสู่แหล่งน้ำใต้ดินที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ (ประวิทย์ และพิภพ, 2539)

ความเป็นด่าง (alkalinity) ส่วนใหญ่เกิดจากความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์อิออน (OH^-) คาร์บอเนตอิออน (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนตอิออน (HCO_3^-) ความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd, 1992) ความรุนแรงของความเป็นพิษของโลหะลดลงเมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากโดยทั่วไปพีเอชเพิ่มขึ้นตามความเป็นด่าง (Boyd and Tucker, 1998) เนื่องจากความเป็นด่างของน้ำจะเป็นแหล่งให้คาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งในรูปของคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตมาใช้ในการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสง การเพิ่มความเป็นด่างของน้ำให้สูงขึ้น โดยการใส่ปูนขาวหรือในกรณีที่ค่าความเป็นด่างของน้ำสูงและค่าความกระด้างต่ำ มักทำให้ค่าพีเอชของน้ำสูงขึ้นและปลาตายได้ โดยเฉพาะในช่วงตอนบ่ายที่แพลงก์ตอนพืชมีการสังเคราะห์แสงสูง สามารถแก้ไขโดยการใช้สารเคมี เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย ปุ๋ยอะลูมิเนียมซัลเฟต และปุ๋ยแคลเซียมซัลเฟต โดยทั่วไปบ่อเลี้ยงปลาที่มีน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตควรมีค่าความเป็นด่างและความกระด้างสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (อุดม, 2550)

ความกระด้าง (hardness) หมายถึง ปริมาณเกลือของแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งละลายอยู่ในน้ำทั้งหมด นอกจากนี้ยังรวมไปถึงปริมาณเกลือของโลหะชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส โดยทั่วไปมักมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ชลอ และคณะ (2547) กล่าวว่า ค่าความกระด้างที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าความกระด้างของน้ำต่ำควรจะมีการเติมเกลือแร่ลงไปช่วงเวลาที่กุ้งมีการลอกคราบหรือผสมเกลือแร่ในอาหารให้กุ้งกินเพื่อทดแทนปริมาณที่ไม่เพียงพอในน้ำ ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยทั่วไปจะมีค่าความกระด้างน้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นด่างและพีเอช นอกจากนี้ความกระด้างของน้ำยังช่วยลดความเป็นพิษได้เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะพวกโลหะหนัก ดังนั้นน้ำกระด้างปานกลางหรือสูงจึงมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ สำหรับน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด มีค่าความกระด้าง 150-300 มิลลิกรัมต่อลิตร หากค่าความกระด้างต่ำ สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการใส่ปูนขาว ซึ่งนิยมทำกันในขั้นตอนของการเตรียมบ่อ (นฤมล, 2550) ซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความกระด้างก็มีความสัมพันธ์กับความเค็มเช่นเดียวกับค่าความเป็นด่างรวม โดยความกระด้างส่วนใหญ่จะเกิดจาก Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นหลัก ในน้ำทะเลมีปริมาณความกระด้างสูง ความกระด้างน้ำทะเลเฉลี่ยเท่ากับ 6,600 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) (Boyd, 1990) ซึ่งการเลี้ยงกุ้งในน้ำความเค็มต่ำต้องมีการตรวจวัดค่าความกระด้างตลอดระยะการเลี้ยง เพราะจะมีปริมาณแร่ธาตุที่เป็นประจุสองบวกที่ทำให้เกิดความกระด้างต่ำ แร่ธาตุเหล่านี้จะมีผลต่อการลอกคราบของกุ้ง

แอมโมเนีย (ammonia) เป็นสารพิษซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ เศษอาหารเหลือจำพวกโปรตีน ซากสิ่งมีชีวิต และสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ การเน่าสลายเกิดขึ้นจากกิจกรรมของแบคทีเรียโดยกระบวนการ ammonification แอมโมเนียที่ได้จากกระบวนการนี้อาจถูกดูดซึมไปเป็นธาตุอาหารให้แก่แพลงก์ตอนพืชบางชนิด หรือถูกย่อยสลายให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทต่อไปโดยพวก nitrifying bacteria ซึ่งแอมโมเนียสามารถอยู่ในน้ำได้ 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนียซึ่งไม่แตกตัว (unionized ammonia, NH_3) กับแอมโมเนียมอิออนซึ่งแตกตัวได้ง่าย (ionized ammonia, NH_4^+) แอมโมเนียทั้งสองรูปรวมกันเรียกว่า ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำ (total ammonia) การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับพีเอชและอุณหภูมิของน้ำ เมื่อน้ำมีพีเอชและอุณหภูมิสูงขึ้น แอมโมเนียจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ถ้าพีเอชและอุณหภูมิของน้ำต่ำลง แอมโมเนียจะแตกตัวให้แอมโมเนียมอิออนซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทั้งนี้เพราะว่าประจุบวกที่มีอยู่จะทำให้แอมโมเนียไม่สามารถผ่านเข้าไปภายในเนื้อเยื่อบริเวณเหงือกของสัตว์น้ำได้ เมื่อแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงขึ้น จะมีผลให้การขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งทำได้น้อยลง เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ และทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้น ทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจนในตัวกุ้ง ทำให้กุ้งอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย แอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตายโดยปกติอยู่ในช่วง 0.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ, 2543) โดยที่องค์การอนามัยโลกได้กำหนดมาตรฐานของแหล่งน้ำให้มีปริมาณแอมโมเนียไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองรูปนี้จะเปลี่ยนกลับไปกลับมาขึ้นอยู่กับค่าพีเอชและอุณหภูมิ แต่จะพบว่าค่าพีเอชส่งผลต่อการแตกตัวเป็นแอมโมเนียที่ไม่แตกตัวเป็นอิออนมากกว่าอุณหภูมิ (Boyd, 1989) ระดับของแอมโมเนียที่ทำให้กุ้งโตช้าอยู่ระหว่าง 0.1-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วง 0.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้สัตว์น้ำตาย โดยทั่วไประดับแอมโมเนียที่ปลอดภัยสำหรับการเลี้ยงกุ้งควรมีค่าน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่อกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินมาตรฐาน คือน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) แต่การเปลี่ยนถ่ายน้ำสามารถลดการสะสมของแอมโมเนียได้มาก Lin and Chen (2001) ศึกษาระดับแอมโมเนียที่ปลอดภัยสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมระยะ juvenile ประมาณ 2.44 , 3.55 และ 3.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับความเค็ม 15 , 25 และ 35 พีพีที ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนไตรท์ (nitrite) ส่วนใหญ่ตรวจพบในปริมาณต่ำเพราะในธรรมชาติไนไตรท์จะไม่อยู่ในสภาพที่คงที่แต่จะถูกย่อยสลายต่อไปโดย nitrifying bacteria ได้เป็นไนเตรท ไนไตรท์จัดได้ว่าเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีพิษต่อสัตว์น้ำ ซึ่งเมื่อรวมกับ hemoglobin ในเม็ดเลือดจะทำให้ฮีโมโกลบินกลายเป็น methemoglobin เม็ดเลือดจะมีสีคล้ายช็อคโกแลต ประสิทธิภาพในการรับออกซิเจนจะลดลง สัตว์น้ำจะมีอาการขาดออกซิเจน เรียกโรคนี้ว่า methemoglobinemia ในปลาเทร้า ระดับไนไตรท์ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลามีความเครียดและตายได้ที่ 0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นพิษของไนไตรท์จะลดลงเมื่อน้ำนั้นมีความกระด้างและคลอไรด์เพิ่มขึ้น ในแหล่งน้ำชายฝั่งทั่วไปจะมีปริมาณไนไตรท์อยู่ประมาณ 0.0001 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ระดับที่ไม่เหมาะสมและเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ได้แก่ ปริมาณสูงมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) และความเข้มข้นของไนไตรท์ที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ ควรมีค่าเท่ากับ 0.3599 มิลลิกรัมต่อลิตร (Sprague, 1971) โดยปริมาณไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท แต่ในบ่อเลี้ยงสัตว์ทะเลที่มีพีเอชสูงจะทำให้การเติบโตของแบคทีเรียที่เปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรทหยุดชะงัก ทำให้เกิดการสะสมของไนไตรท์ในบ่อ (Wickins, 1985) การป้องกันปัญหาความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์สามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณสารอินทรีย์ที่ตกค้างและเน่าสลายภายในบ่อ เพื่อให้เกิดแอมโมเนียน้อยที่สุด การเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือเพิ่มออกซิเจนในน้ำสามารถลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ได้ โดยไนไตรท์ไปลดประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนของเลือดและทำลายเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ ปริมาณคลอไรด์ในน้ำช่วยลดความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำได้ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยจึงไม่ค่อยมีปัญหาจากความเป็นพิษของไนไตรท์ เพราะน้ำกร่อยมีความเข้มข้นของคลอไรด์สูง ความเข้มข้นของปริมาณไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะต่ำ น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (Boyd, 1990 ; Lawson, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ กัน

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 การเตรียมน้ำและสัตว์ทดลอง

การเตรียมน้ำ

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 1 และ 3 พีพีที โดยนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือ (brine solution) ที่มีความเค็มประมาณ 100 พีพีที มาเจือจางด้วยน้ำประปาที่ผ่านการพักจนไม่มีคลอรีนหลงเหลืออยู่เลยในถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุ 500 ลิตร จนได้ความเค็มของน้ำ 1 และ 3 พีพีที ตามลำดับ พักน้ำไว้ 2 สัปดาห์ ก่อนที่จะนำมาทดลอง

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 5 (พี 5) จากโรงเพาะฟักในจังหวัดฉะเชิงเทรา มายังศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อปรับสภาพในห้องทดลอง โดยลดความเค็มของน้ำจากระดับ 15 พีพีที ให้ลดลงเหลือ 3 และ 1 พีพีที โดยใช้เวลาในการปรับลดระดับความเค็ม 3 และ 5 วัน ในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ถังละ 1 ระดับความเค็ม จนลูกกุ้งมีอายุเป็นพี 8 และ พี 10 พร้อมที่จะนำไปทำการทดลองต่อไป ในระหว่างการปรับสภาพ ใช้อาร์ทีเมียระยะนอเพลียสและอาหารเม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหารลูกกุ้ง มีเครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอและควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ที่ 29±องศาเซลเซียส ด้วย heater

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2x2x3 Factorial design โดยมีกลุ่มการทดลองทั้งหมด 12 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 3 ซ้ำ (replication) ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 (พี 8 และ พี 10) ในน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยแต่ละความเค็มจะปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมในอัตราความหนาแน่น 60, 90 และ 120 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ

กลุ่มการทดลองที่ 1 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ปล่อยที่ความหนาแน่น 60 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 2 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ปล่อยที่ความหนาแน่น 90 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 3 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ปล่อยที่ความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 4 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) ปล่อยที่ความหนาแน่น 60 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 5 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) ปล่อยที่ความหนาแน่น 90 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 6 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) ปล่อยที่ความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 7 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ปล่อยที่ความหนาแน่น 60 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 8 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ปล่อยที่ความหนาแน่น 90 ตัวต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มการทดลองที่ 9 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) ปล่อยที่ความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 10 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) ปล่อยที่ความหนาแน่น 60 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 11 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) ปล่อยที่ความหนาแน่น 90 ตัวต่อตารางเมตร

กลุ่มการทดลองที่ 12 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 10 (พี 10) ปล่อยที่ความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร

นำลูกกุ้งขาวระยะพี 8 และ พี 10 จากในข้อ 1.1 มาทดลองในถังไฟเบอร์กลาสจำนวน 36 ถัง แต่ละกลุ่มการทดลองมีจำนวน 3 ถัง ควบคุมอุณหภูมิให้เท่ากับ 29$\pm$องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1-4)ตลอดระยะเวลาการทำการทดลองนาน 62 วัน ด้วย heater ใช้อาร์ทีเมียระยะนอเพลียสร่วมกับอาหารสำเร็จรูป เป็นอาหารในระยะ 7 วันแรก หลังจากนั้นเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป วันละ 4 มื้อ ที่เวลา 08:00, 13:00, 18:00 และ 22:00 น. มีการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 วัน ด้วยน้ำที่มีความเค็มเท่ากับความเค็มในแต่ละถัง ในปริมาณที่เท่ากัน ใช้พลาสติกสีเขียวปิดถังเพื่อควบคุมปริมาณแสงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการกินอาหารของกุ้ง สุ่มกุ้งเพื่อชั่งน้ำหนักทุก 10 วัน (ภาพที่ 5-6) และปรับอาหารตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง นาน 62 วัน วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุกวัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช และความเค็ม ส่วนความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน วิเคราะห์ทุก 7 วัน ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972)

1.3 การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญ

เก็บตัวอย่างน้ำก่อนการทดลองและในระหว่างการทดลองทุก 10 วัน จากแต่ละกลุ่มทดลอง วิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญ ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+} ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Hitachi 170-30, Japan) (APHA *et al*., 1995) ส่วน Cl^{-} และ SO_4^{2-} วิเคราะห์โดยวิธี tritration (UNEP GEMS, 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

หลังจากสิ้นสุดการเลี้ยงนาน 62 วัน นับจำนวนกุ้งในแต่ละถังทดลอง ชั่งน้ำหนัก คำนวณอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตในแต่ละกลุ่มทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test คิดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (อนันต์ชัย, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 1 ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร ใช้ในการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในห้องปฏิบัติการ

ภาพที่ 2 เตรียมน้ำความเค็ม 1 พีพีที ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10

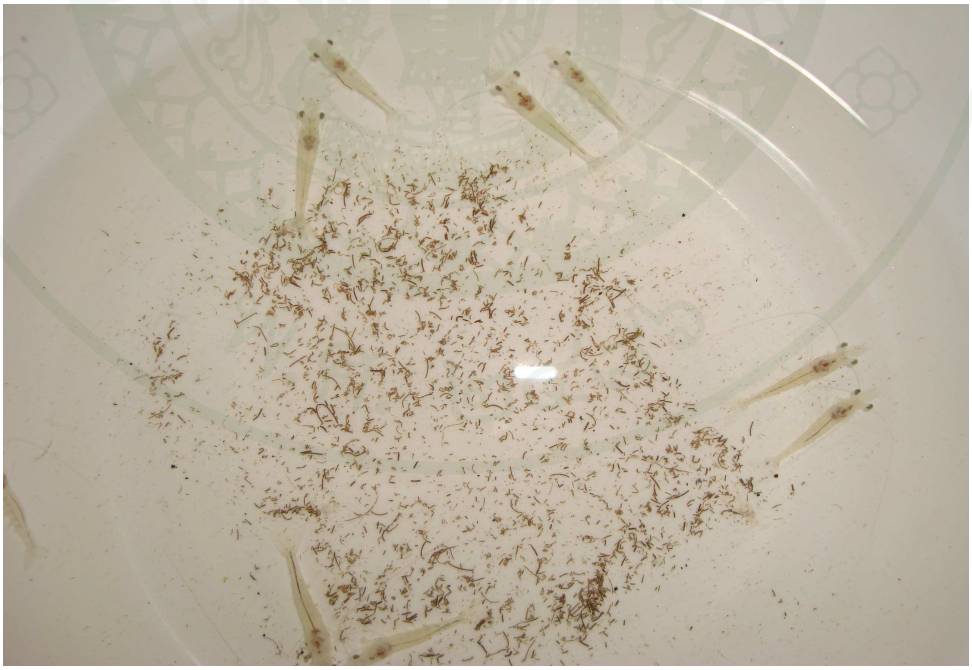
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 3 เตรียมน้ำความเค็ม 3 พีพีที ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10

ภาพที่ 4 กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 ที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 5 สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วาในระหว่างการเลี้ยง



ภาพที่ 6 สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการทุก 10 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยมีการเติมน้ำเค็มเพิ่มบางช่วงเวลาในการเลี้ยงและเติมน้ำเค็มเฉพาะก่อนปล่อยลูกกุ้งเท่านั้น

ทำการศึกษาที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเกษตรกร อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี โดยใช้บ่อเลี้ยงกุ้งจำนวน 6 บ่อ ขนาดบ่อละ 2 ไร่ ความลึกประมาณ 1.5 เมตร แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มการทดลองจำนวน 3 บ่อ ที่มีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมในทุกช่วงเดือนของระยะเวลาการเลี้ยง ให้ได้ความเค็มระหว่าง 1-3 พีพีที ส่วนกลุ่มควบคุมจำนวน 3 บ่อ มีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมเฉพาะในช่วงแรกของการเลี้ยงก่อนปล่อยลูกกุ้งเท่านั้น

2.1 การเตรียมบ่อ

หลังจากเลี้ยงกุ้งรอบที่ผ่านมา ตากบ่อให้แห้งประมาณ 1 เดือน ใช้รถแทรกเตอร์ปาดเลนรอบบ่อ (ภาพที่ 7) เพื่อให้เลนกระจายและใส่มูลนกประมาณ 120 กิโลกรัมต่อบ่อ เพื่อจะช่วยทำให้หน้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ เกิดสัตว์หน้าดินได้ง่ายเมื่อเติมน้ำเข้ามาในบ่อ และเตรียมฝังชายผ้าพลาสติกเพื่อกั้นเป็นคอกพลาสติก (หรือที่เรียกตามท้องถิ่นว่ากก) ซึ่งมีขนาดประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อ (ภาพที่ 8) เพื่ออนุบาลลูกกุ้งในช่วงแรก

2.2 การเตรียมน้ำ

สูบน้ำเข้าบ่อจากคลองน้ำจืดที่อยู่ด้านนอก โดยผ่านด้วยถุงกรอง สามชั้น (มุ้งเขียว โอล่อน ผ้าสาลู) จนได้ระดับความลึกประมาณ 1.5 เมตร หลังจากนั้นใส่ไอโอดีนน้ำเข้มข้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ทิ้งไว้อีก 1 วัน จึงนำน้ำเค็มความเค็มสูงจากนาเกลือ ความเค็มระหว่าง 150-200 พีพีที เติมลงในคอกพลาสติก บ่อละ 1 คัน ปริมาตรประมาณ 20 ตันต่อบ่อ เพื่อผสมกับน้ำจืดในบ่อภายนอกคอกพลาสติกให้ได้ความเค็มระหว่าง 1-3 พีพีที ส่วนความเค็มภายในคอกพลาสติกหรือกกประมาณ 8-10 พีพีที หลังจากเติมน้ำเค็มแล้วจะเปิดเครื่องให้อากาศเพื่อเคล้าน้ำให้ความเค็มผสมกับน้ำในให้บ่อเข้ากันดี (ภาพที่ 8) โดยเปิดเครื่องให้อากาศไว้ประมาณครึ่งวัน

กลุ่มควบคุมจะมีการเติมน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือในช่วงแรกของการปล่อยลูกกุ้งในบ่อให้มีความเค็ม 1-3 พีพีที และตลอดระยะเวลาการเลี้ยงนั้นไม่มีการเติมน้ำเค็มอีก ส่วนกลุ่มทดลองนั้นมีการเติมน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือในทุกช่วงเดือนของการเลี้ยง โดยเติมประมาณ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คันรถต่อบ่อ ประมาณ 20 ตัน เพื่อรักษาระดับความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงให้ได้ความเค็มประมาณ 1-3 พีพีที

2.3 การคัดเลือกลูกกุ้งและการปล่อยลูกกุ้ง

นำลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) ที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR: polymerase chain reaction) หรือปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสว่าปลอดเชื้อไวรัสดวงขาว (white spot syndrome virus; WSSV) ไวรัสหัวเหลือง (yellow head virus; YHV) ไวรัสทอร่า (Taura syndrome virus; TSV) และไวรัสตัวพิการ (infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus; IHHNV) และผ่านการปรับระดับความเค็มจากโรงเพาะฟักลงมาที่ 10 พีพีที ไม่ต่ำกว่า 2 วัน ที่โรงเพาะฟัก ปล่อยลูกกุ้งในช่วงเช้าประมาณ 7.00 น. ในอัตราความหนาแน่น 60,000 ตัวต่อไร่ (38 ตัวต่อตารางเมตร) นำลูกกุ้งที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกแช่ไว้น้ำข้างคอกพลาสติก เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำในบ่อและในถุงที่บรรจุลูกกุ้งให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันประมาณ 20-30 นาที (ภาพที่ 9) หลังจากนั้นปล่อยลูกกุ้งลงในคอกพลาสติก (ภาพที่ 11) มีการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของลูกกุ้งที่นำมาปล่อย โดยดูความแข็งแรงของลูกกุ้งและนับจำนวนลูกกุ้ง โดยอาศัยความชำนาญของผู้เลี้ยงประเมินว่าลูกกุ้งมีคุณภาพดีหรือไม่ดี (ภาพที่ 10)

อนุบาลลูกกุ้งที่อยู่ในคอกพลาสติกประมาณ 3-5 วัน และมีการปรับความเค็มของน้ำในคอกพลาสติกทุกวัน โดยวันแรกที่ปล่อยลูกกุ้งจะไม่ปรับความเค็ม แต่วันต่อมาจะเริ่มปรับความเค็มในคอกพลาสติก โดยจะใช้วิธีฝังท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว โดยนำมุ้งเขียวมาผูกปิดปากท่อไว้ (ภาพที่ 12) นำท่อมาฝังให้ส่วนหนึ่งอยู่ในคอกพลาสติกและอีกส่วนอยู่ในบ่อ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้น้ำในบ่อกับน้ำในคอกพลาสติกมีการผสมกัน ในวันที่ 3 ก็จะนำท่อพีวีซีอีกอันหนึ่งมาฝังเพิ่มเข้าไปในฝั่งตรงข้ามกับท่อพีวีซีอันแรก ซึ่งในคอกพลาสติกมีเครื่องให้อากาศเพื่อเคล้าน้ำให้ผสมกันตลอดเวลา หลังจาก 1 วัน ความเค็มในคอกพลาสติกจากที่เริ่มแรกอยู่ที่ 10 พีพีที จะลดเหลือเพียง 5 พีพีที จนกระทั่งในวันที่ 4 ความเค็มของน้ำในคอกพลาสติกจะลดลงเรื่อยๆ ใกล้เคียงกับน้ำภายในบ่อเลี้ยง จากนั้นก็เปิดคอกพลาสติกออก รวมระยะเวลาปรับน้ำในคอกพลาสติกไม่เกิน 5 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 การเลี้ยงและการให้อาหาร

ในระยะแรกที่ปล่อยลูกกุ้งลงในคอกพลาสติก จะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป 150 กรัมต่อมื้อ ต่อลูกกุ้ง 100,000 ตัว ให้อาหารวันละ 3 ครั้ง เมื่อปล่อยกุ้งออกจากคอกพลาสติกแล้ว จึงเริ่มปรับการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อกุ้ง 100,000 ตัวต่อมื้อ ให้อาหารวันละ 3 ครั้ง คือ 7.00 น., 12.00 น. และ 17.00 น. โดยเดินหว่านรอบบ่อ และจะมีการปรับเพิ่มปริมาณอาหารโดยดูจากการตรวจเช็คอาหารภายในยอ โดยเริ่มใส่อาหารในยอเมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 15 วัน ใช้ยอบ่อละ 2 ยอ ปริมาณอาหารที่ใส่ในยอจะใช้ฝาเครื่องดื่มเอ็ม 150 (ภาพที่ 13) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

บ่อขนาดไม่เกิน 2 ไร่ครึ่ง จะใช้ 1 ฝา ต่ออาหารกุ้ง 2 กิโลกรัม ต่อยอ เช็คยอที่ 3 ชั่วโมง

บ่อขนาดประมาณ 3 ไร่ จะใช้ 1 ฝา ต่ออาหารกุ้ง 3 กิโลกรัม ต่อยอ เช็คยอที่ 3 ชั่วโมง

บ่อขนาดประมาณ 4 ไร่ จะใช้ 1 ฝา ต่ออาหารกุ้ง 4 กิโลกรัม ต่อยอ เช็คยอที่ 3 ชั่วโมง

(1 ฝา อาหารเบอร์ 3 มีน้ำหนัก ประมาณ 4 กรัม และอาหารเบอร์ 4 กับอาหารเบอร์ 5 จะหนักประมาณ 4.7 กรัมต่อฝา)

2.5 การใช้เครื่องให้อากาศ

ใช้เครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 3 แรงม้า บ่อละ 2 เครื่อง (ภาพที่ 14) และมีเครื่องให้อากาศแบบสไปรอล 1 เครื่องในแต่ละบ่อ ในกรณีที่สภาพอากาศไม่ดี เช่นท้องฟ้ามืดครึ้มไม่มีแสงแดดติดต่อกันหลายวัน จึงจะใช้เครื่องให้อากาศชนิดนี้ ส่วนในช่วงกลางวันที่มีสภาพอากาศปกติ จะปิดเครื่องให้อากาศก่อนให้อาหาร 1 ชั่วโมง และจะเปิดเครื่องให้อากาศหลังจากให้อาหารไปแล้ว 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ

2.6 การสุ่มตัวอย่างกุ้งและการจับกุ้ง

เริ่มสุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาว โดยใช้แหที่มีขนาดช่องตาถี่ เมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 30 วัน หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างกุ้งทุกสัปดาห์จนกระทั่งจับขาย เลี้ยงนาน 120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัน ชั่งน้ำหนักกุ้งแต่ละตัวเป็นกรัม โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล นำข้อมูลในแต่ละสัปดาห์คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ส่วนข้อมูลที่ได้หลังจากจับกุ้งนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และผลผลิต

2.7 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยง

เก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 10 วัน โดยเก็บบ่อละ 2 จุด นำขวดตัวอย่างน้ำแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ต่อไป วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช และความเค็ม ส่วนความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) โดยในแต่ละพารามิเตอร์จะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

2.8 การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญ

วิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญทุกๆ 10 วัน นำขวดตัวอย่างน้ำแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญ ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+} ด้วยเครื่อง absorption spectrophotometer (Hitachi 170-30, Japan) (APHA, 1995) ส่วน Cl^{-} และ SO_4^{2-} วิเคราะห์โดยวิธี tritration (UNEP GEMS, 1994)

2.9 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน

บันทึกข้อมูลต้นทุนทั้งหมดในระหว่างการเลี้ยงในแต่ละกลุ่มทดลองซึ่งข้อมูลต้นทุนทั้งหมดเป็นต้นทุนผันแปร เนื่องจากเป็นบ่อที่ผ่านการเลี้ยงมาหลายรอบแล้ว นำมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ตามวิธีการวิเคราะห์ (ศศิวิมล, 2544) ดังนี้

ต้นทุน = ค่าพันธุ์กุ้ง + ค่าอาหาร + ค่าน้ำเค็ม + ค่าวัสดุปูนและเคมีภัณฑ์ + ค่าแรงงาน + ค่าอุปกรณ์และซ่อมบำรุง + ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด + ค่าเช่าที่ดิน + ค่าปรับปรุงบ่อ + ค่าดอกเบี้ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.10 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ ปริมาณอิออนที่สำคัญ คุณภาพน้ำที่สำคัญในระหว่างการเลี้ยง ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์โดยวิธี Independent Samples T-test โดยความแตกต่างทางสถิติคิดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (อนันต์ชัย, 2542)

ภาพที่ 7 การเตรียมบ่อ โดยการตากบ่อและใช้รถแทรคเตอร์ปาดเลนให้กระจายทั่วบ่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 8 คอกพลาสติกที่ใช้อนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม มีเครื่องให้อากาศ

ภาพที่ 9 แช่ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุลูกกุ้งข้างคอกพลาสติกเพื่อปรับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 10 การตรวจสอบจำนวนและคุณภาพลูกกุ้งก่อนปล่อยลูกกุ้ง

ภาพที่ 11 การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมในคอกพลาสติก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 12 ท่อพีวีซีที่ใช้สำหรับปรับความเค็มระหว่างคอกพลาสติกกับบ่อเลี้ยง

ภาพที่ 13 เริ่มใส่อาหารในยอเมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 15 วัน ปริมาณอาหารที่ใส่ในยอจะใช้ฝาเครื่องดื่มเอ็ม 150 (ลูกศรชี้)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 14 บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ทำการทดลอง

3. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำที่มาจากธรรมชาติและกลุ่มที่เติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้ง

ทำการศึกษาที่ฟาร์มของเกษตรกร อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร มีบ่อเลี้ยงจำนวน 6 บ่อ ขนาดบ่อละ 1.5 ไร่ ความลึกประมาณ 1.5 เมตร แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมจำนวน 3 บ่อ ใช้น้ำจากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มเพียงเล็กน้อยระหว่าง 1.4-2.0 พีพีที ส่วนกลุ่มทดลอง จำนวน 3 บ่อ มีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือที่มีความเค็ม 100-150 พีพีที มาเติมให้ได้ความเค็มเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 2.4-2.9 พีพีที ก่อนปล่อยลูกกุ้ง

3.1 วิธีการเลี้ยงกุ้ง

หลังจากจับกุ้งจากการเลี้ยงรอบที่ผ่าน ตากบ่อให้แห้งแล้วหว่านปูนขาวในปริมาณ 50-60 กิโลกรัมต่อไร่ สูบน้ำจากคลองย่อยของแม่น้ำท่าจีนเข้าบ่อ โดยผ่านผ้ากรองเพื่อป้องกันสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เข้าไปในบ่อ จนได้ระดับความลึกประมาณ 1.5 เมตร เติมอามิ-อามิ 50-60 ลิตรต่อไร่ (ภาพที่ 15) ทิ้งไว้ 2-4 วัน ซึ่งจะมีอาหารธรรมชาติ ได้แก่ หนอนแดง (ภาพที่ 16) สัตว์หน้าดินต่างๆ รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เกิดขึ้นในบ่อ นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

12 (พี 12) ที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ ว่าเปลือดเชื้อไวรัสดวงขาว ไวรัสหัวเหลือง ไวรัสทอร่า และไวรัสตัวพิการ ที่ผ่านการปรับความเค็มมาจากโรงเพาะฟักลงมาที่ 2 พีพีที มาปล่อยลงในบ่อเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 40,000 ตัวต่อไร่ (25 ตัวต่อตารางเมตร) ในระยะแรกใช้รำละเอียดเป็นอาหารแก่ลูกกุ้ง วันละ 1-2 มื้อ และเมื่ออาหารธรรมชาติหมด ซึ่งแต่ละบ่ออาจจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 14-21 วัน ซึ่งจะสังเกตได้จากกุ้งว่ายน้ำวนรอบบ่อและน้ำจะใส จึงจะเริ่มให้อาหารสำเร็จรูป มีการปรับเพิ่มลดอาหารตามวิธีการเลี้ยงกุ้งทั่วไป แต่ละบ่อจะมีเครื่องให้อากาศเป็นเครื่องยนต์แขนยาวแบบกังหันน้ำ 1 เครื่องใช้สำหรับ 2 บ่อ (ภาพที่ 17) โดยแต่ละบ่อจะมี 1 แขน แขนละ 7-8 ใบพัด (ภาพที่ 19) ในระหว่างการเลี้ยงมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตามความเหมาะสม โดยมีการสูบน้ำจากคลองธรรมชาติเข้ามาพักในบ่อพักน้ำ ก่อนที่จะเติมลงไปในบ่อเลี้ยง

3.2 การสุ่มตัวอย่างกุ้งและการจับกุ้ง

เมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 30 วัน เริ่มสุ่มกุ้งโดยใช้แหขนาดช่องตาถี่เพื่อชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างกุ้งทุกสัปดาห์จนกระทั่งจับขาย ชั่งน้ำหนักกุ้งแต่ละตัวเป็นกรัม โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล นำข้อมูลในแต่ละสัปดาห์คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ส่วนข้อมูลที่ได้หลังจากจับกุ้งนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ และผลผลิต เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งมีการใช้ลอบคอนโดทยอยจับกุ้ง ซึ่งใช้ระยะเวลาการเลี้ยงนาน 120 วัน (ภาพที่ 18)

3.3 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยง

เก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 10 วัน โดยเก็บบ่อละ 2 จุด นำขวดตัวอย่างน้ำแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ต่อไป วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช และความเค็ม ส่วนความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) โดยในแต่ละพารามิเตอร์จะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญ

วิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญทุกๆ 10 วัน นำขวดตัวอย่างน้ำแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญ ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+} ด้วยเครื่อง absorption spectrophotometer (Hitachi 170-30, Japan) (APHA, 1995) ส่วน Cl^{-} และ SO_4^{2-} วิเคราะห์โดยวิธี tritration (UNEP GEMS, 1994)

3.5 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทุก 10 วันตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด บริเวณด้านต้นลมและด้านท้ายลมของบ่อ ด้วยถังพลาสติก ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำปริมาตร 4 ลิตร กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (plankton net) ช่องตาข่ายขนาด 20 ไมโครเมตร รักษาสภาพด้วยสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ในขวดขนาด 135 มิลลิลิตร

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

การหาค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาจำนวนแพลงก์ตอนต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

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

N1 = จำนวนแพลงก์ตอนที่พบต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร
N2 = จำนวนแพลงก์ตอนที่นับได้ในน้ำ 1 มิลลิลิตร
V1 = ปริมาณน้ำในขวดตัวอย่าง
V2 = ปริมาณน้ำที่ผ่านถุงแพลงก์ตอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดิน

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

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

3.7 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน

บันทึกข้อมูลต้นทุนทั้งหมดในระหว่างการเลี้ยงในแต่ละกลุ่มทดลองซึ่งข้อมูลต้นทุนทั้งหมดเป็นต้นทุนผันแปร เนื่องจากเป็นบ่อที่ผ่านการเลี้ยงมาหลายรอบแล้ว นำมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ตามวิธีการวิเคราะห์ (ศศิวิมล, 2544) ดังนี้

ต้นทุน = ค่าพันธุ์กุ้ง + ค่าอาหาร + ค่าน้ำเค็ม + ค่าวัสดุปูนและเคมีภัณฑ์ + ค่าแรงงาน + ค่าอุปกรณ์และซ่อมบำรุง + ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด + ค่าเช่าที่ดิน + ค่าปรับปรุงบ่อ + ค่าดอกเบี้ย

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ ปริมาณอิออนที่สำคัญ คุณภาพน้ำที่สำคัญในระหว่างการเลี้ยง ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยวิธี Independent Samples T-test โดยความแตกต่างทางสถิติคิดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (อนันต์ชัย, 2542)

ภาพที่ 15 การเตรียมอามิ-อามิ สำหรับสร้างอาหารธรรมชาติในบ่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 16 หนอนแดงซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติของลูกกุ้ง

ภาพที่ 17 เครื่องให้อากาศ 1 เครื่อง สำหรับบ่อเลี้ยง 2 บ่อ โดยแต่ละบ่อจะมี 1 แขน (บ่อขนาด 1.5 ไร่)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 18 ใช้ลอบคอนโดทยอยจับกุ้งไปขายที่ตลาดมหาชัย

ภาพที่ 19 เครื่องให้อากาศ 1 แขนต่อ 1 บ่อ (บ่อขนาด 1.5 ไร่)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลในน้ำความเค็มต่ำ

ทำการทดลองในฟาร์มเลี้ยงปลานิล ตั้งอยู่ที่อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ มีบ่อเลี้ยงปลานิลขนาดใหญ่ บ่อละ 25 ไร่ จำนวน 2 บ่อ คือ บ่อ A1 และบ่อ A2 (ภาพที่ 20) ซึ่งในอดีตในฟาร์มแห่งนี้มีการเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว ในช่วงเวลาที่ปลานิลราคาไม่ดี จะประสบปัญหาการขาดทุน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ต้องการหาความเป็นไปได้ว่าถ้ามีในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเสริมในบ่อเลี้ยงปลานิล จะสามารถเพิ่มรายได้หรือทำให้เกษตรกรยึดเป็นอาชีพอย่างมั่นคงได้หรือไม่

4.1 การเตรียมบ่อและการเตรียมน้ำ

หลังจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมา ตากบ่อนานประมาณ 2 สัปดาห์ โดยไม่ได้นำเลนออกจากบ่อเนื่องจากบ่อมีขนาดใหญ่มากและไม่มีพื้นที่จะเก็บเลนเพียงพอ แต่จะใส่ปูนขาวในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านกระจายทั่วพื้นบ่อ หลังจากนั้นสูบน้ำจากคลองธรรมชาติซึ่งมีความเค็มประมาณ 0.5-3 พีพีที เข้าบ่อโดยผ่านมุ้งเขียวเพื่อป้องกันสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เข้าไปในบ่อ เติมน้ำให้ได้ระดับความลึกประมาณ 1.0 เมตร เติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ประมาณ 50 กิโลกรัมต่อบ่อ หว่านกระจายทั่วบ่อเพื่อให้เกิดอาหารธรรมชาติ หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ จึงนำลูกกุ้งและลูกปลามาปล่อยลงในบ่อ

4.2 การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมและลูกปลานิล

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) ที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ว่าปลอดเชื้อไวรัสดวงขาว ไวรัสหัวเหลือง ไวรัสทอร่า และไวรัสตัวพิการ และปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักลงมาที่ 2 พีพีที มาปล่อยลงในบ่อเลี้ยงช่วงเย็น อัตราความหนาแน่น 10,000 ตัวต่อไร่ (ภาพที่ 21) หลังจากนั้น 1 สัปดาห์จึงปล่อยลูกปลานิลเพศผู้ขนาด 1-2 เซ็นติเมตร อัตราความหนาแน่น 1,500 ตัวต่อไร่ (ภาพที่ 22, 23) และจะปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมลงเสริมในวันที่ 80 และ 120 ในบ่อ A1 ในอัตราความหนาแน่น 6,000 ตัวต่อไร่ ส่วนบ่อ A2 จะปล่อยลูกกุ้งลงเสริมในวันที่ 90 ของการเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 6,000 ตัวต่อไร่ เช่นเดียวกัน หลังจากทยอยจับกุ้งขาวออกบางส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 การให้อาหาร

จะให้อาหารเฉพาะปลานิลตลอดการเลี้ยงเท่านั้น โดยในสัปดาห์แรกจะให้รำละเอียดวันละ 3 มื้อ หว่านกระจายลงไปในบ่อ จนกระทั่งวันที่ 15 จึงให้อาหารสำเร็จรูป (อาหารกบ) โดยใส่อาหารเฉพาะในสวิงที่ปักไว้รอบบ่อประมาณ 4 จุด (ภาพที่ 24) ในช่วงแรกจะให้อาหารหลายมื้อในแต่ละวัน โดยสังเกตจากอาหารในสวิง ถ้าอาหารหมดก็จะให้เพิ่ม ประมาณวันที่ 30 จะเปลี่ยนมาใช้อาหารสำเร็จรูป (อาหารวัว) จนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง ในบางช่วงเวลาการเลี้ยง มีการนำกากน้ำปลามาเติมเพื่อกระตุ้นการกินอาหารของกุ้งขาวและมีผลทำให้ความเค็มในบ่อเลี้ยงเพิ่มขึ้นได้เล็กน้อยบางช่วงเวลา

4.4 การจับกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล

หลังจากกุ้งขาวมีขนาดประมาณ 90 ตัวต่อกิโลกรัม จะใช้อวนที่มีขนาดช่องตาที่กุ้งขนาดเล็กสามารถลอดออกได้มาลากทั้งบ่อเพื่อทยอยจับกุ้งที่มีขนาดใหญ่ออกขายบางส่วน และปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงเสริมอีกครั้ง ในอัตราความหนาแน่น 6,000 ตัวต่อไร่ หลังจากนั้นประมาณ 30-45 วัน ก็จะสามารถจับกุ้งที่เหลือรอดจากการปล่อยครั้งแรกได้อีกครั้ง ส่วนปลานิลจะใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 5-7 เดือนจึงจะจับขาย พร้อมกับจับกุ้งขาวครั้งสุดท้าย (ภาพที่ 25)

4.5 การศึกษาคุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยง

เก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 10 วัน โดยเก็บบ่อละ 2 จุด นำขวดตัวอย่างน้ำแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ต่อไป วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช และความเค็ม ส่วนความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) โดยในแต่ละพารามิเตอร์จะทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.6 การวิเคราะห์อิออนที่สำคัญ

วิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญทุกๆ 10 วัน นำขวดตัวอย่างน้ำแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญ ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+} ด้วยเครื่อง absorption spectrophotometer (Hitachi 170-30, Japan) (APHA, 1995) ส่วน Cl^{-} และ SO_4^{2-} วิเคราะห์โดยวิธี tritration (UNEP GEMS, 1994)

4.7 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนของบ่อทดลองและบ่อควบคุม ทุก 10 วันตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด บริเวณด้านต้นลมและด้านท้ายลมของบ่อ โดยวิธีการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนดำเนินการตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

4.8 การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนการปล่อยกุ้งและหลังปล่อยกุ้งแล้วทุก ๆ 10 วัน จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยเก็บตัวอย่างดินบ่อละ 2 จุดคือ บริเวณขอบบ่อและแนวหว่านอาหาร โดยวิธีการศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดินดำเนินการตามวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

4.9 การศึกษาต้นทุนผลและผลตอบแทน

บันทึกข้อมูลต้นทุนทั้งหมดในระหว่างการเลี้ยงในแต่ละซึ่งข้อมูลต้นทุนทั้งหมดเป็นต้นทุนผันแปร นำมาวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล มีการวิเคราะห์ (ศศิวิมล, 2544) ดังนี้

ต้นทุน = ค่าพันธุ์กุ้ง + ค่าอาหาร + ค่าน้ำเค็ม + ค่าวัสดุปูนและเคมีภัณฑ์ + ค่าแรงงาน + ค่าอุปกรณ์และซ่อมบำรุง + ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด + ค่าเช่าที่ดิน + ค่าปรับปรุงบ่อ + ค่าดอกเบี้ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 20 บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล บ่อขนาด 25 ไร่

ภาพที่ 21 ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) อัตราความหนาแน่น 15,000 ตัวต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 22 หลังจากปล่อยกุ้ง 7 วันจึงปล่อยปลานิลแปลงเพศขนาด 1-2 เซนติเมตร

ภาพที่ 23 ลูกปลานิลแปลงเพศ ขนาด 1-2 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 24 ใช้สวิงใส่อาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ปลานิล โดยปักรอบบ่อ

ภาพที่ 25 ใช้อวนลากเพื่อจับกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลโดยการเติมและไม่เติมน้ำเค็มในระหว่างการเลี้ยงหรือก่อนปล่อยลูกกุ้ง

ฟาร์มทดลองตั้งอยู่ที่อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ประกอบด้วยบ่อดิน 6 บ่อ พื้นที่บ่อละ 3ไร่ (ภาพที่ 26) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ส่วนกลุ่มทดลอง จำนวน 3 บ่อ มีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือที่มีความเค็มประมาณ 100-150 พีพีที มาเติมให้ได้ความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 1.3-2.7 พีพีที ก่อนปล่อยลูกกุ้ง และกลุ่มควบคุมจำนวน 3 บ่อ สูบน้ำจากคลองชลประทาน ซึ่งมีความเค็มประมาณ 0.7-1.3 พีพีที

5.1 การเตรียมบ่อและการเตรียมน้ำ

หลังจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมา ตากบ่อนานประมาณ 2 สัปดาห์ ใส่ปูนขาวในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านกระจายทั่วพื้นบ่อ และสูบน้ำจากคลองธรรมชาติซึ่งมีความเค็มประมาณ 0.7-1.3พีพีที เข้าบ่อโดยผ่านมุ้งเขียวเพื่อป้องกันสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เข้าไปในบ่อ เติมน้ำให้ได้ระดับความลึกประมาณ 1.5 เมตร หว่านกระจายทั่วบ่อเพื่อให้เกิดอาหารธรรมชาติ หลังจากนั้น 1 สัปดาห์จึงนำลูกกุ้งและลูกปลามาปล่อยลงในบ่อ

5.2 การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมและลูกปลานิล

นำลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) ที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ว่าปลอดเชื้อไวรัสดวงขาว ไวรัสหัวเหลือง ไวรัสทอร่า และไวรัสตัวพิการ และผ่านการปรับระดับความเค็มจากโรงเพาะฟักลงมาที่ 2 พีพีที ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 15,000 ตัวต่อไร่ (ภาพที่ 27) และหลังจากนั้น 1 สัปดาห์จะปล่อยลูกปลานิลเพศผู้ขนาด 1-2 เซนติเมตร ในอัตราความหนาแน่น 1,500 ตัวต่อไร่ (ภาพที่ 28) จากนั้นในวันที่ 80 และ 120 จะมีการปล่อยลูกกุ้งลงเสริมในอัตรา 5,900 ตัวต่อไร่

5.3 การให้อาหาร

ในการทดลองครั้งนี้ให้อาหารสำหรับปลานิลเพียงอย่างเดียว ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมได้อาหารจากอาหารธรรมชาติในบ่อเท่านั้น โดยในสัปดาห์แรกจะให้รำละเอียดวันละ 3 มื้อ หว่านกระจายลงไปในบ่อ จนกระทั่งวันที่ 15 จึงให้อาหารสำเร็จรูป (อาหารกบ) โดยใส่เฉพาะในสวิงที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปักไว้รอบบ่อประมาณ 4 จุด (ภาพที่ 29) ในช่วงแรกจะให้อาหารหลายมื้อในแต่ละวัน โดยสังเกตจากอาหารในสวิง ถ้าอาหารหมดก็จะให้เพิ่ม ประมาณวันที่ 30 จะเปลี่ยนมาใช้อาหารสำเร็จรูป (อาหารวัว) จนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำที่สำคัญในระหว่างการเลี้ยง ปริมาณอิออน ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดิน และศึกษาต้นทุนและผลตอบแทน ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์โดยวิธี Independent Samples T-test โดยความแตกต่างทางสถิติคิดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (อนันต์ชัย, 2542)

5.4 การจับกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล

หลังจากกุ้งขาวมีขนาดประมาณ 90 ตัวต่อกิโลกรัม จะทยอยใช้อวนที่มีขนาดช่องตาที่กุ้งขนาดเล็กสามารถลอดออกได้มาลากทั้งบ่อเพื่อทยอยจับกุ้งที่มีขนาดใหญ่ออกขายบางส่วน (ภาพที่ 30) ส่วนปลานิลจะปล่อยกลับลงไปเลี้ยงในบ่อต่อไปอีก (ภาพที่ 31) และปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงเสริมอีกครั้ง ในอัตราความหนาแน่น 6,000 ตัวต่อไร่ และเมื่อกุ้งมีขนาดใหญ่ก็สามารถทยอยจับขายออกบางส่วนได้ตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง ส่วนปลานิลจะใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 5-7 เดือนจึงจะจับขาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 26 กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมขนาด 3.5 ไร่ เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ภาพที่ 27 ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี 12) ในอัตราความหนาแน่น 15,000 ตัวต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 28 ปล่อยลูกปลานิลแปลงเพศหลังจากปล่อยลูกกุ้ง1 สัปดาห์ ในอัตราความหนาแน่น 1,500 ตัวต่อไร่

ภาพที่ 29 การให้อาหารปลาโดยใส่ในสวิง โดยปักไว้รอบบ่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 30 การใช้อวนตาห่างลากกุ้งออกบางส่วน

ภาพที่ 31 คัดกุ้งและแยกกุ้งขาวออก และปล่อยปลานิลลงเลี้ยงต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ กัน

1.1 ผลน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10

หลังจากเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 (พี 8) และ 10 (พี 10) ด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้ง ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและระดับความเค็ม และมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง (ตารางผนวกที่ 1) สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งสุดท้าย หลังจากเลี้ยงนาน 62 วัน แสดงในภาพที่ 33

ที่ระดับความเค็ม 1 พีพีที กลุ่มการทดลอง 1-6 (พี 8 และ พี 10, 60-120 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.89 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับระดับความเค็มที่ 3 พีพีที ในกลุ่มการทดลอง 7-12 (พี 8 และ พี 10, 60-120 ตัว/ตร.ม.) ซึ่งน้ำหนักเฉลี่ย 2.16 กรัม (ตารางผนวกที่ 4ก-ข) จะเห็นได้ว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที เนื่องจากอัตราการรอดตายของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที ถึง 80.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีจำนวนกุ้งเหลือรอดสุดท้ายระหว่าง 53-86 ตัว/ถัง ขณะที่กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที มีอัตราการรอดตายเพียง 43.9 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนกุ้งเหลือรอดสุดท้าย 34-42 ตัว/ถัง (ตารางที่ 2) จึงทำให้กุ้งในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายหลังจากการเลี้ยงนาน 62 วัน สูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที

กลุ่มการทดลองที่ 1, 4, 7 และ 10 (พี 8 และ พี 10, 1 และ 3 พีพีที) ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.84 กรัม ส่วนในกลุ่มการทดลองที่ 2, 5, 8 และ 11 (พี 8 และ พี 10, 1 และ 3 พีพีที) ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม. มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.71 กรัม ซึ่งอัตราการปล่อยลูกกุ้งที่ 60 และ 90 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้ง ส่วนกลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.06 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(P<0.05) กับกลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 และ 90 ตัว/ตร.ม. (ตารางผนวกที่ 5ก-ค) แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะพี 8 และ พี 10 ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที มีอัตราการปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. ได้กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งอัตราการปล่อยลูกกุ้งและอัตราการรอดตาย หรือจำนวนกุ้งที่เหลือรอดสุดท้ายมีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้ง ในขณะที่ระยะลูกกุ้งที่ใช้เลี้ยงไม่มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม

น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งที่ใช้เลี้ยง (พี 8 และ พี 10) และอัตราการปล่อย (60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม.) กลุ่มการทดลอง 4 และ 10 (พี 10, 60 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูง 3.16 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กลุ่มการทดลองที่ 5 และ 11 (พี 10, 90 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.84 กรัม ส่วนกลุ่มการทดลอง 2 และ 8 (พี 10, 60 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.57 กรัม ส่วนกลุ่มการทดลอง 1 และ 7 (พี 8, 120 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.53 กรัม กลุ่มการทดลอง 3 และ 9 (พี 8, 90 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.37 กรัม และกลุ่มการทดลอง 6 และ 12 (พี 8, 60 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุด คือ 1.75 กรัม (ตารางผนวกที่ 6ก-ค)

นอกจากนี้น้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง กลุ่มการทดลอง 2 และ 5 (1 พีพีที, 90 ตัว/ตร.ม.) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูง คือ 3.40 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มการทดลองที่ 3 และ 6 (1 พีพีที, 120 ตัว/ตร.ม.), กลุ่มการทดลองที่ 8 และ 11 (3 พีพีที, 90 ตัว/ตร.ม.) และกลุ่มการทดลองที่ 9 และ 12 (3 พีพีที, 120 ตัว/ตร.ม.) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.20, 2.01 และ 1.92 กรัม ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 7ก-ค)

1.2 ผลของอัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10

ระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อย และมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อย (ตารางผนวกที่ 2) การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมแสดงในภาพที่ 32

หลังเลี้ยงนาน 62 วัน ระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงที่ระดับความเค็ม 1 และ 3 พีพีที มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 1-6) มีอัตราการเจริญเติบโต 0.047 กรัมต่อตัวต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที (กลุ่มการทดลองที่ 7-12) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 0.034 กรัมต่อตัวต่อวัน (ตารางผนวกที่ 8ก-ข) เนื่องจากที่ระดับน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที

อัตราการปล่อยลูกกุ้งที่ระดับความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง กลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. (กลุ่ม 1, 4, 7 และ 10) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด คือ 0.046 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม. (กลุ่ม 2, 5, 8 และ 11) ที่มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.042 กรัมต่อตัวต่อวัน (P<0.05) และกลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. (3, 6, 9 และ 12) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 0.033 กรัมต่อตัวต่อวัน แต่ที่ความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม. และ 120 ตัว/ตร.ม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางผนวกที่ 9ก-ค) จะเห็นได้ว่าอัตราการปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะพี 8 และ พี 10 ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ถ้าปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. กุ้งจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด รองลงมาคือปล่อยในอัตราความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม. และที่ความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด

นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อย ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ใช้ลูกกุ้งพี 10 ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. และ 90 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 4 และ 10, กลุ่มการทดลอง 5 และ 11) มีอัตราการเจริญเติบโตสูง คือ 0.050 และ 0.046 กรัมต่อตัวต่อวัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มการทดลองที่ใช้ลูกกุ้งพี 8 และปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 1 และ 7, 2 และ 8, 3 และ 9) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.041, 0.039 และ 0.038 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 10ก-ค)

อัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 2 และ 5) มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด 0.055 กรัมต่อตัวต่อวัน และมีจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตายสุดท้าย 36 -37 ตัว/ถัง (ตารางที่ 2) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 90 (กลุ่มการทดลอง 8 และ 11) ที่มีจำนวนกุ้งที่เหลือดรอดตายสุดท้าย 74-76 ตัว/ถัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และ 120 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 9 และ 12) มีกุ้งเหลือรอดตายสุดท้าย 84-86 ตัว/ถัง และกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 3 และ 6) ที่มีจำนวนกุ้งเหลือรอดตายสุดท้าย 36-42 ตัว/ถัง ซึ่งแต่ละกลุ่มการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.030, 0.031 และ 0.036 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 11ก-ค) จำนวนกุ้งที่เหลือรอดสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งแต่ละกลุ่มการทดลองนั้นมีผลมาจากการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มแตกต่างกันที่ความเค็ม 1 พีพีที และ 3 พีพีที

1.3 ผลของอัตราการรอดตายของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10

ระยะลูกกุ้ง ระดับความเค็มและอัตราการปล่อยมีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการรอดตายมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง (ตารางผนวกที่ 3)

ระดับความเค็มมีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง โดยกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 7-12) มีอัตราการรอดตายสูง 80.9 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกุ้งเหลือรอดสุดท้ายระหว่าง 53-86 ตัว/ถัง ส่วนกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 1-6) มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 43.9 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนกุ้งเหลือดรอดสุดท้าย 34-42 ตัว/ถัง ซึ่งอัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางผนวกที่ 12ก-ข)

นอกจากนี้ผลของระยะลูกกุ้งที่ใช้ คือ พี 8 และ พี 10 โดยการใช้ลูกกุ้ง พี 8 มีอัตราการรอดตาย 61.2 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ลูกกุ้ง พี 10 ในการเลี้ยง มีอัตราการรอดตาย 63.6 เปอร์เซ็นต์ อัตราการรอดตายของกุ้งพี 8 และ พี 10 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางผนวกที่ 13ก-ข) ส่วนอัตราการปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม.มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง โดยกลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 1, 4, 7 และ 10) มีอัตราการรอดตายสูง 73.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับกลุ่มการทดลองที่ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 90 (2, 5, 8 และ 11) และ 120 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 3, 6, 9 และ 12) ที่มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 61.8 และ 51.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 14ก-ค) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะพี 8 และ พี 10 ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที และปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. กุ้งมีอัตราการรอดตายสูงที่สุด รองลงมาคือที่อัตราความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนอัตราการปล่อยที่ความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. มีอัตราการรอดตายของลูกกุ้งต่ำสุด ซึ่งอัตราการปล่อยมีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกกุ้ง

นอกจากนี้อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อยที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง กลุ่มการทดลองที่ใช้ลูกกุ้งพี 10 และเลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 10-12) และกลุ่มการทดลองที่ใช้ลูกกุ้งพี 8 และเลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 7-9) มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 81.5 และ 80.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งอัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มการทดลองที่ใช้ลูกกุ้งพี 10 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 4-6) และกลุ่มการทดลองที่ใช้ลูกกุ้งพี 8 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที (กลุ่มการทดลอง 1-3) ซึ่งมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 45.6 และ 42.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 15ก-ค)

อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 7 และ 10) มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด 88.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตายสุดท้ายเท่ากับ 53 ตัว/ถัง กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที ปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 90 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 8 และ 11) มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 83.5 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตายสุดท้าย 74-76 ตัว/ถัง นอกจากนี้กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที และปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 9 และ 12) มีจำนวนกุ้งเหลือรอดตายสุดท้าย 84-86 ตัว/ถัง และมีอัตราการรอดตาย 71.0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที และปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่น 60 (กลุ่มการทดลอง 1 และ 4) มีจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตาย 34-37 ตัว/ถัง ปล่อยที่ความหนาแน่น 90 (กลุ่มการทดลอง 2 และ 5) มีจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตายสุดท้าย 36-37 ตัว/ถัง และที่ความหนาแน่น 120 ตัว/ตร.ม. (กลุ่มการทดลอง 3 และ 6) มีจำนวนกุ้งเหลือรอดตายสุดท้าย 36-42 ตัว/ถัง ซึ่งมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 59.2, 40.2 และ 32.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแต่ละกลุ่มการทดลองมีอัตราการรอดตายที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ภาคผนวกที่ 16ก-ค)

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้ลูกกุ้งระยะพี 8 และ พี 10 ของกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีทีนั้น มีอัตราการรอดตายที่ดีกว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ McGraw *et al*. (2002) และ Davis *et al*. (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รายงานเกี่ยวกับระยะเวลาการปรับตัวของกุ้งระยะพี 10 ที่ 48 ชั่วโมง กุ้งที่เลี้ยงในน้ำที่มีระดับความเค็มมากกว่า 4 พีพีที มีอัตราการรอดตายที่ดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 2 พีพีที หรือความเค็มต่ำกว่า ขณะที่ McGraw and Scarpa (2004) รายงานว่ากุ้งระยะโพสลาร์วามีการปรับตัวตามความเค็มต่ำที่ใช้ในการเลี้ยงตามสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งความเค็มที่ลดลงมีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งแต่จากการทดลองในครั้งนี้กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที (กลุ่มการทดลองที่ 7-12) มีอัตราการรอดตายและจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตายสุดท้ายมากกว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที (กลุ่มการทดลองที่ 1-6) หลังจากการเลี้ยงเป็นเวลานาน 62 วัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เลี้ยงด้วยลูกกุ้งในระยะอายุเดียวกันและปล่อยที่อัตราความหนาแน่นเท่ากัน แต่ลูกกุ้งระยะพี 8 และ พี 10 ในการศึกษาในครั้งนี้มีอัตราการรอดตายที่ไม่แตกต่างกัน อาจจะเนื่องมาจากการใช้กุ้งระยะพี 8 และ พี 10 มีความแตกต่างของระยะช่วงอายุเพียง 2 วัน เท่านั้น ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมนั้นมีความทนทานต่อความเปลี่ยนแปลงของความเค็มได้ดีในกุ้งระยะพี 10 ถึง พี 40 (Mair, 1980; Cawthorne *et al*., 1983; Kumulu and Jones, 1995; Rosas *et al*., 1999; Tsuzuki *et al*., 2000) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบอัตราการรอดตายของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะพี 8 และ พี 10 ที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่างๆ กันด้วยน้ำความเค็มระหว่าง 1 ถึง 3 พีพีทีนั้น จึงมีอัตราการรอดตายที่แตกต่างกัน

การเลี้ยงกุ้งในน้ำความเค็มต่ำมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและอัตราการรอดตายของกุ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำความเค็มต่ำนั้นจะส่งผลกระทบต่อระดับของ Na^+ และ K^+ มีผลต่อกิจกรรมของ Na^+ - K^+ ATPase ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมสมดุลของอิออน (Towle, 1981; Wang *et al*., 2003) หากมีการเสริมแร่ธาตุเข้าไปให้เพียงพอต่อทั้งสมดุลเกลือแร่และสมดุลอิออน มีผลต่ออัตราการรอดตาย การที่กุ้งต้องเผชิญกับความเค็มต่ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้กุ้งมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำออกจากร่างกายได้ต่ำลง ทำให้ของเหลวภายในร่างกายถูกเจือจางมากเกินไป จึงส่งผลกระทบต่อระบบสรีระของร่างกายและเซลล์ ประกอบกับความสามารถดึงแร่ธาตุมาใช้ในการสร้างเปลือกได้ช้าลง (Lignot *et al*., 2000) ทำให้กุ้งตายภายหลังการลอกคราบและตายคาคราบเป็นส่วนมาก ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย ถ้ามีปริมาณแร่ธาตุที่เพียงพอหรือมีการเสริมแร่ธาตุให้เพียงพอกับความต้องการของกุ้ง กุ้งสามารถดึงเอาแร่ธาตุมาใช้ภายในกระบวนการทางสรีระและการสร้างเปลือกอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถที่จะลดสภาวะเครียดของกุ้งได้และส่งผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน (Pan *et al*., 2005) Roy *et al*. (2007) รายงานว่าการเลี้ยงกุ้งขาวที่มีการเสริมแร่ธาตุในอัตราส่วนของ Na : K เท่ากับ 28:1 ที่ความเค็ม 4 พีพีที ทำให้อัตราการรอดตายของกุ้งเพิ่มสูงขึ้น และการเสริมแร่ธาตุบางชนิดลงในน้ำของการเลี้ยงกุ้งชนิดเดียวกันที่ความเค็ม 5 พีพีที ทำให้มีอัตราการรอดตายสูงขึ้นกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับการเสริมแร่ธาตุ (สว่างพงษ์, 2552)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำในหลายพื้นที่ของประเทศ แร่ธาตุที่มีความสำคัญอันดับแรกๆ ของการเลี้ยง คือ Na^+ ซึ่งในกุ้งขาวแวนนาไมมีค่าประมาณ 410-600 mmol/L และมีความเข้มข้นสูงขึ้นเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น การที่พบปริมาณโซเดียมในเลือดสูงกว่าที่พบในน้ำทุกระดับความเค็มนั้นชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของโซเดียม ต่อสรีระของกุ้งขาวอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำความเค็มต่ำ บุญรัตน์และสว่างพงษ์ (2553) รายงานว่ากุ้งขาวสามารถปรับสภาพร่างกายในการยอมรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียม จากน้ำภายนอกได้ดีในช่วงความเค็ม 25 และ 45 พีพีที ขณะที่ความเค็มต่ำกว่า 25 พีพีที กุ้งจะพยายามรักษาระดับโซเดียมในเลือดให้คงที่ประมาณ 410-500 mmol/L ซึ่งความเข้มข้นโซเดียมในเปลือกมีค่าแปรผันตามความเค็มน้ำที่สูงขึ้น โดยมีความเข้มข้นสูงสุดที่ความเค็ม 45 พีพีที ซึ่งกุ้งพยายามควบคุมไม่ให้โซเดียมในเลือดมากเกินไป โดยพิจารณาจากความเข้มข้นของโซเดียมในพลาสมาของกุ้งมีค่าเปลี่ยนแปลงต่ำเมื่อเผชิญกับความเค็ม 25 พีพีที เป็นต้นไป และเป็นไปได้ว่ากุ้งพยายามขับโซเดียมออกจากร่างกายอาจจะไม่เพียงพอ ทำให้มีการสะสมในเปลือกมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกุ้งพยายามรักษาระดับโซเดียมในตับให้คงที่ตลอดทุกความเค็ม แม้ว่าปริมาณของโซเดียมในน้ำภายนอกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดสภาวะโซเดียมที่มากเกินไปภายในเซลล์ตับ

กุ้งขาวแวนนาไมสามารถได้รับแร่ธาตุที่จำเป็นจากน้ำโดยแลกเปลี่ยนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ที่เหงือก หรือการได้รับแร่ธาตุโดยตรงจากอาหารและการดูดซึมบริเวณลำไส้ แต่มีการสูญเสียแร่ธาตุเนื่องจากความเครียดและจากกระบวนการลอกคราบ (Lignot *et al*., 2000) ตามปกติกุ้งขาวแวนนาไมพยายามรักษาระดับความเข้มข้นของ Ca^{2+} ให้คงที่ตลอดเวลาในทุกระดับความเค็มของน้ำ ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ กุ้งมีโอกาสได้รับปริมาณ Ca^{2+} ที่ไม่เพียงพอซึ่งจะทำให้กุ้งเปลือกบาง เปลือกนิ่ม และเปลือกแข็งช้าหลังจากการลอกคราบ เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในน้ำความเค็มปกติ (บุญรัตน์, 2545) Cawthorne *et al*. (1983) รายงานว่า ปัญหาการตายของกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศเอกวาดอร์ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ มีสาเหตุมาจากปริมาณ K^+ น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงแก้ปัญหาโดยการเติมปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ลงในน้ำเพื่อให้ K^+ มีความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการรอดตายของกุ้งสูงขึ้น สัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนพยายามรักษาแร่ธาตุในร่างกายให้คงที่ และการเปลี่ยนแปลงของ Na^+, K^+, Ca^{2+} และ Mg^{2+} ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญ

ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญ 6 ชนิด ของกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที (กลุ่มการทดลองที่ 7-12) มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที (กลุ่มการทดลองที่ 1-6) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง นาน 62 วัน (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 34-39) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ธาตุในน้ำความเค็ม 1 พีพีที ที่ใช้เลี้ยงกุ้งในการศึกษาครั้งนี้บางส่วนมีความใกล้เคียงกับน้ำทะเลปกติ ที่นำมาเจือจางให้เหลือความเค็ม 1 พีพีที ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุที่สำคัญในปริมาณดังต่อไปนี้ Ca^{2+} เท่ากับ 11.6, Mg^{2+} เท่ากับ 39.1, K^{+} เท่ากับ 10.9, Na^{+} เท่ากับ 304.5, Cl^{-} เท่ากับ 551 และ SO_4^{2-} เท่ากับ 78.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Davis *et al*.,2004) องค์ประกอบของแร่ธาตุในน้ำความเค็ม 1 พีพีที ในกลุ่มการทดลองที่ 1-6 มีค่าของ SO_4^{2-}, Mg^{2+} และ K^{+} สูงกว่าน้ำทะเลปกติ ที่นำมาเจือจางให้เหลือความเค็ม 1 พีพีที ส่วนแร่ธาตุชนิดอื่น เช่น Ca^{2+}, Na^{+} และ Cl^{-} มีค่าใกล้เคียงกับน้ำทะเลปกติ ที่นำมาเจือจางให้เหลือความเค็ม 1 พีพีที ซึ่งมีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 35.0-61.1 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญแต่ละชนิดในน้ำความเค็มต่ำมีค่าใกล้เคียงกับน้ำทะเลปกติหรือมากกว่าเล็กน้อย จะมีความสามารถเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้ในอัตราการรอดตายที่แสดงในผลการทดลองข้างต้น

แร่ธาตุเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการ osmoregulation ซึ่ง Cl^{-} และ Na^{+} มีหน้าที่สำคัญ (Castill and Lawrence, 1981; Ferraris *et al*., 1986; Parado-Estepa *et al*., 1987) องค์ประกอบของแร่ธาตุในน้ำเค็มที่พบนั้นมีความสำคัญต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ปริมาณของ Na^{+} และ Cl^{-} อยู่ในระดับที่กุ้งต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการทางด้านสรีระวิทยา ซึ่งสัตว์น้ำสามารถได้รับแร่ธาตุที่จำเป็นได้จากน้ำและอาหาร แร่ธาตุที่สำคัญในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อเลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ อย่างไรก็ตามความต้องการแร่ธาตุที่จำเป็นของสัตว์น้ำนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำที่ใช้เลี้ยง (Davis *et al*., 1990) มีนักวิจัยหลายรายได้ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ Mg^{2+} และ K^{+} ในน้ำความเค็มต่ำที่มีผลต่ออัตราการตายของกุ้งระยะโพสลาร์วา (Rahman *et al*., 2005) และมีการแนะนำว่าในน้ำเค็มจะมีแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ชนิด คือ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} มีหน้าที่สำคัญต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ส่วน Davis and Lawrence (1997) และ Lin *et al*. (2000) รายงานว่าในช่วงที่กุ้งมีการเจริญเติบโตหรือเริ่มสร้างเนื้อเยื่อใหม่ จะมีความต้องการ Ca^{2+} และ K^{+} เพื่อนำมาใช้ในเซลล์สูงมากโดยจะดูดซึมผ่านทางเหงือกโดยกระบวนการ active transport หรือผ่านเซลล์จากความเข้มข้นสูงสู่ความเข้มข้นต่ำ (passive transport) และถ้าในร่างกายมีปริมาณ K^{+}, Mg^{2+}และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SO_4^{2-} มากเกินไป จะถูกขับออกจากร่างกายพร้อมกับยูรีนผ่านทาง antennal gland เพื่อรักษาระดับ K^+, Mg^{2+}และ SO_4^{2-} ในเลือดให้ต่ำกว่าปริมาณที่มีอยู่ในน้ำภายนอก แต่ปริมาณ K^+ ที่ขับออกจะน้อยกว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำมาก ปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำต่ำ ลูกกุ้งจะต้องใช้พลังงานมากเพื่อรักษาสมดุลของแร่ธาตุในร่างกายโดยเฉพาะ K^+ ซึ่งมีความสำคัญต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของลูกกุ้ง นอกจากนี้ Roy *et al.* (2007) กล่าวว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในบริเวณที่ใช้น้ำความเค็มต่ำที่ มีปริมาณ K^+ และ Mg^{2+} น้อยมาก ควรจะมีการเติม K^+ และ Mg^{2+} เพื่อที่จะรักษาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมภายในบ่อเลี้ยง ซึ่งในน้ำทะเลปกติพบอัตราส่วนของแมกนีเซียมและแคลเซียม เท่ากับ 3.1 : 1 ซึ่ง McNevin *et al.* (2004) กล่าวว่า K^+ และ Mg^{2+} เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และมีหน้าที่สำคัญสำหรับการ osmoregulation ของครัสเตเชียน ซึ่ง K^+ ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการ Na^+-K^+ ATPase การขาด K^+ จะทำให้กระบวนการ osmoregulation และการกระตุ้นเอนไซม์ไม่เป็นปกติ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ K^+

การศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีอัตราการรอดตายของกุ้งระยะพี 8 และ พี 10 สูงกว่ากุ้งกลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ในระดับที่มีอัตราความหนาแน่นเท่ากัน เนื่องจากปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญทั้ง 6 ชนิด กลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีปริมาณมากกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ประมาณ 2 เท่า ซึ่งความแตกต่างของปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญนี้มีผลต่ออัตราการรอดตาย หลังจากเลี้ยงนาน 62 วัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ แก้วตา (2548) และนลินี (2551) ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และนิธิศ (2550) ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในน้ำความเค็มต่ำเช่นเดียวกัน ในขณะที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งรายย่อยในประเทศไทย ที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำมีการเติมน้ำจืดเข้าไปในบ่อเลี้ยงเพื่อทดแทนปริมาณน้ำที่ระเหยหรือรั่วซึมออกจากบ่อ ทำให้ความเค็มของน้ำรวมทั้งปริมาณแร่ธาตุต่างๆ จะลดลงเรื่อยๆ มีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้ง (Pattarakulchai *et al.*, 2007) ในการศึกษาครั้งนี้น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มทั้ง 1 และ 3 พีพีที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

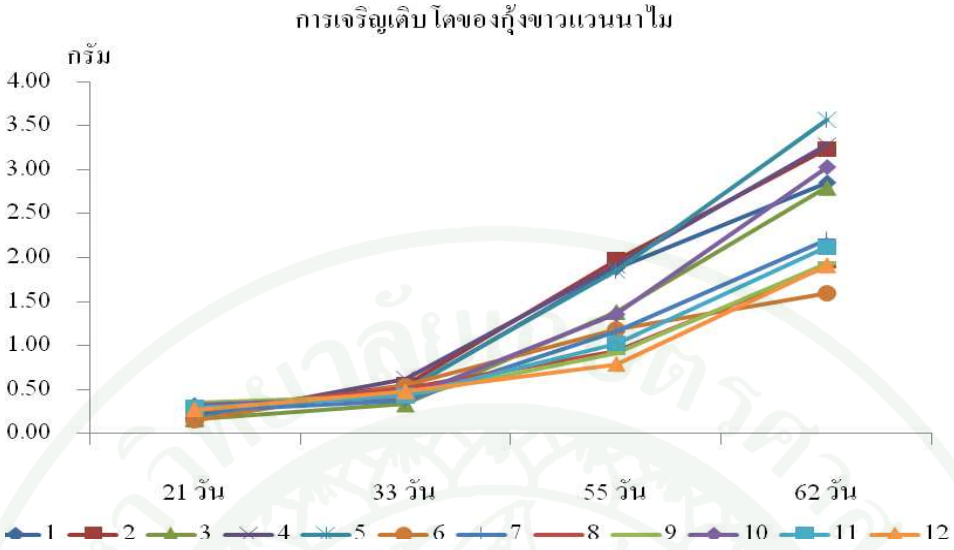
1.5 คุณภาพน้ำที่สำคัญ

คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช ความเป็นด่างรวม แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ ของกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที และกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คุณภาพน้ำที่สำคัญอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง นอกจากนั้น ในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีค่าความกระด้างสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 7) ซึ่งชลอ และพรเลิศ (2547) ได้กล่าวว่าความกระด้างของน้ำสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้นไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเค็มตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงไม่ควรต่ำกว่า 4 พีพีที แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ค่าความกระด้างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 330.9-607.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในครั้งนี้อยู่ในระดับที่ต่ำเพียง 1 และ 3 พีพีที เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

ภาพที่ 33 สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้งสุดท้าย หลังจากเลี้ยงนาน 62 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 จำนวนกุ้งที่เหลือรอดสุดท้าย น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมโพสลาร์วา 8 และ 10 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

กลุ่มการทดลอง	จำนวนกุ้งที่เหลือรอดสุดท้าย (ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	อัตราการรอดตาย (%)
1	34±2.08	2.85±0.56	0.046±0.009	57.2±3.48
2	36±0.58	3.23±0.90	0.052±0.014	39.6±0.69
3	36±2.08	2.80±0.28	0.045±0.005	29.7±1.70
4	37±1.15	3.28±0.95	0.053±0.015	61.1±1.90
5	37±1.15	3.57±0.35	0.058±0.005	40.7±1.27
6	42±1.73	1.59±0.03	0.026±0.001	35.0±0.80
7	53±1.52	2.21±0.43	0.036±0.007	88.3±2.89
8	74±1.73	1.90±0.06	0.026±0.008	82.6±1.68
9	84±1.73	1.93±0.38	0.031±0.006	70.0±1.38
10	53±0.00	3.03±0.40	0.049±0.006	88.3±0.00
11	76±2.00	2.12±0.27	0.034±0.004	84.4±2.20
12	86±2.52	1.91±0.29	0.031±0.005	71.9±2.11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

กลุ่มการทดลอง	ปริมาณแร่ธาตุสำคัญ (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	คลอไรด์ (Cl^-)	ซัลเฟต (SO_4^{2-})	แคลเซียม (Ca^{2+})	โซเดียม (Na^+)	แมกนีเซียม (Mg^{2+})	โพแทสเซียม (K^+)
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
1	636.5±127.6 [a]	132.56±10.90 [a]	23.39±7.59 [a]	325.60±81.37 [a]	54.03±4.76 [a]	18.80±0.84 [a]
2	622.2±106.2 [a]	130.23±9.35 [a]	24.97±6.93 [a]	305.72±78.78 [a]	53.22±3.77 [a]	18.41±0.37 [a]
3	611.2±98.2 [a]	130.94±6.00 [a]	22.81±6.80 [a]	287.17±59.63 [a]	51.63±3.91 [a]	18.36±0.39 [a]
4	627.6±104.0 [a]	129.59±8.04 [a]	24.50±7.18 [a]	316.90±81.20 [a]	53.42±3.72 [a]	18.09±0.61 [a]
5	637.5±87.3 [a]	128.53±10.73 [a]	25.25±7.40 [a]	309.14±61.79 [a]	52.87±3.12 [a]	18.33±0.52 [a]
6	622.0±88.0 [a]	128.53±13.01 [a]	20.16±6.72 [a]	305.36±65.54 [a]	48.25±11.48 [a]	18.38±0.92 [a]
7	1,524.1±402.0 [b]	246.98±6.66 [b]	49.25±19.66 [b]	801.28±220.73 [b]	131.03±17.06 [b]	36.45±3.77 [b]
8	1,545.7±361.1 [b]	255.02±13.43 [b]	57.57±26.86 [b]	785.19±239.00 [b]	130.03±18.54 [b]	37.29±3.73 [b]
9	1,509.3±351.0 [b]	262.53±10.60 [b]	54.41±25.41 [b]	753.60±212.44 [b]	128.22±19.04 [b]	37.02±4.13 [b]
10	1,489.0±362.1 [b]	266.07±10.45 [b]	51.40±22.70 [b]	755.12±171.17 [b]	129.13±17.45 [b]	36.45±4.52 [b]
11	1,548.8±346.8 [b]	260.08±12.55 [b]	50.70±24.26 [b]	751.00±185.63 [b]	128.60±18.09 [b]	36.57±3.41 [b]
12	1,550.8±378.6 [b]	248.74±10.33 [b]	50.05±25.23 [b]	750.42±210.91 [b]	128.62±20.01 [b]	36.46±3.91 [b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

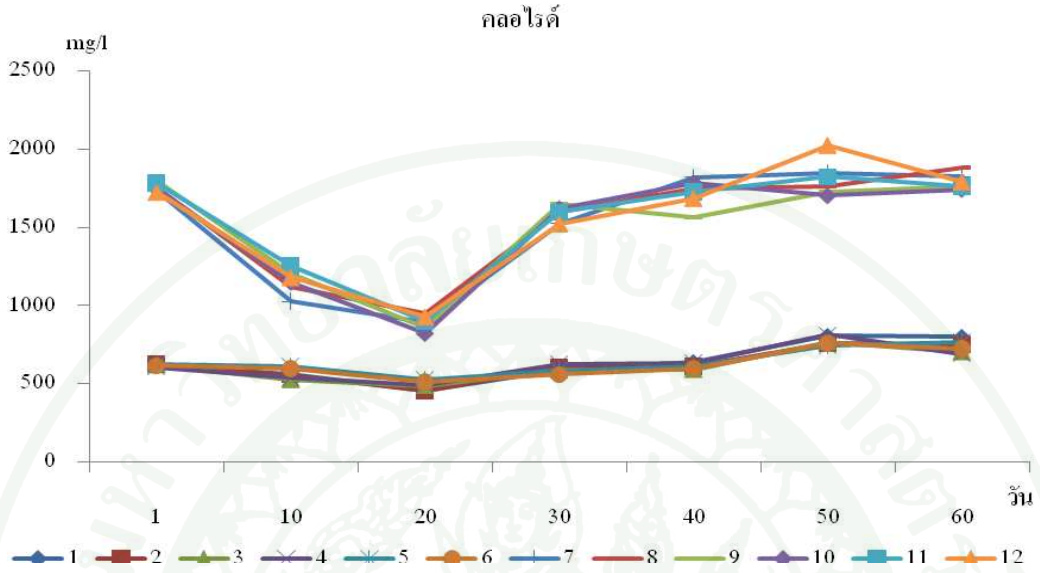
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

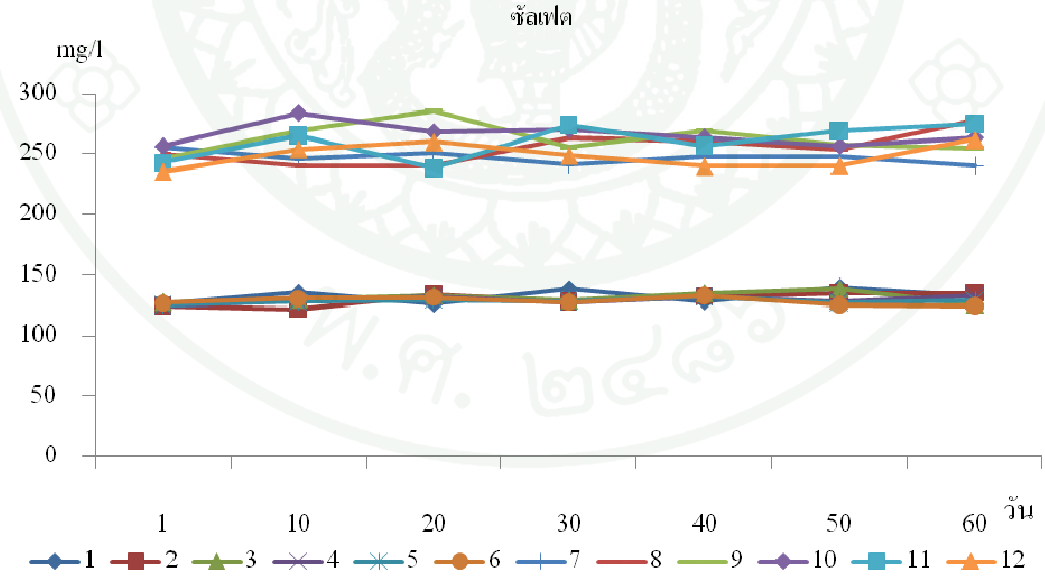
กลุ่มการทดลอง	คุณภาพน้ำที่สำคัญ						
	อุณหภูมิ (^{0}C)	พีเอช	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	ความเป็นด่าง (mg/l)	ความกระด้าง (mg/l)	แอมโมเนียรวม (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)
1	28.1±1.0^a	8.3±0.1^a	6.7±0.3^a	106.0±22.7^a	334.7±46.0^a	0.140±0.119^a	0.101±0.046^a
2	28.2±1.1^a	8.2±0.1^a	6.8±0.2^a	102.4±25.8^a	330.9±44.0^a	0.153±0.154^a	0.096±0.051^a
3	28.2±1.0^a	8.2±0.1^a	6.7±0.2^a	106.7±28.3^a	337.0±50.3^a	0.137±0.082^a	0.096±0.050^a
4	28.2±1.0^a	8.3±0.1^a	6.7±0.3^a	107.6±27.7^a	331.4±47.0^a	0.143±0.125^a	0.084±0.045^a
5	28.2±1.0^a	8.2±0.1^a	6.8±0.2^a	108.8±26.5^a	336.2±51.3^a	0.103±0.071^a	0.109±0.056^a
6	28.2±1.0^a	8.3±0.1^a	6.7±0.2^a	107.4±28.5^a	331.9±47.5^a	0.150±0.095^a	0.110±0.059^a
7	28.2±1.0^a	8.1±0.1^a	6.7±0.2^a	112.6±33.1^a	597.4±144.9^b	0.150±0.100^a	0.114±0.018^a
8	28.2±1.0^a	8.2±0.1^a	6.7±0.1^a	114.3±31.0^a	607.5±162.0^b	0.163±0.080^a	0.109±0.061^a
9	28.2±1.0^a	8.3±0.1^a	6.7±0.3^a	113.6±32.23^a	586.2±138.2^b	0.150±0.083^a	0.101±0.047^a
10	28.3±0.9^a	8.2±0.1^a	6.8±0.3^a	114.7±30.6^a	585.6±151.2^b	0.200±0.061^a	0.097±0.054^a
11	28.3±1.0^a	8.2±0.1^a	6.8±0.3^a	108.6±27.1^a	575.0±132.2^b	0.107±0.049^a	0.111±0.062^a
12	28.2±1.0^a	8.3±0.1^a	6.8±0.1^a	113.1±30.7^a	576.7±124.3^b	0.120±0.061^a	0.111±0.062^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

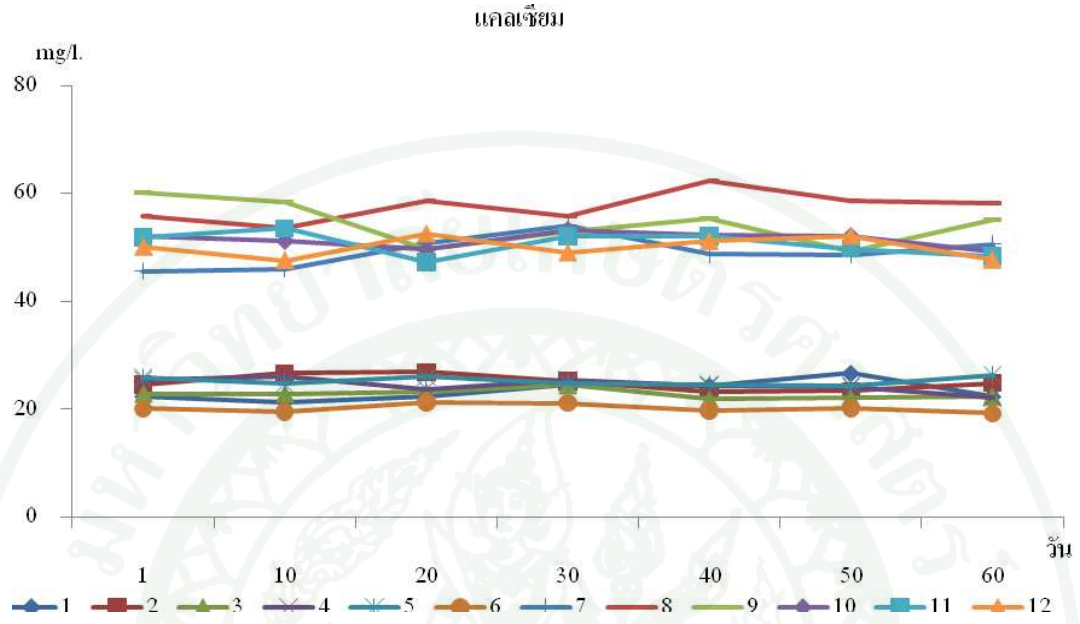


ภาพที่ 34 ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

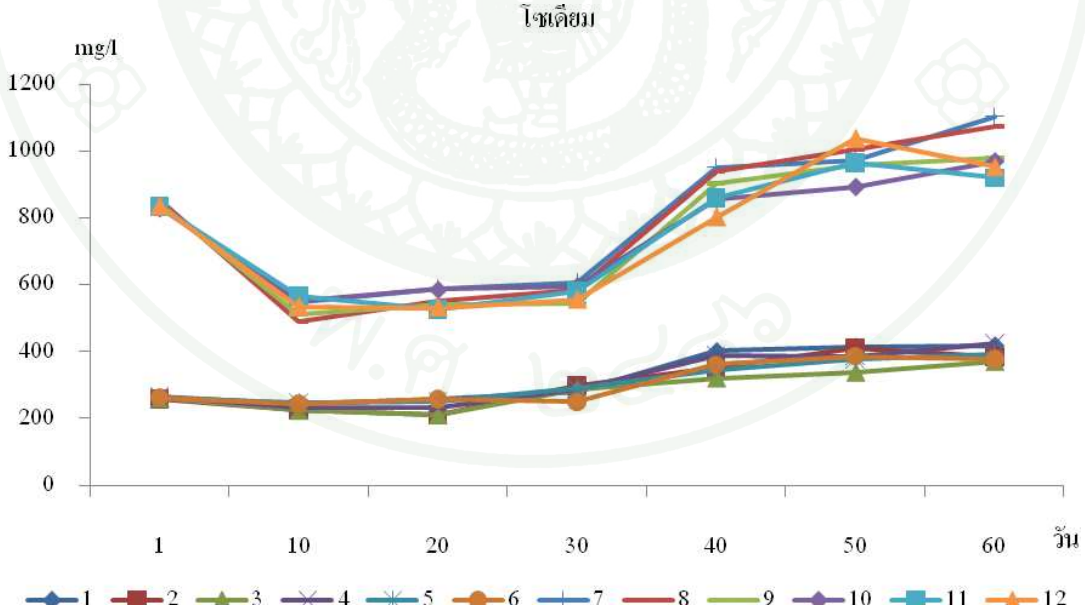


ภาพที่ 35 ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

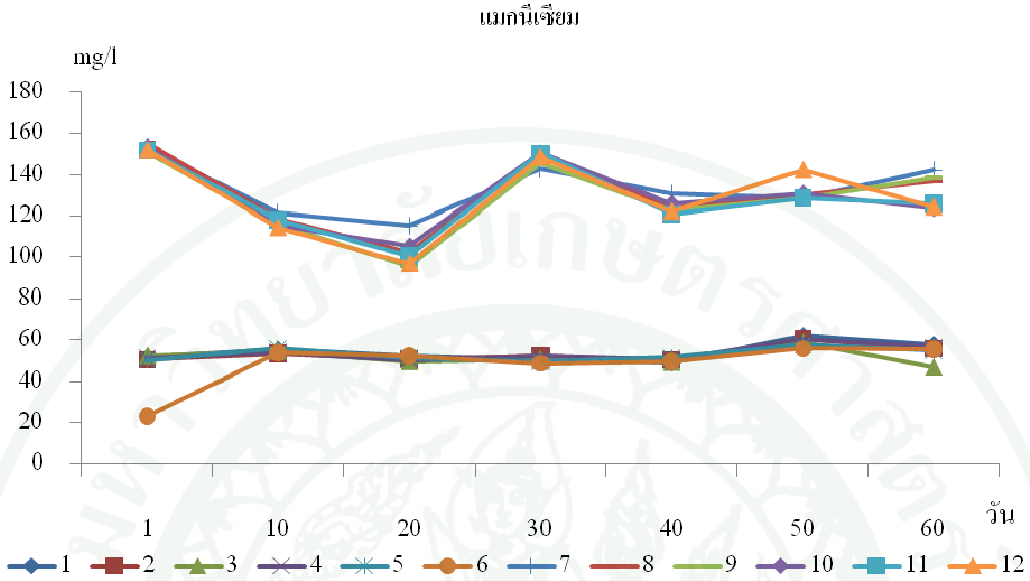


ภาพที่ 36 ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ



ภาพที่ 37 ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

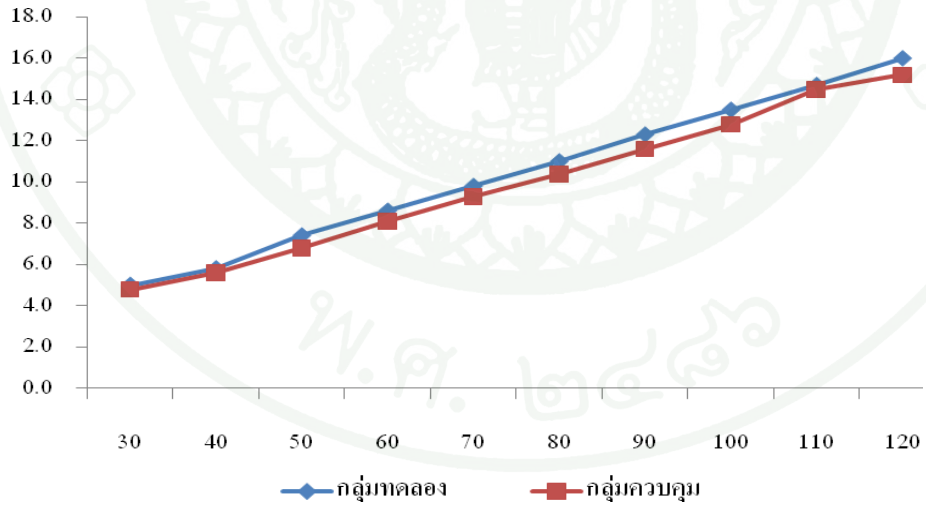
ภาพที่ 39 ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 3 ระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยมีการเติมน้ำเค็มเพิ่มบางช่วงเวลาในการเลี้ยงและเติมน้ำเค็มเฉพาะก่อนปล่อยลูกกุ้งเท่านั้น

2.1 ผลของอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโตและผลผลิต

ผลของการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยการเติมน้ำเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกับการเติมน้ำเค็มเฉพาะช่วงแรกของการเลี้ยง ก่อนปล่อยลูกกุ้ง หลังจากการเลี้ยงนาน 120 วัน กลุ่มทดลองให้ผลผลิตเฉลี่ย 831.2±31.1กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 16.2±0.2 กรัม อัตราการเจริญเติบโต 0.125±0.001 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการรอดตาย 85.4±2.2 และอัตราแลกเนื้อ 1.3±0.1 ในขณะที่กลุ่มควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ย 723.7±42.9 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 15.6±0.5 กรัม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.120±0.004 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการรอดตาย 77.1±3.8 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.3±0.1 (ตารางที่ 5) เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของผลผลิตเฉลี่ยและอัตราการรอดตายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ภาพที่ 40 และ 41 แสดงการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม)



ภาพที่ 40 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

	ผลผลิต/ไร่ (kg)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการเจริญเติบโต (g/d)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)
กลุ่มทดลอง					
1	842.5	16.2	0.125	86.6	1.31
2	796.0	16.0	0.123	82.9	1.31
3	855.0	16.4	0.126	86.7	1.31
เฉลี่ย	831.2±31.1[a]	16.2±0.2[a]	0.125±0.001[a]	85.4±2.2[a]	1.31±0.1[a]
กลุ่มควบคุม					
1	740.0	16.2	0.125	76.1	1.23
2	675.0	15.2	0.117	74.0	1.31
3	756.0	15.5	0.119	81.3	1.31
เฉลี่ย	723.7±42.9[b]	15.6±0.5[a]	0.120±0.004[a]	77.1±3.8[b]	1.28±0.05[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 41 กุ้งขาวแวนนาไมหลังเลี้ยงนาน 120 วัน มีขนาดประมาณ 15-16 กรัม

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญ

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงนาน 120 วัน พบว่าปริมาณแร่ธาตุของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุมทุกพารามิเตอร์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 6 และภาพที่ 42-47) เนื่องจากกลุ่มการทดลองมีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมในทุกช่วงเดือนของระยะเวลาการเลี้ยง เพื่อไม่ให้ความเค็มของน้ำลดลงมากจากช่วงแรกของการเลี้ยง ส่วนกลุ่มควบคุมนั้นมีการเติมน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือเฉพาะในช่วงแรกสำหรับก่อนปล่อยลูกกุ้ง ทำให้ช่วงท้ายของการเลี้ยงความเค็มของน้ำในกลุ่มควบคุมลดลง ซึ่งแตกต่างกับในกลุ่มทดลอง ที่มีระดับความเค็มของน้ำคงที่หรือใกล้เคียงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ทำให้ปริมาณอิออนสำคัญของทั้งสองกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกัน ซึ่งการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำจะส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง โดยเฉพาะระดับของโซเดียมและโพแทสเซียม ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมสมดุลของอิออนในร่างกาย (Towle, 1981; Wang *et al*., 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การที่กุ้งต้องอยู่ในน้ำที่มีระดับความเค็มต่ำตลอดเวลา ทำให้กุ้งต้องใช้พลังงานในการกำจัดน้ำออกจากร่างกายอย่างต่อเนื่อง เมื่อความเค็มของน้ำลดต่ำลงมากในที่สุด ทำให้ของเหลวภายในร่างกายถูกเจือจางมากเกินไป จึงส่งผลต่อระบบสรีระของร่างกายและเซลล์ ประกอบกับความสามารถในการดึงแร่ธาตุมาใช้ในการสร้างเปลือกได้ช้าลง (Lignot *et al*., 2000) ทำให้กุ้งบางส่วนที่อ่อนแอจะตายภายหลังการลอกคราบใหม่ๆ และบางส่วนจะตายจากการลอกคราบที่ไม่สมบูรณ์หรือที่เกษตรกรจะเรียกกันว่าตายคาคราบ ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย ในทางกลับกันหากมีปริมาณแร่ธาตุที่เพียงพอหรือมีการเสริมแร่ธาตุให้เพียงพอกับความต้องการของกุ้ง กุ้งสามารถดึงเอาแร่ธาตุมาใช้ทำให้ระบบการทำงานทางสรีระของร่างกายและกระบวนการสร้างเปลือกมีประสิทธิภาพมากขึ้น กุ้งมีความเครียดลดลงและส่งผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน โอกาสกุ้งป่วยเป็นโรคลดลงด้วย (Pan *et al*., 2005)

ในการเลี้ยงกุ้งในบริเวณที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่มีระดับของ Na^+, K^+ และ Mg^{2+} ต่ำ เกษตรกรควรจะมีการเติมแร่ธาตุเหล่านี้ในระหว่างการเลี้ยง ซึ่ง Na^+ จะได้จากการเติมความเค็มเท่านั้น ซึ่งอาจจะเป็นน้ำความเค็มปกติ น้ำเค็มความเค็มสูงจากนาเกลือหรือเกลือสมุทร (เกลือแกง) ซึ่งเกษตรกรจะต้องพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกตามสภาพพื้นที่ เพื่อคำนึงถึงต้นทุนที่สูงขึ้นด้วย ส่วนของ K^+ และ Mg^{2+} เกษตรกรอาจจะเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ หรือในรูปของซัลเฟตแล้วแต่ความสะดวกลงไป ในบ่อโดยตรงและควรจะรักษาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและมีอัตราการรอดตายสูง ซึ่งอัตราส่วนของ Na^+ และ K^+ ควรจะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอัตราส่วนของแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ในน้ำทะเล (28 : 1) อัตราส่วน Mg^{2+} ต่อ Ca^{2+} ที่พบในน้ำทะเลในอัตราส่วน 3.1:1 สำหรับระดับที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ก่อนที่จะปล่อยลูกกุ้งเกษตรกรควรจะตรวจสอบความเข้มข้นของ Na^+, K^+ และ Mg^{2+} และอัตราส่วนความเข้มข้นของอิออนด้วย (Roy *et al*., 2007)

สว่างพงษ์ (2552) รายงานว่าการเลี้ยงกุ้งขาวที่ความเค็ม 5 พีพีที โดยมีการเสริมแร่ธาตุลงในอาหาร จะส่งผลให้ความถี่ของการลอกคราบเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะการเสริมแร่ธาตุลงในอาหารเป็นการช่วยเสริมสร้างกระบวนการสร้างเปลือก ทำให้ระยะเวลาในการลอกคราบสั้นลง (Li *et al*., 2008) ซึ่งการเสริมแร่ธาตุตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เมื่อกุ้งได้รับปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อสมดุลของเกลือแร่และสรีระเคมีภายในร่างกาย ทำให้กุ้งใช้พลังงานเพื่อการรักษาสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกายลดลง เพราะพลังงานส่วนใหญ่ได้มาจากโปรตีน รวมถึงมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

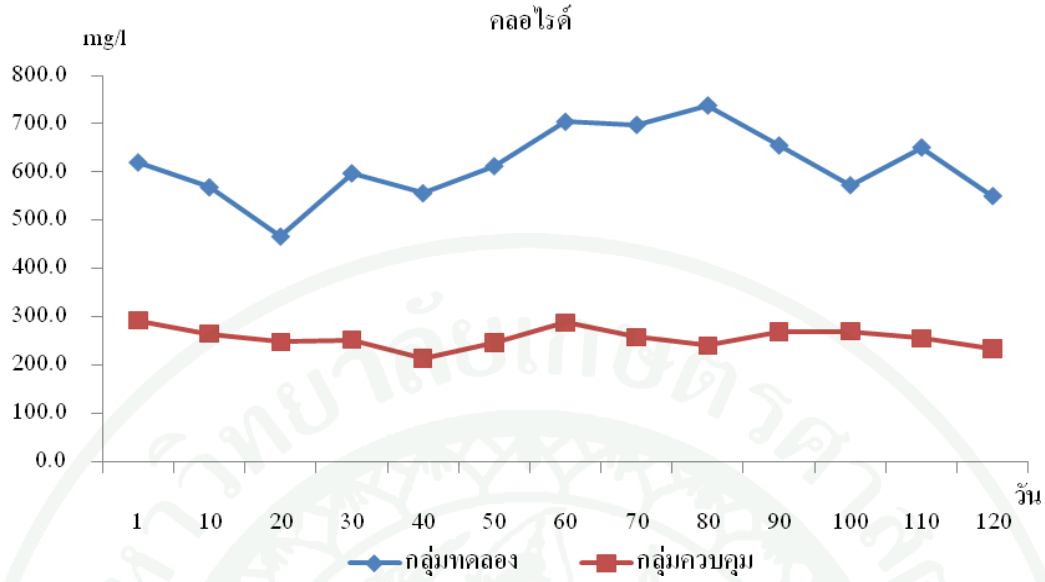
การลดการใช้ออกซิเจนเพื่อปรับสมดุลเกลือแร่จึงมีออกซิเจนเหลือมากขึ้นเพื่อกระบวนการเมตาบอลิซึ่มภายในร่างกาย (Li *et al*., 2008) และยังส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมอาหาร ทำให้สูญเสียพลังงานน้อยลง การเจริญเติบโตดีขึ้น (Villarreal *et al*., 1994; Lee and Lawrence, 1997; Pan *et al*., 2006) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลอกคราบและใช้พลังงานลดลง เพราะการลอกคราบแต่ละครั้งนั้น กุ้งต้องสูญเสียพลังงานทั้งก่อนและภายหลังการลอกคราบมากเพื่อการสร้างเปลือกใหม่ (Kurmaly, 1989; Lemos and Phan, 2001) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อัตราแลกเนื้อมีค่าต่ำลง

ตารางที่ 6 ปริมาณอิออนที่สำคัญวิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

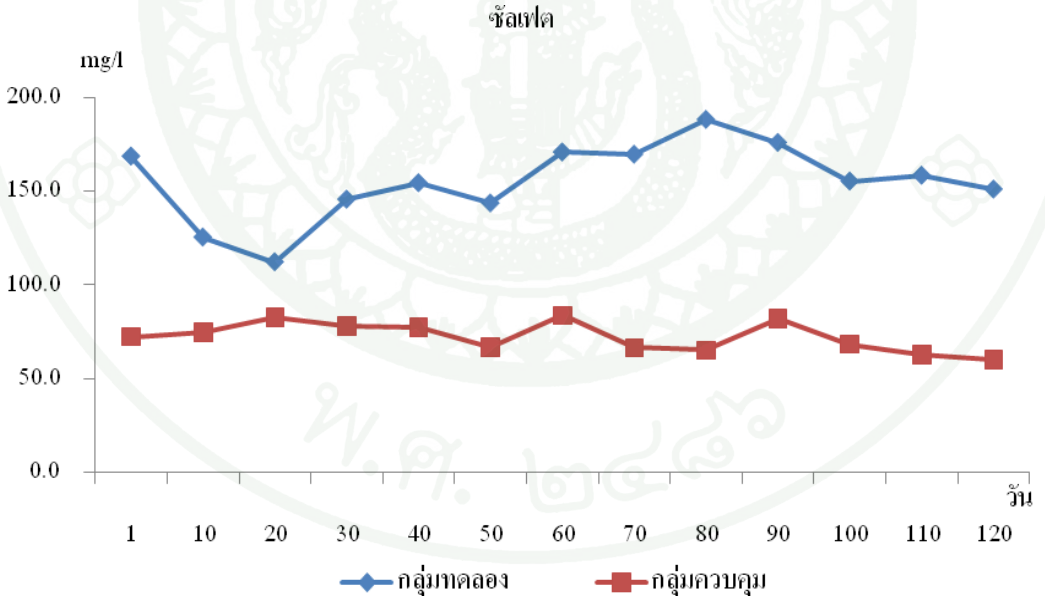
ชนิดของอิออน (mg/l)	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
Cl^-	614.6±74.6 [a]	255.9±21.5 [b]
SO_4^{2-}	155.3±20.7 [a]	72.4±8.0 [b]
Ca^{2+}	52.9±7.0 [a]	30.6±1.6 [b]
Na^+	532.0±59.3 [a]	211.0±28.7 [b]
Mg^{2+}	74.1±11.7 [a]	38.9±2.7 [b]
K^+	31.7±4.3 [a]	15.5±0.6 [b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

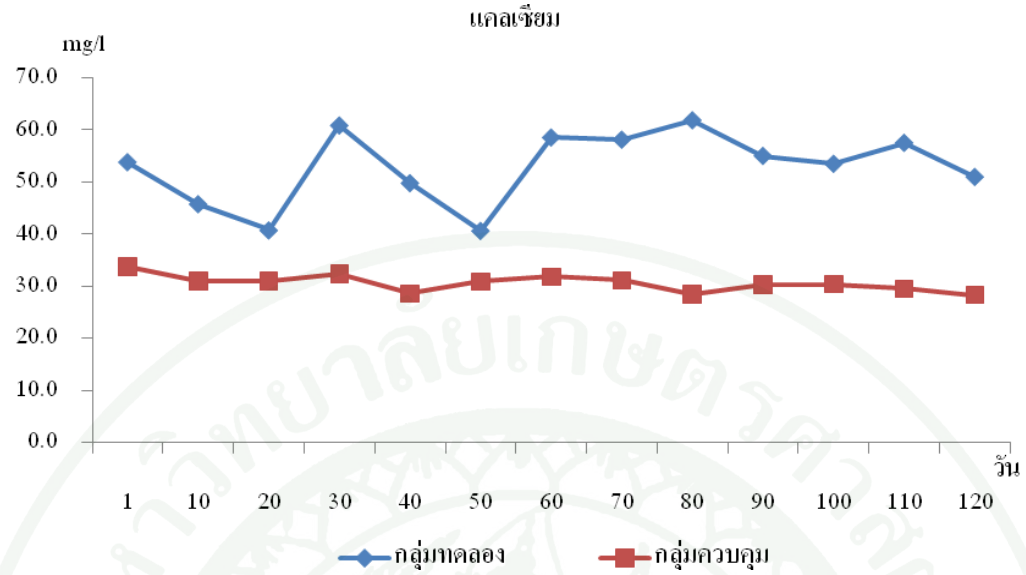


ภาพที่ 42 ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

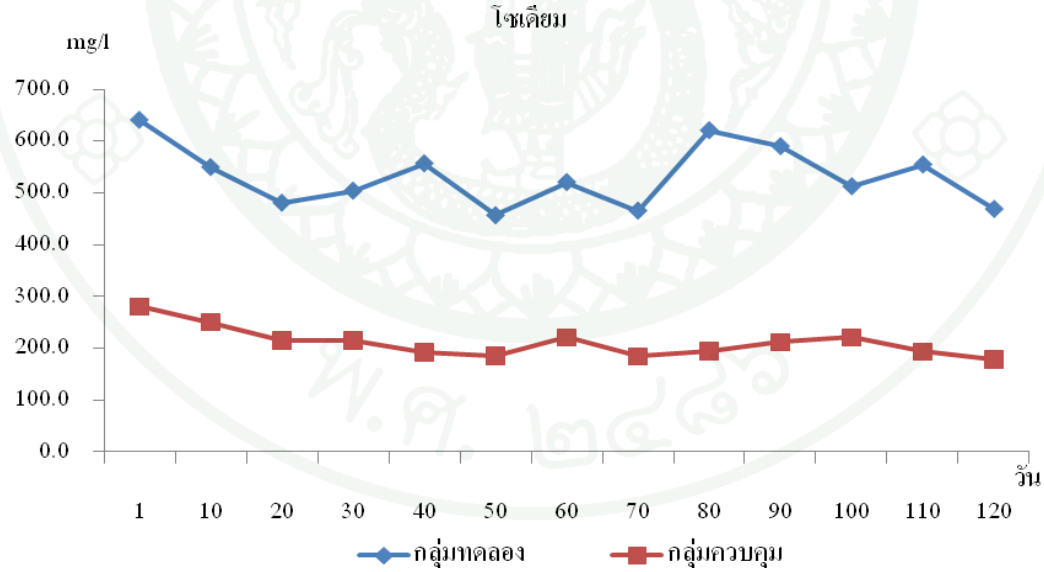


ภาพที่ 43 ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

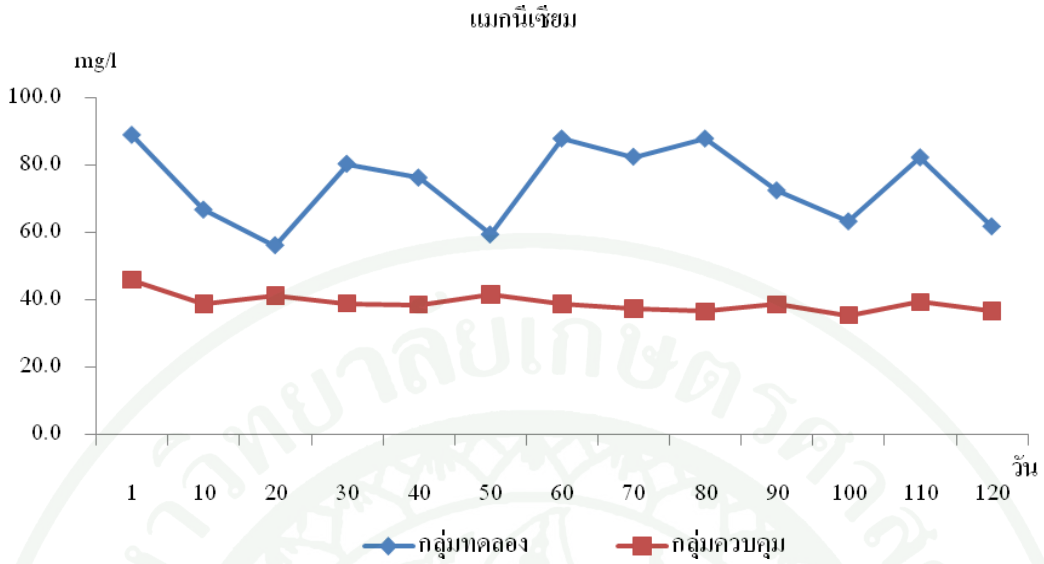


ภาพที่ 44 ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

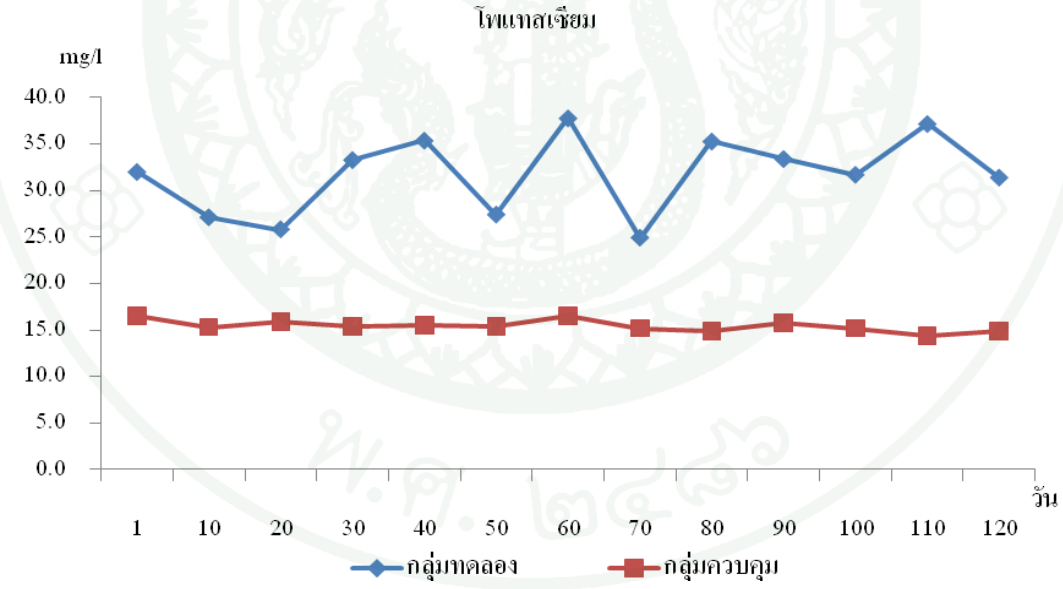


ภาพที่ 45 ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 46 ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 47 ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ

ความโปร่งแสง ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วงระดับที่เหมาะสม แสดงในตารางที่ 7 เนื่องจากในระหว่างการเลี้ยงมีการเติมน้ำทดแทนปริมาณที่ลดลง มีการถ่ายเปลี่ยนน้ำบ้างและเลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำ

อุณหภูมิของน้ำ ในกลุ่มการทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าอยู่ระหว่าง 27.8-30.5 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 7) เนื่องจากเริ่มปล่อยลูกกุ้งในเดือนตุลาคม และจับกุ้งเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว ทำให้อุณหภูมิของน้ำไม่สูงมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในช่วงอื่นๆ อุณหภูมิที่ต่ำสุดอยู่ที่ 27.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ลดลงนั้นส่งผลกระทบต่อการกินอาหารของกุ้งและการเจริญเติบโตในช่วงของการเลี้ยงดังกล่าว

พีเอช ค่าพีเอชของน้ำกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) การเปลี่ยนแปลงเพีเอชในรอบวันเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจน พีเอชของน้ำจะต่ำสุดในตอนเช้า เนื่องจากการสะสมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลายของเสียภายในบ่อ และการหายใจของกุ้งและแพลงก์ตอน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ตอนบ่ายพีเอชของน้ำจะมีค่าสูงสุด เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชมีการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของกลุ่มการทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง มีค่าระหว่าง 6.5-8.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากมีเครื่องให้อากาศเพียงพอกับความต้องการปริมาณออกซิเจนของกุ้ง และปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่นต่ำต่างกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยทั่วไป ที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่นที่สูงกว่าในการทดลองครั้งนี้

ความเค็มของกลุ่มทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.4-2.1 พีพีที มีค่าเฉลี่ย 1.7$\pm$ 0.3 พีพีที ซึ่งสูงกว่าในกลุ่มควบคุมที่อยู่ระหว่าง 0.3-1.3 พีพีที และมีค่าเฉลี่ย 0.6$\pm$ 0.2 พีพีที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จะเห็นได้ว่าทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมนั้น ความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่อื่นๆ ถึงแม้ว่าจะมีการเติมน้ำความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เค็มสูงจากนาเกลือในกลุ่มทดลองทุกช่วงเดือนของการเลี้ยงก็ตาม ส่วนกลุ่มควบคุมมีการเติมเฉพาะช่วงแรกก่อนปล่อยลูกกุ้ง ดังนั้นความเค็มของน้ำจึงอยู่ในระดับที่ต่ำมากในช่วงท้ายๆ ของการเลี้ยง

ค่าการนำไฟฟ้าของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากกลุ่มทดลองมีการเติมน้ำความเค็มสูงในทุกช่วงเดือนของการเลี้ยง ทำให้มีความเค็มสูงกว่าในกลุ่มควบคุม ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านั้นมีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำ จึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามแนวทางเดียวกับความเค็มตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง

ค่าความเป็นด่างรวมของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งกลุ่มทดลองมีค่าความเป็นด่างรวมสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งค่าความเป็นด่างรวมส่วนใหญ่เกิด CO_3^{2-}, HCO_3^- และ OH^-

ค่าความกระด้างของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน เนื่องจากเป็นการเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืด ชลอและพรเลิศ (2547) กล่าวว่าความกระด้างของน้ำในการเลี้ยงกุ้งนั้นไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยความกระด้างส่วนใหญ่จะเกิดจาก Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นหลัก ซึ่งในน้ำเค็มที่มีความเค็มสูงจะมีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} สูงตามไปด้วย ดังนั้นค่าความกระด้างในกลุ่มทดลองซึ่งมีความเค็มสูงกว่าจึงมีความกระด้างสูงกว่ากลุ่มควบคุมด้วย

ปริมาณแอมโมเนียรวม จากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ปริมาณแอมโมเนียรวมในช่วงแรกของการเลี้ยงมีค่าน้อยและเพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยงเนื่องจากเป็นการเลี้ยงที่ไม่มีการถ่ายน้ำ มีการสะสมจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำและการย่อยสลายของอินทรียวัตถุโดยแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่อกุ้งขาวแวนนาไมในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินมาตรฐาน คือน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994)

ปริมาณไนไตรท์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ปริมาณไนไตรท์มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง โดยในช่วงท้ายของการเลี้ยง ปริมาณไนไตรท์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน ซึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

คุณสมบัติของน้ำ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ความโปร่งแสง (cm)	12-28	19.0±4.0[a]	15-30	19.7±4.3[a]
อุณหภูมิของน้ำ (^{0}C)	28.1-30.5	28.9± 0.4[a]	27.8-29.6	28.9± 0.4[a]
พีเอช	7.9-8.6	8.3± 0.2[a]	7.8-8.5	8.3± 0.2[a]
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	6.5-8.1	7.4± 0.2[a]	7.0-8.0	7.6 ± 0.3[a]
ความเค็ม (ppt)	1.4-2.1	1.7± 0.3[a]	0.3-1.3	0.6± 0.2[b]
ค่าการนำไฟฟ้า (mmol/cm)	1.75-3.31	2.8± 0.4[a]	0.65-1.23	0.8± 0.1[b]
ความเป็นด่างรวม (mg/l)	160.3-255.0	186.4± 23.0[a]	76.8-102.3	88.8± 5.3[b]
ความกระด้าง (mg/l)	356.4-710.0	596.5±75.3[a]	205.5-301.2	241.0± 23.8[b]
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.010-0.300	0.104±0.058[a]	0.010-0.200	0.097±0.046[a]
ไนไตรท์ (mg/l)	0.010-0.200	0.077±0.055[a]	0.010-0.200	0.079±0.057[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2.4 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

จากการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งกลุ่มทดลองมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 78,620 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยเท่ากับ 109,758 บาทต่อไร่ และกำไรเฉลี่ย 26,546บาทต่อไร่ ส่วนกลุ่มควบคุมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 67,070 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยเท่ากับ 93,616 บาทต่อไร่ และกำไรเฉลี่ย 31,138 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 8) ซึ่งการเลี้ยงของกลุ่มทดลองให้ผลดีกว่ากลุ่มควบคุม ในกลุ่มทดลองมีการนำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำเค็มความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมในช่วงแรกของการปล่อยลูกกุ้งและในทุกเดือนของระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งทำให้ต้นทุนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการเติมน้ำเค็มในช่วงแรกของการปล่อยลูกกุ้งเพียงครั้งเดียวเท่านั้น แต่กลุ่มทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่าและกุ้งมีขนาดใหญ่กว่าทำให้ได้ผลผลิตที่สูงกว่า ได้ผลตอบแทนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หน่วย : บาท

ต้นทุน	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
ค่าลูกพันธ์กุ้งขาวแวนนาไม	1,440	1,440
ค่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป	82,207	69,667
ค่าน้ำเค็ม	12,000	3,000
ค่าน้ำมัน	2,500	2,500
ค่าไฟฟ้า	35,000	35,000
ค่าวัสดุปูนและสารเคมี	12,000	12,000
ค่าปรับปรุงบ่อ	3,500	3,500
ค่าซ่อมแซมและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	1,500	1,500
ค่าแรงงาน	6,000	6,000
รวมต้นทุนทั้งหมด	157,240	134,140
รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	78,620	67,070
รายได้		
ผลผลิตทั้งหมด (กิโลกรัม)	1,663	1,447
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	831.2	723.7
รายได้ทั้งหมด (บาท)	219,516	187,232
รายได้ (บาทต่อกิโลกรัม)	132	129
รวมรายได้ (บาทต่อไร่)	109,758	93,616
ผลตอบแทน		
กำไรทั้งหมด	62,276	53,092
กำไรสุทธิ (บาทต่อไร่)	31,138	26,546

* ราคากุ้งขาวแวนนาไม ณ วันที่ 25 และวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552
ราคากุ้งขนาด 62 ตัวต่อกิโลกรัม กิโลกรัมละ 132 บาท
ราคากุ้งขนาด 67 ตัวต่อกิโลกรัม กิโลกรัมละ 129 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำที่มาจากธรรมชาติและกลุ่มที่เติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้ง

3.1 อัตราการรอดตาย การเจริญเติบโตและผลผลิต

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมน้ำเค็มและกลุ่มทดลองที่มีการเติมน้ำเค็ม ซึ่งใช้ระยะเวลาการเลี้ยงนาน 120 วัน หลังจับกุ้ง พบว่ากลุ่มทดลองให้ผลผลิตเฉลี่ย 605±18.4 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 21.1±0.71 กรัม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.194±0.009 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการรอดตาย 71.9±1.10 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.33±0.01 ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้ผลผลิตเฉลี่ย 411.7±18.4 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 17.4±1.17 กรัม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.164±0.004 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการรอดตาย 60.5±2.69 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.36±0.03 (ตารางที่ 9) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนอัตราการแลกเนื้อในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองที่มีการเติมน้ำเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 121 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 0.194 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่าในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมน้ำเค็มซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.164 กรัมต่อตัวต่อวัน โดยอัตราการเจริญเติบโต จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในวันที่ 50 , 60 และ 70 ของการเลี้ยง คือในกลุ่มทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.23 , 0.24 และ 0.24 กรัมต่อตัวต่อวัน ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.18, 0.19 และ 0.17 กรัมต่อตัวต่อวัน (ภาพที่ 49) ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ความเค็มของน้ำในกลุ่มทดลองมีค่าระหว่าง 2.4-2.9 พีพีที ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าระหว่าง 1.4-2.0 พีพีที ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในบางช่วงเวลาของการเลี้ยงและการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมเพื่อเพิ่มความเค็ม และจากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นว่าในกลุ่มทดลองที่มีความเค็มของน้ำสูงกว่าตลอดการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 2.4-2.9 พีพีที ทำให้มีอัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเฉลี่ย และผลผลิตต่อไร่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่มีความเค็มของน้ำต่ำกว่าตามปกติ ซึ่งกุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำความเค็มระหว่าง 0-35 พีพีที (Wickins and Lee, 2002) แต่ชลอและพรเลิศ (2547) ได้แนะนำการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำระหว่างการเลี้ยงความเค็มไม่ควรต่ำกว่า 3 พีพีที ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงได้ผลผลิตสูงและสามารถเลี้ยงกุ้งได้ขนาดใหญ่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

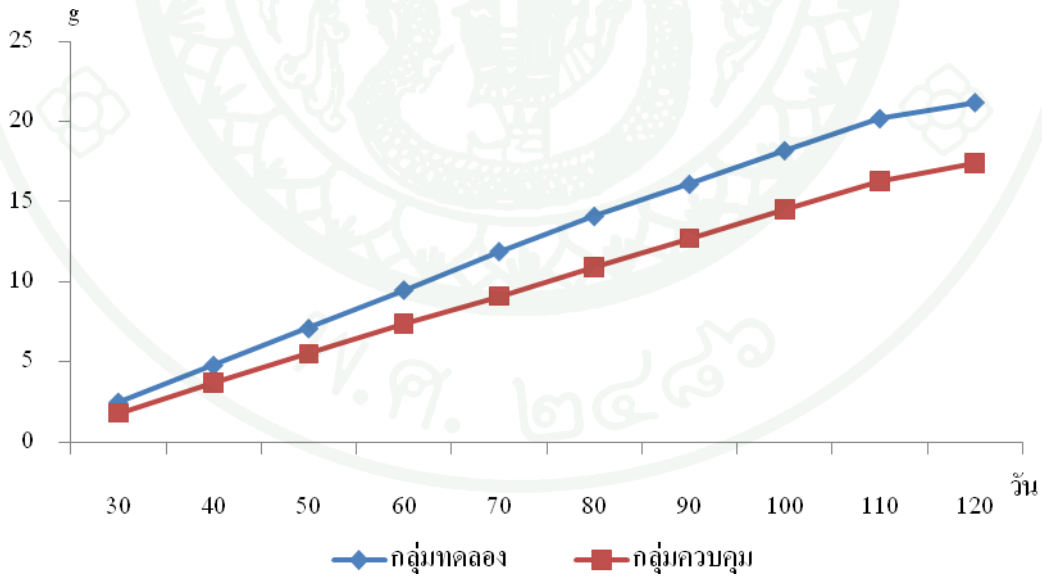
ตารางที่ 9 ผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

	ผลผลิต/ไร่ (kg)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการเจริญเติบโต (g/d)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)
กลุ่มทดลอง					
1	636.7	21.8	0.203	73.2	1.32
2	573.3	20.5	0.185	70.5	1.35
3	606.0	20.9	0.194	72.0	1.33
เฉลี่ย	605±18.4[a]	21.1±0.71[a]	0.194±0.009[a]	71.9±1.10[a]	1.33±0.01[a]
กลุ่มควบคุม					
1	424.7	17.9	0.168	62.4	1.34
2	398.7	16.9	0.160	58.6	1.38
3	411.8	17.3	0.164	60.4	1.36
เฉลี่ย	411.7±18.4[b]	17.4±1.17[b]	0.164±0.004[b]	60.5±2.69[b]	1.36±0.03[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 48 ขนาดของกุ้งขาวแวนนาไมที่จับเมื่ออายุ 120 วัน



ภาพ**ที่ 49** การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

เวลาเลี้ยง (วัน)	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการเจริญเติบโต (g/d)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการเจริญเติบโต (g/d)
30	2.5	0.07	1.8	0.08
40	4.8	0.23	3.7	0.19
50	7.1	0.23	5.5	0.18
60	9.5	0.24	7.4	0.19
70	11.9	0.24	9.1	0.17
80	14.1	0.22	10.9	0.18
90	16.1	0.20	12.7	0.18
100	18.2	0.21	14.5	0.18
110	20.2	0.20	16.3	0.18
120	21.2	0.10	17.4	0.11

3.2 ปริมาณอิออนที่สำคัญ

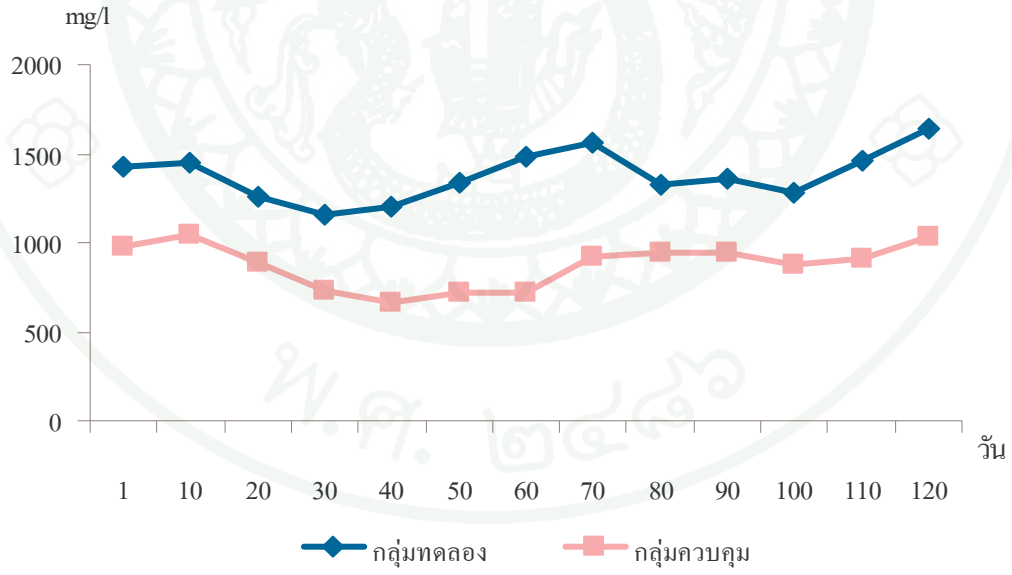
อิออนลบที่สำคัญ ได้แก่ คลอไรด์ (Cl^-) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) ส่วนอิออนบวก ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}) โซเดียม (Na^+) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และโพแทสเซียม (K^+) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณอิออนที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าปริมาณอิออนของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุมทุกพารามิเตอร์ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 11 และภาพที่ 50-55) เนื่องจากมีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเพิ่มระดับความเค็มในบ่อเลี้ยงเพราะเป็นการเลี้ยงกุ้งในพื้นที่น้ำจืด ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ เป็นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำกว่า 5 พีพีที ปริมาณอิออนในน้ำส่วนใหญ่จึงมีค่าน้อยกว่าที่ Boyd *et al.* (2002) รายงานว่า ปริมาณอิออนที่เหมาะสมในการปล่อยลูกกุ้งที่มีความเค็ม 5 พีพีที ควรมี 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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ปริมาณอิออนที่สำคัญที่วิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

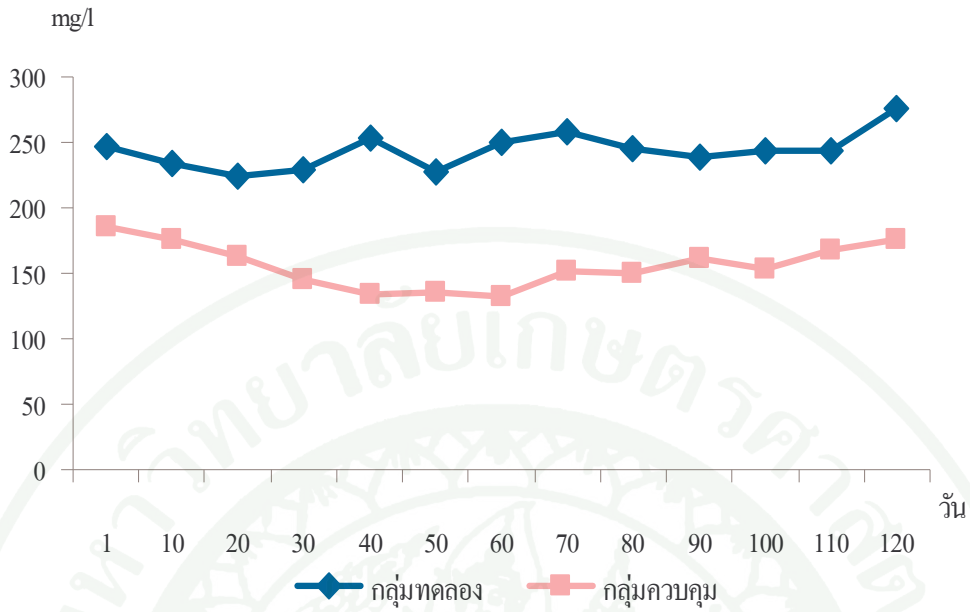
ชนิดของอิออน (mg/l)	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
Cl^-	1,380.3±140.2 [a]	874.0±127.1 [b]
SO_4^{2-}	243.8±14.2 [a]	156.1±17.3 [b]
Ca^{2+}	85.0±7.5 [a]	55.3±7.5 [b]
Na^+	827.0±68.9 [a]	530.1±83.7 [b]
Mg^{2+}	121.1±7.5 [a]	74.8±10.5 [b]
K^+	35.3±2.4 [a]	23.2±2.9 [b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

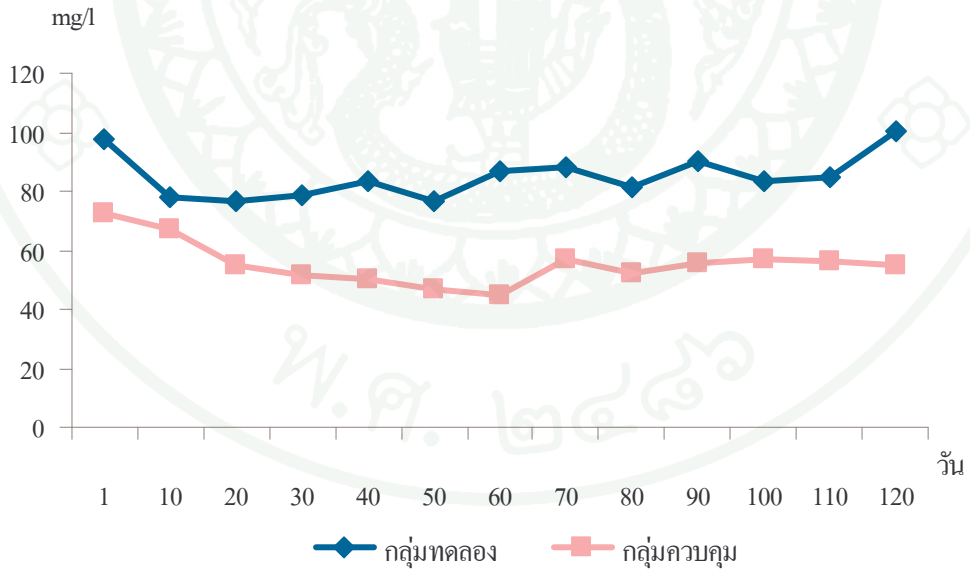


ภาพที่ 50 ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

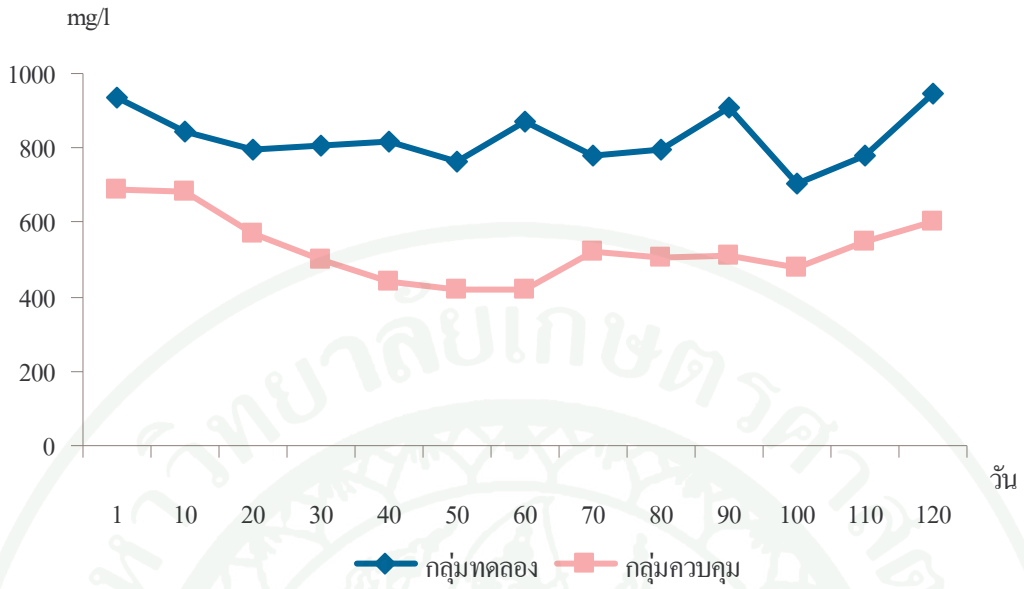


ภาพที่ 51 ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

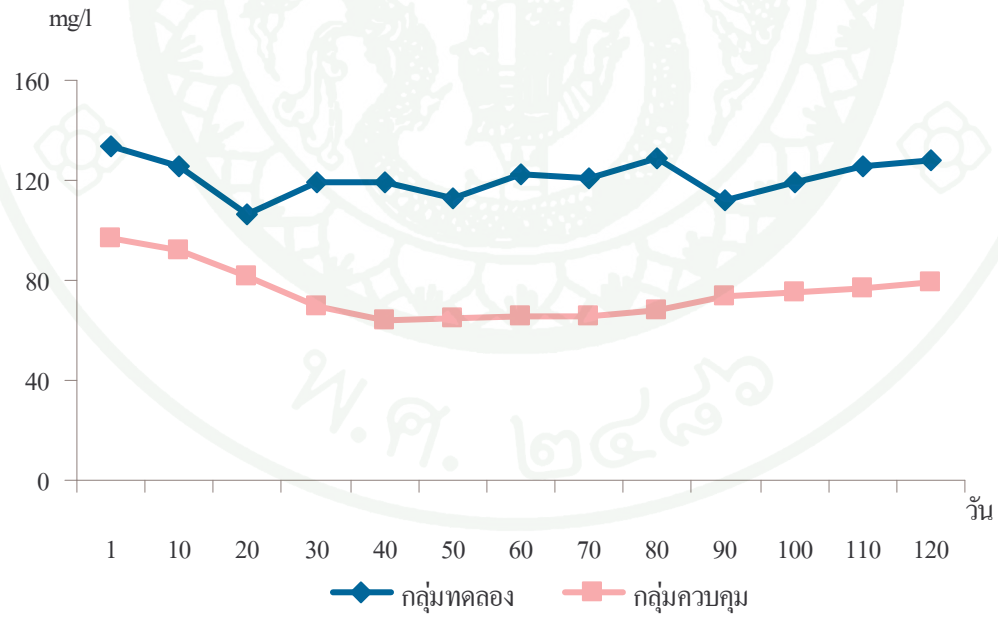


ภาพที่ 52 ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

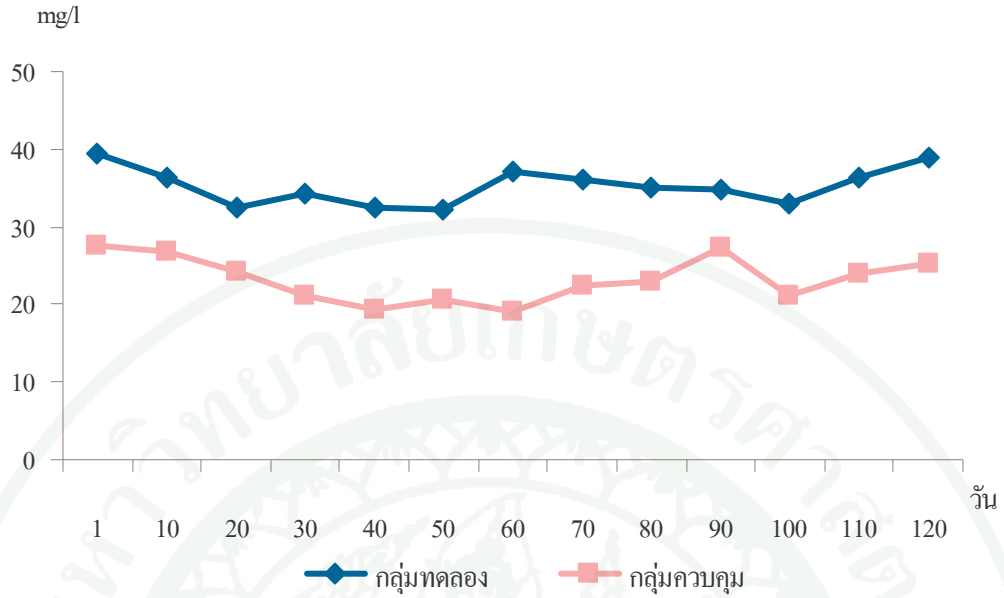


ภาพที่ 53 ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 54 ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 55 ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

3.3 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ

คุณสมบัติของน้ำในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 12

ความโปร่งแสงในการศึกษาครั้งนี้มีค่าความโปร่งแสงอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ตารางที่ 12) เนื่องจากในระหว่างการเลี้ยงมีการเติมน้ำทดแทนปริมาณที่ลดลงเท่านั้น ไม่มีการถ่ายเปลี่ยนน้ำมากเหมือนกับการเลี้ยงในความหนาแน่นสูงทั่วๆ ไป

อุณหภูมิของน้ำในตอนเช้าและตอนบ่ายมีความแตกต่างค่อนข้างมาก เนื่องจากบ่อเลี้ยงทั้งบ่อควบคุมและบ่อทดลองระดับน้ำค่อนข้างตื้น เพียง 1.5 เมตร เท่านั้น ทำให้อุณหภูมิของน้ำในช่วงกลางวันที่มีแสงแดดจัดจะสูงกว่าในตอนเช้ามาก และเป็นการเลี้ยงในช่วงเวลาที่อากาศค่อนข้างร้อนระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน

พีเอชของน้ำช่วงเช้าและช่วงบ่ายของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทั้งในช่วงเช้าและช่วงบ่ายนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเหมาะสมในการเลี้ยงกุ้ง

ความเค็มของกลุ่มทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4-2.9 พีพีที และมีค่าเฉลี่ย 2.64$\pm$ 0.15 พีพีที ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.4-2.0 พีพีที และมีค่าเฉลี่ย 1.71 $\pm$ 0.20 พีพีที ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำเนื่องจากเป็นการเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืด น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงสูบมาจากแม่น้ำท่าจีน แต่ความเค็มของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมในกลุ่มทดลองให้ได้ระดับความเค็มประมาณ 2.4-2.9 พีพีที ส่วนกลุ่มควบคุมมีความเค็มประมาณ 1.4-2.0 พีพีที ตามความเค็มที่มีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ ความเค็มของน้ำตลอดระยะการเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในบางช่วงเวลาการเลี้ยงและการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมเพื่อเพิ่มความเค็ม โดยในช่วงระยะแรกของการเลี้ยงจะมีค่าสูงที่สุด เมื่อเลี้ยงต่อไปความเค็มจะค่อยๆ ลดลง

ค่าการนำไฟฟ้าของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.94$\pm$0.20 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตรสูงกว่ากลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 3.17$\pm$0.27 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากมีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมในกลุ่มทดลองให้ได้ระดับความเค็มประมาณ 2-3 พีพีที ก่อนที่จะเริ่มปล่อยลูกกุ้ง ส่วนกลุ่มควบคุมมีความเค็มประมาณ 1-2 พีพีที จากน้ำในแม่น้ำท่าจีนเพียงอย่างเดียว ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน ค่าความนำไฟฟ้าจะลดลงตามความเค็มของน้ำ

ความเป็นด่างรวม ค่าเฉลี่ยความเป็นด่างรวมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าความเป็นด่างรวมของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่าเพราะมีค่าความเค็มของน้ำสูงกว่า ดังนั้นจึงมีปริมาณอิออนเช่น Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Cl^{-}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-} สูงกว่า ส่วนกลุ่มควบคุมที่มีน้ำความเค็มต่ำกว่า ซึ่งค่าความเป็นด่างรวมส่วนใหญ่เกิดจากอิออน เช่น CO_3^{2-}, HCO_3^{-} และ OH^{-} เป็นต้น

ความกระด้างของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งความกระด้างก็มีความสัมพันธ์กับความเค็มโดยความกระด้างส่วนใหญ่จะเกิดจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นหลัก แต่จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความกระด้างของน้ำทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน เนื่องจากเป็นการเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืด ซึ่งระดับความกระด้างของน้ำที่จะเลี้ยงกุ้งให้ได้ผลผลิตสูงไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียรวมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ปริมาณแอมโมเนียรวมทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในช่วงแรกของการเลี้ยงมีค่าสูง เนื่องจากการเตรียมบ่อมีการเติมอามิ-อามิ เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติคือแพลงก์ตอนและสัตว์หน้าดินให้แก่ลูกกุ้งวัยอ่อน โดยไม่มีการเติมแบคทีเรียในกลุ่ม nitrifying bacteria ทำให้ปริมาณแอมโมเนีย ในระยะแรกค่อนข้างสูง แต่หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียจะอยู่ในระดับที่ไม่สูงตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีการเติมอามิ-อามิ อีกทั้งการให้อาหารกุ้งที่มีโปรตีนสูง ทำให้ในบางช่วงเวลาโดยเฉพาะถ้าเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ของเสียหรือเศษอาหารที่เหลืออยู่ จะทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้แอมโมเนียยังเกิดจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำและการย่อยสลายของอินทรียวัตถุโดยแบคทีเรียและค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียรวมในบ่อกุ้งขาวแวนนาไมที่ทำการศึกษาในครั้งนี้อยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินมาตรฐาน คือน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994)

ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยในช่วงท้ายของการเลี้ยง พบว่าปริมาณไนไตรท์ของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณสมบัติของน้ำ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ความโปร่งแสง (cm)	20-30.5	24.1±2.80	21.5-29.5	24.5±2.09a
อุณหภูมิของน้ำ (°C)				
- เช้า	27.6-28.3	27.9± 0.18[a]	27.7-28.2	27.9±0.15[a]
- บ่าย	31.4-33.4	32.3 ± 0.66[a]	31.5 -35.5	32.2±0.66[a]
พีเอช - เช้า	7.7-8.1	8.0± 0.13[a]	7.8-8.2	8.0 ± 0.12[a]
- บ่าย	8.7-9.2	8.9± 0.15[a]	8.6-9.1	8.8 ±0.16[a]
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)				
- เช้า	5.4-6.0	5.7± 0.18[a]	5.5-6.1	5.7 ± 0.18[a]
- บ่าย	7.7-8.5	8.0± 0.34[a]	7.7-8.6	8.0 ±0.29[a]
ความเค็ม (ppt)	2.4-2.9	2.64± 0.15[a]	1.4-2.0	1.71 ± 0.20[b]
ค่าการนำไฟฟ้า (mmol/cm)	4.62-5.27	4.94±0.20[a]	2.77-3.74	3.17±0.27[b]
ความเป็นด่างรวม (mg/l)	242.1-292	273.3±21.55[a]	200.9-239.9	226.0±12.47[b]
ความกระด้าง (mg/l)	711.5-980.4	804.3±87.2[a]	598.3-778.7	653.6±59.0[b]
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.079-0.239	0.175±0.049[a]	0.067-0.258	0.166±0.056[a]
ไนไตรท์ (mg/l)	0.067-0.200	0.148±0.038[a]	0.059-0.193	0.143±0.040[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3. 4 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน

จากการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง จำแนกแพลงก์ตอนทั้งหมดได้ 3 Division 47 สกุล ได้แก่ Division Chlorophyta มีจำนวนมากที่สุด 17 สกุล รองลงมาคือ Division Cyanophyta มี 12 สกุล และ Division Chromophyta 5 สกุล ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 4 Phylum 13 สกุล (ภาพ 59-63) ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phylum Rotifera พบมากที่สุด 9 สกุล รองลงมาคือ Phylum Arthropoda 2 สกุล Phylum Protozoa 1 สกุล และ Phylum Mollusc 1 สกุล

แพลงก์ตอนพืชที่พบบ่อยและมีปริมาณมากคือ กลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp., *Spirulina* sp., *Anabaena* sp. และ *Coelosphaerium* sp.ในแต่ละบ่อพบ *Oscillatoria* sp. มากที่สุดเกือบทุกบ่อตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาซึ่งสอดล้องกับ พัชริดา (2543) และบุณฑริกา (2547) พบว่า กลุ่มแพลงก์ตอนชนิดหลักในน้ำความเค็มต่ำจะเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รองลงมาจะเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียว เมื่อเทียบกับกลุ่มแพลงก์ตอนที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีความเค็มปกติจะมีกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตและกลุ่มไดอะตอมเป็นหลัก ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบบ่อยและมีปริมาณมากในทุกบ่อเลี้ยง คือ กลุ่ม Rotifera ได้แก่ *Brachionus* sp., *Polyarthra* sp., *Filinia* sp., *Trichocerca* sp. และ Calanoid copepod

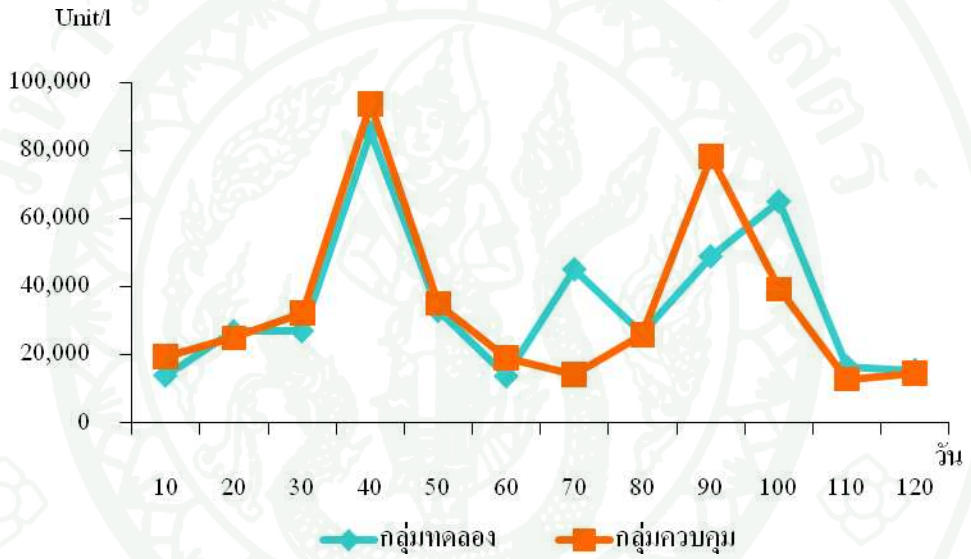
จากการศึกษาปริมาณแพลงก์ตอนในกลุ่มทดลอง ในส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.67\pm1.5x10^5$ มากกว่าแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.33\pm2.4x10^5$ โดยมีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ $4.3\pm0.3x10^5$หน่วยต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม มีแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยเท่ากับ $2.86\pm1.6x10^5$ และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.14\pm2.1x10^5$ และปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ $4.0\pm2.4x10^5$ หน่วยต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 56)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จะมีความคล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันบ้างตามระยะเวลา (ตารางที่ 13) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณแพลงก์ตอนทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะเพิ่มขึ้นใน 30 วันแรก และสูงสุดในวันที่ 40 เนื่องจากในการเตรียมบ่อมีการเติมอามิ-อามิ เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติ คือแพลงก์ตอนและสัตว์หน้าดินเพื่อเป็นอาหารให้แก่ลูกกุ้งวัยอ่อน ทำให้มีปริมาณแพลงก์ตอนค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเลี้ยง และหลังจากวันที่ 40 ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อจะลดลงจนถึงจุดต่ำสุดในช่วงวันที่ 60-70 และจะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้งตั้งแต่วันที่ 80 จนสูงขึ้นในวันที่ 90 ก่อนที่จะลดลงในช่วงวันที่ 110 จนกระทั่ง ซึ่งการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในช่วงเวลานั้นๆ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ ปล่อยลูกกุ้งจำนวนน้อย มีการให้อาหารอย่างระมัดระวัง ของเสียที่เกิดจากอาหารเหลือเพื่อเป็นธาตุอาหารแก่แพลงก์ตอนจะไม่มากนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

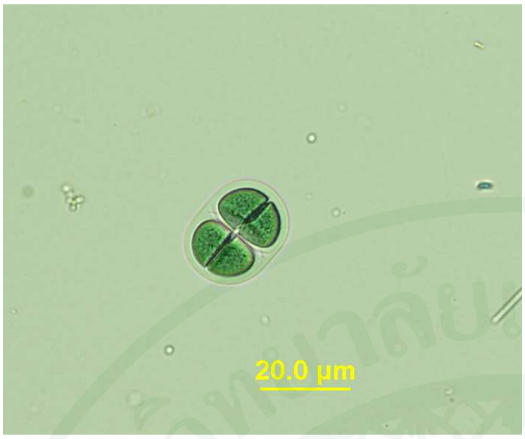
แพลงก์ตอน	ค่าเฉลี่ย± Sd	
(Unit/l)	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
แพลงก์ตอนพืช	$2.67 \pm 1.5 \times 10^5$	$2.86 \pm 1.6 \times 10^5$
แพลงก์ตอนสัตว์	$1.33 \pm 2.4 \times 10^5$	$1.14 \pm 2.1 \times 10^5$
แพลงก์ตอนรวม	$4.3 \pm 0.3 \times 10^5$	$4.0 \pm 2.4 \times 10^5$



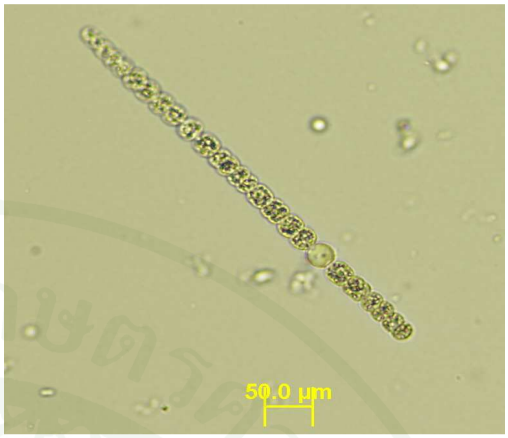
ภาพที่ 56 แพลงก์ตอนรวมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

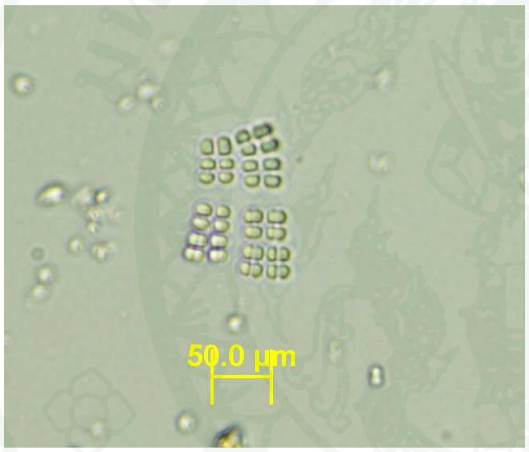
Division Cyanophyta



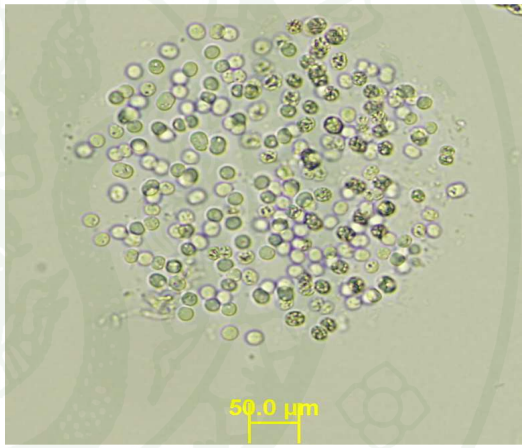
Chroococcus sp.



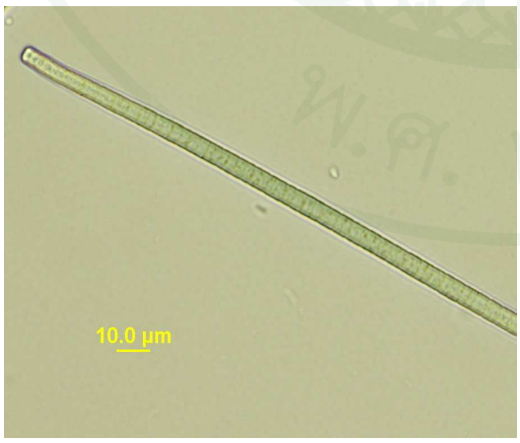
Anabeana sp.



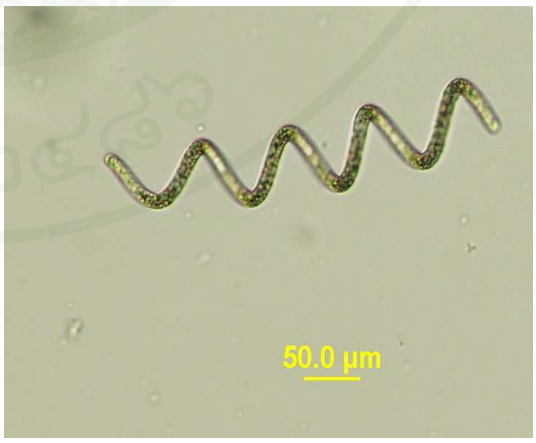
Merismopedia sp.



Coelosphaerium sp.



Oscillatoria sp.



Spirulina sp.

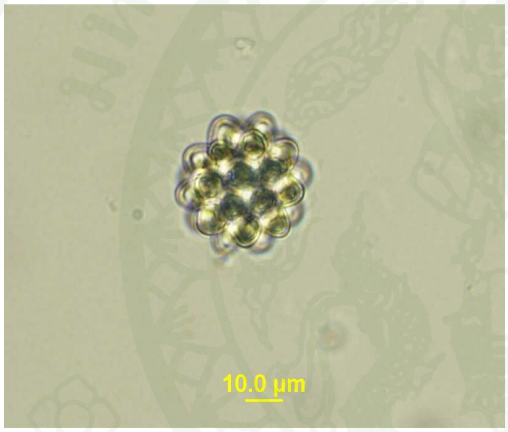
ภาพที่ 57 แพลงก์ตอนพืช Division Cyanophyta

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

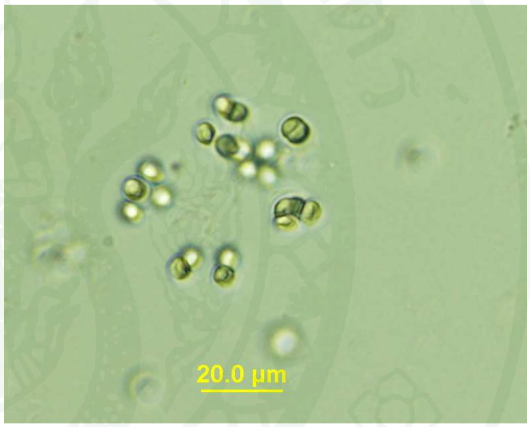
Division Chlorophyta

Pediastrum sp.

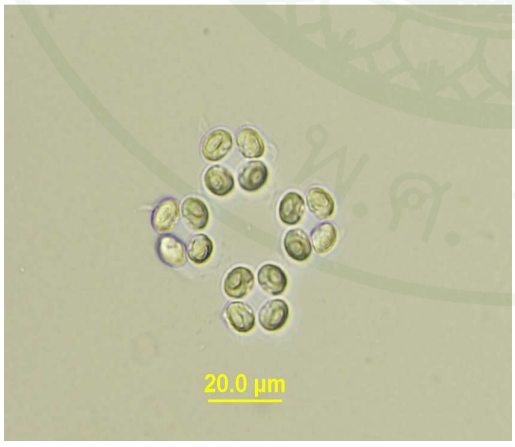
Scenedesmus sp.



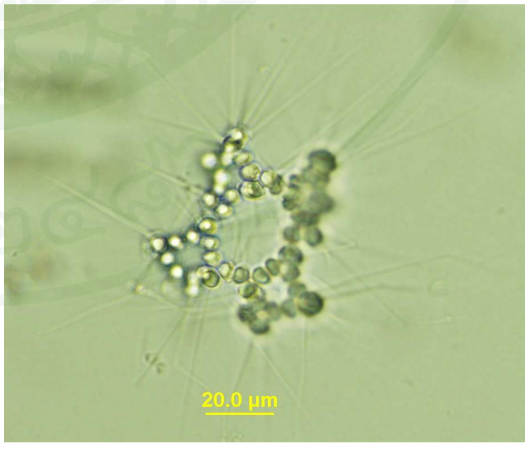
Coelastrum sp.



Dictyosphaerium sp.



Crucigenia sp.



Micractinium sp.

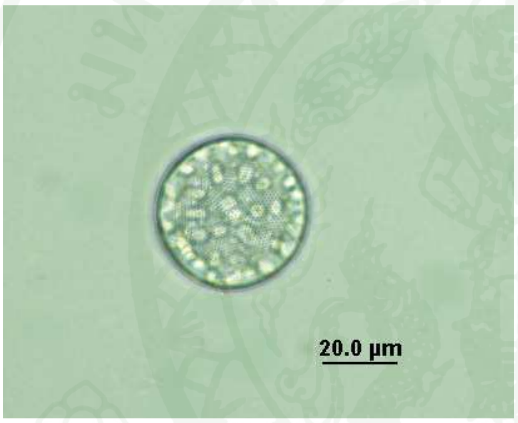
ภาพที่ 58 แพลงก์ตอนพืช Division Chlorophyta

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

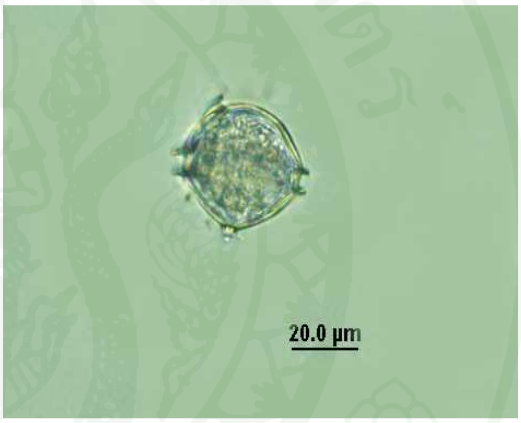
Division Chromophyta

Campylodiscus sp.

Gyrosigma sp.

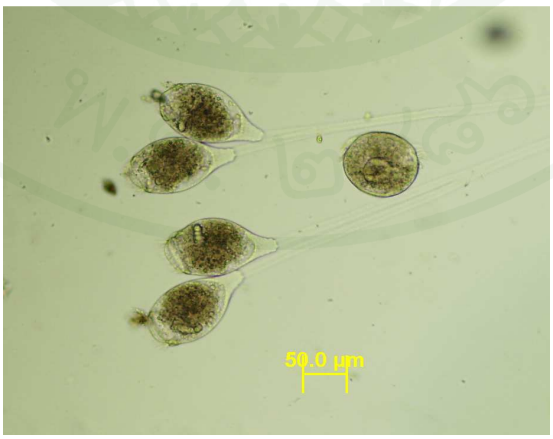


Cyclotella sp.



Gymnodinium sp.

Phylum Protozoa



Vorticella sp.

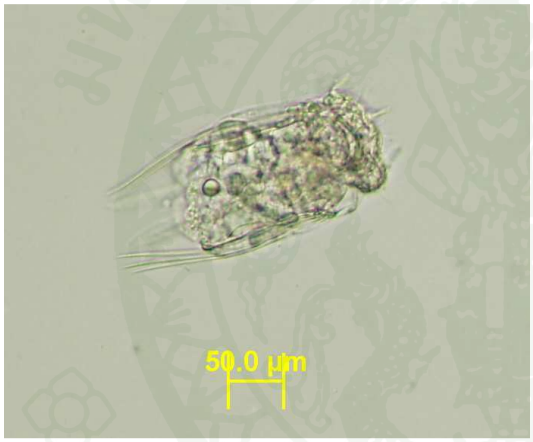
ภาพที่ 59 แพลงก์ตอนพืช Division Chromophyta และ Phylum Protozoa

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

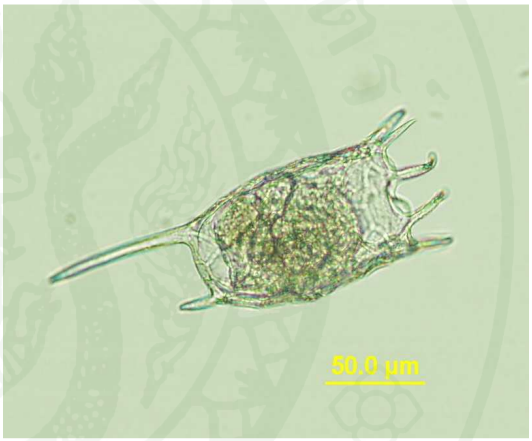
Phylum Rotifera

Brachionus sp.

Filinia sp.



Polyarthra sp.



Keratella sp.

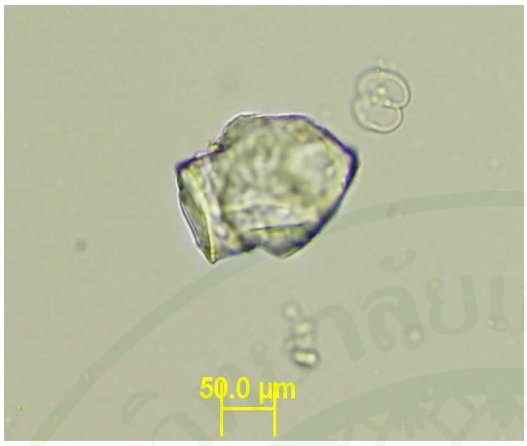
Lecane sp.

Asplanchna sp.

ภาพที่ 60 แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phylum Rotifera

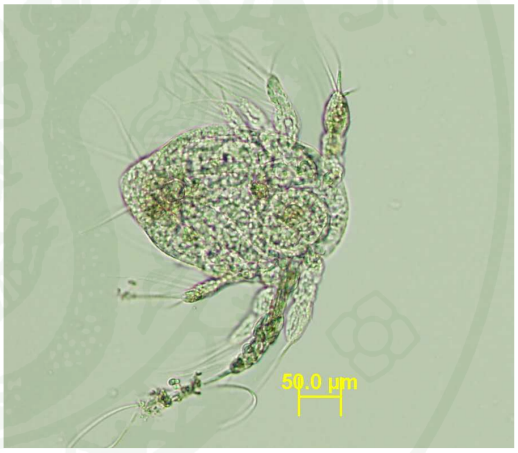


Anuaeopsis sp.

Trichocerca sp.

Phylum Arthropoda

Calanoid copepod



Copepod nauplius

ภาพที่ 61 แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera และ Phylum Arthropoda

3.5 การศึกษาชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดิน

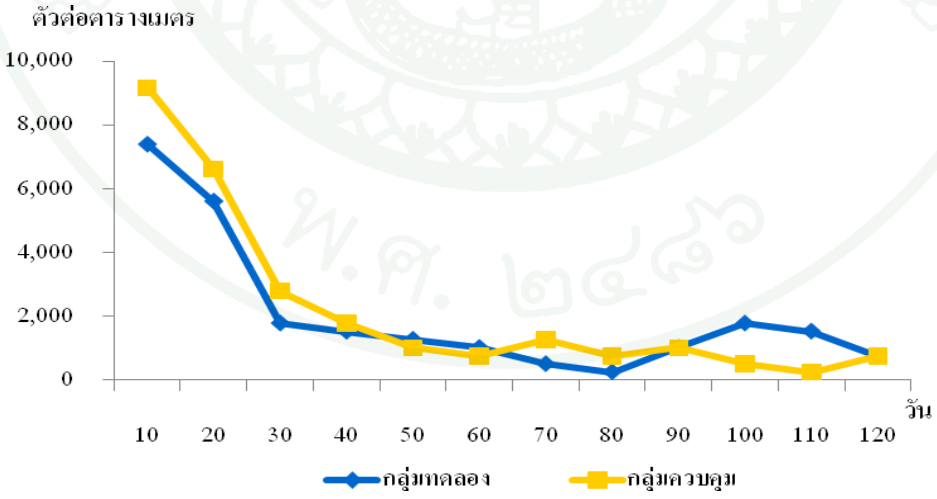
สัตว์หน้าดินขนาดเล็กที่พบในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตลอดการเลี้ยง มีทั้งหมด 4 Phylum ได้แก่ Phylum Arthropoda 4 กลุ่ม คือ chironomids, copepods, insect larvae และ ostracod Phylum Annelida 1 กลุ่ม คือ polychaetes Phylum Mollusca 1 กลุ่ม คือ gastropods และ Nematoda 1 กลุ่ม คือ nematodes (ภาพที่ 63) โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณสัตว์หน้าดินเท่ากับ 2.4 $\pm 0.4 \times 10^4$ ตัวต่อตารางเมตร และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยสัตว์หน้าดินเท่ากับ $2.7 \pm 0.3 \times 10^4$ ตัวต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางเมตร (ตารางที่ 14) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสัตว์หน้าดินทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากการศึกษาในครั้งนี้ พบสัตว์หน้าดินปริมาณมากใน 10 วันแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการเติมอามิ-อามิ ลงไปในบ่อเลี้ยงในช่วงการเตรียมบ่อเพื่อเป็นการสร้างอาหารธรรมชาติให้แก่ลูกกุ้งวัยอ่อน แต่หลังจากปล่อยลูกกุ้งปริมาณสัตว์หน้าดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะ 20 วันต่อมา หลังจากนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง แสดงว่าลูกกุ้งกินสัตว์หน้าดินเป็นอาหารในระยะแรกจำนวนมากและปริมาณสัตว์หน้าดินจะไม่เพิ่มขึ้นในปริมาณมากได้อีก ในขณะที่กุ้งมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเลี้ยงและอาจจะกินสัตว์หน้าดินตลอดเวลาด้วย ปริมาณสัตว์หน้าดินจึงอยู่ในระดับไม่แตกต่างกันมากตั้งแต่วันที่ 30 จนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยงนาน 120 วัน (ภาพที่ 62)

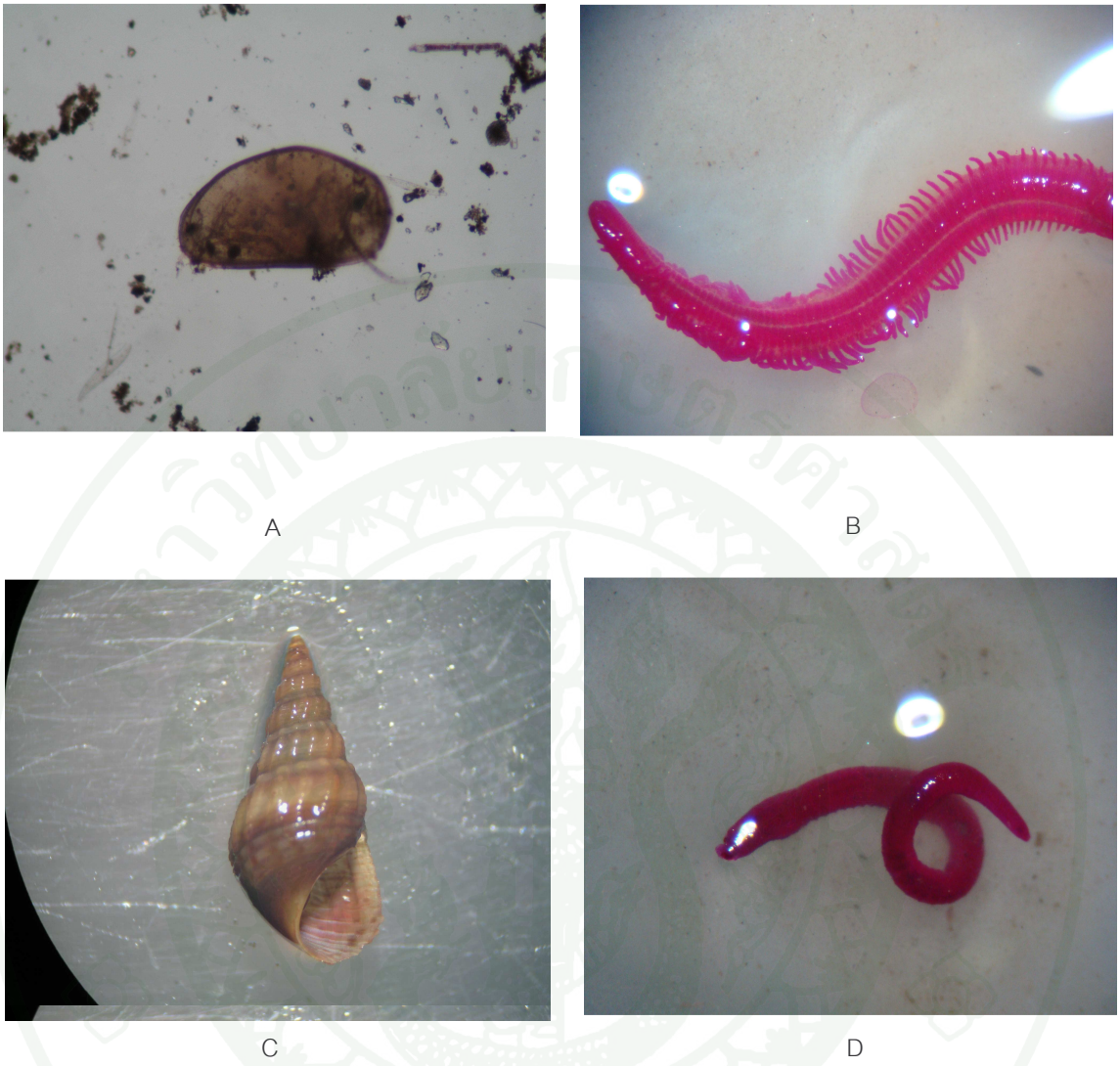
ตารางที่ 14 สัตว์หน้าดินเฉลี่ยในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

	ค่าเฉลี่ย (ตัวต่อตารางเมตร)± Sd	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัตว์หน้าดิน	2.4 ±0.4x10^4	2.7±0.3x10^4



ภาพที่ 62 สัตว์หน้าดินกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาเลี้ยงการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 63 ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ : Phylum Arthropoda : Ostracod (A), Phylum Annelida : Polychaetes (B), Phylum Mollusca : Class Gastropoda (C) และ Phylum Nematoda : Nematode (D)

3.6 การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

จากการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 41,459 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยเท่ากับ 83,490 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 42,031 บาทต่อไร่ ส่วนกลุ่มควบคุมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 29,792 บาทต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มทดลองเพราะไม่ได้เติมน้ำเค็มก่อนที่จะปล่อยลูกกุ้งแต่รายได้เฉลี่ยเท่ากับ 52,693 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 22,901 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 15) ซึ่งผลการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลี้ยงของกลุ่มทดลองให้ผลดีกว่ากลุ่มควบคุม ถึงแม้ว่าต้นทุนในการผลิตจะสูงกว่าจากการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมเพื่อเพิ่มระดับความเค็ม แต่ก็มีผลทำให้ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ทำให้กุ้งมีขนาดใหญ่กว่าและมีผลผลิตสูงกว่าด้วย ผลตอบแทนจึงสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หน่วย : บาท

ต้นทุน	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
ค่าลูกพันธ์กุ้งขาวแวนนาไม	2,688	2,688
ค่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป	41,000	28,500
ค่าน้ำเค็ม	7,500	2,500
ค่าน้ำมัน	5,000	5,000
ค่าสารเคมี	1,500	1,500
ค่าปรับปรุงบ่อ	1,500	1,500
ค่าซ่อมแซมและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	1,500	1,500
ค่าขนส่งและค่าแรงงาน	1,500	1,500
รวมต้นทุนทั้งหมด	62,188	44,688
รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	41,459	29,792
รายได้		
ผลผลิตทั้งหมด (กิโลกรัม)	907.5	617.5
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	605	411.7
รายได้ทั้งหมด (บาท)	125,235	79,040
รายได้ (บาทต่อกิโลกรัม)	138	128
รวมรายได้ (บาทต่อไร่)	83,490	52,693
ผลตอบแทน		
กำไรทั้งหมด	63,047	34,352
กำไรสุทธิ (บาทต่อไร่)	42,031	22,901

* ราคากุ้งขาวแวนนาไม ณ วันที่ 12 และวันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550
ราคากุ้งขนาด 48 ตัวต่อกิโลกรัม กิโลกรัมละ 138 บาท
ราคากุ้งขนาด 57 ตัวต่อกิโลกรัม กิโลกรัมละ 128 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลในน้ำความเค็มต่ำ

4.1 อัตราการรอดตายและผลผลิตการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ผลการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล ในบ่อ A1 และบ่อ A2 ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงนาน 203 และ 163 วัน ตามลำดับ ซึ่งในบ่อ A1 มีการปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมเสริม 2 ครั้ง และในบ่อ A2 มีการปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมเสริม 1 ครั้ง โดยเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 70-80 วันจะทยอยจับกุ้งขายบางส่วนก่อนโดยใช้อวนตาห่างลากออก เฉพาะกุ้งที่มีขนาดใหญ่ ส่วนกุ้งที่ยังมีขนาดเล็กจะลอดตาอวนได้ หลังจากนั้นจะปล่อยกุ้งเสริมในรอบที่ 2 จับกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิลหมดบ่ออีกครั้งพร้อมกันในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยง ซึ่งผลผลิตตลอดระยะเวลาการเลี้ยง จาก บ่อ A1 มีผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมเท่ากับ 152.3 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งน้ำหนักเฉลี่ย 11.4 กรัม และมีอัตราการรอดตาย 60.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบ่อ A2 ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมเท่ากับ 132.7 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 12.1 กรัม และมีอัตราการรอดตาย 68.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ส่วนผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไม ในบ่อ A1 มีผลผลิตปลานิล 410 กิโลกรัมต่อไร่ ปลานิลมีน้ำหนักเฉลี่ย 325.8 กรัม อัตราการรอดตาย 84.0 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.43 ส่วนบ่อ A2 มีผลผลิต 362 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักเฉลี่ย 285 กรัม อัตราการรอดตาย 84.6 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.56 ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

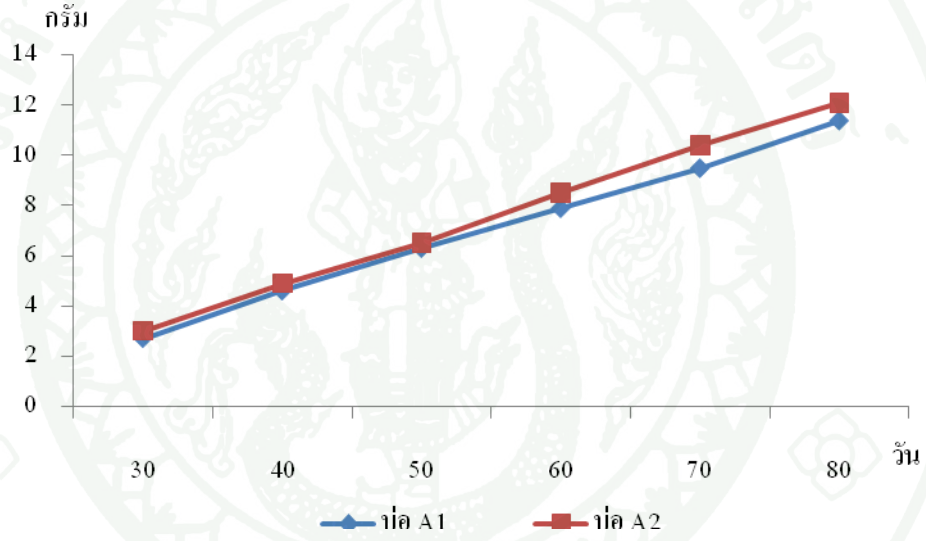
ตารางที่ 16 ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิล (บ่อ A1 ปล่อยกุ้งทั้งหมด 550,000 ตัวต่อบ่อ และบ่อ A2 ปล่อยกุ้งทั้งหมด 400,000 ตัวต่อบ่อ)

กุ้งขาวแวนนาไม	ผลผลิต (kg)	ผลผลิตต่อไร่ (kg)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการรอดตาย (%)
บ่อ A1	3,808	152.3	11.4	60.7
บ่อ A2	3,317	132.7	12.1	68.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

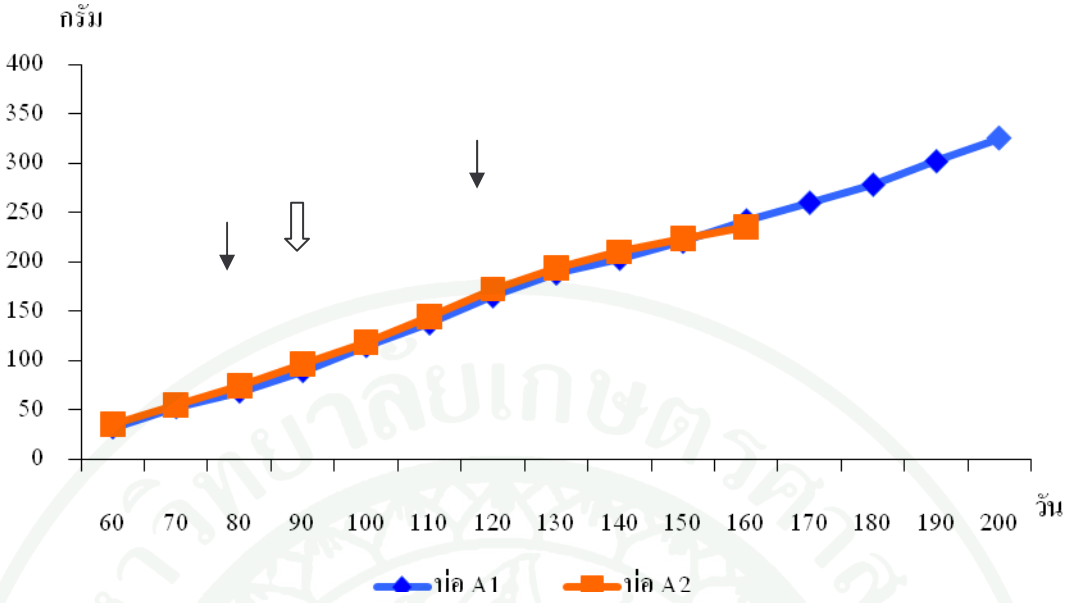
ตารางที่ 17 ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไม บ่อ A1 (เลี้ยงนาน 203) วัน และบ่อ A2 (เลี้ยงนาน 163 วัน)

ปลานิล	ผลผลิต (kg)	ผลผลิตต่อไร่ (kg)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)
บ่อ A1	10,250	410	325.8	84.0	1.43
บ่อ A2	9,048	362	285.0	84.6	1.56



ภาพที่ 64 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลในบ่อ A1 และ บ่อ A2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 65 อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อ A1 และ บ่อ A2

หมายเหตุ

↓ บ่อ A1 ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมเสริม 2 ครั้ง

⇩ บ่อ A2 ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมเสริม 1 ครั้ง

ภาพที่ 66 กุ้งขาวแวนนาไมที่ทยอยจับโดยใช้อวนลาก หลังเลี้ยงนาน 80-90 วัน กุ้งมีขนาดประมาณ 10-13 กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 67 กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิลหลังจากเลี้ยงนาน 203 วัน

จากการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลร่วมในบ่อเลี้ยงปลานิลที่น้ำมีระดับความเค็มต่ำเพียง 0.8-2.1 พีพีที ซึ่งบางช่วงของการเลี้ยง เกษตรกรได้นำกากน้ำปลามาเติม เนื่องจากกากน้ำปลามีกลิ่นที่ดึงดูดให้กุ้งกินอาหารดีขึ้นและสามารถเพิ่มความเค็มได้เล็กน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้ ทำให้กุ้งขาวแวนนาไมกินอาหารดีขึ้น ตามปกติกุ้งขาวสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำความเค็มช่วงกว้างมาก ตั้งแต่น้ำความเค็มต่ำมากเกือบเป็นน้ำจืด แต่ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำที่จะให้ผลผลิตสูงนั้น ชลอ และพรเลิศ (2547) ได้แนะนำว่าระหว่างการเลี้ยงความเค็มไม่ควรต่ำกว่า 3 พีพีที ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงได้ผลผลิตสูงและสามารถเลี้ยงกุ้งได้ขนาดใหญ่ได้ แต่ในการศึกษาครั้งนี้เกษตรกรได้ผลผลิตจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ยเพียง 152.3 และ 132.7 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีอัตราการรอดตาย 60.7 และ 68.5 เปอร์เซนต์ และมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.4 และ 12.1 กรัม เนื่องจากปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นต่ำมากเพื่อเสริมลงไปในบ่อเลี้ยงปลานิลเป็นหลักและความเค็มของน้ำที่ต่ำมาก อัตราการรอดตายของลูกกุ้งจึงอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับในการทดลองที่ 1 เมื่อเลี้ยงลูกกุ้งระยะพี 8 และ พี 10 ในน้ำความเค็มประมาณ 1 พีพีที ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายระหว่าง 35-61 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับอัตราความหนาแน่นที่เลี้ยงด้วย ส่วนอัตรารอดของปลานิลอยู่ในระดับที่ดี 84.0 และ 84.6 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักเฉลี่ย 325.8 และ 285 กรัม การเลี้ยงกุ้งผสมผสานระหว่างกุ้ง *Penaeus chinensis* กับปลานิลลูกผสม (*Oreochromis mossambicus x O. niloticus*) ในบ่อระบบปิดมีการใช้คอกกั้น พบว่าผลผลิตและอัตราการรอดของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กุ้ง *P. chinensis* กับปลานิลลูกผสมมีอัตรารอดสูง ทั้งนี้เนื่องจากปลามีผลต่อระบบนิเวศวิทยาทั้งทางตรงและทางอ้อม คือปลาจะควบคุมปริมาณแพลงก์ตอน กลุ่มโดยจะกินแพลงก์ตอนขนาดใหญ่ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนสัตว์จึงช่วยลดปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ที่จะกินแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก ส่วนผลทางอ้อมคือการเคลื่อนที่ของปลาตลอดเวลาทำให้ช่วยเพิ่มการเคลื่อนทีของน้ำเกิดการปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกมา ซึ่งแพลงก์ตอนพืชก็จะสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

การเลี้ยงแบบผสมผสานระหว่างกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลเป็นการใช้ประโยชน์ของบ่อต่างพื้นที่กันให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งปลานิลสามารถกรองกินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อ ส่วนกุ้งจะใช้เวลาในการหาอาหารตามบริเวณพื้นบ่อ ซึ่งมีสัตว์หน้าดินต่างๆ เป็นอาหารธรรมชาติในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ เกษตรกรได้ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปใส่เฉพาะในสวิงและปักรอบบ่อให้แก่ปลานิล อาหารเม็ดบางส่วนจะตกสู่พื้นบ่อเพื่อเป็นอาหารแก่กุ้งขาว นอกจากนี้สิ่งขับถ่ายจากปลานิลจะช่วยให้เกิดการกระจายตัวของสัตว์หน้าดิน ซึ่งเป็นอาหารให้กับกุ้งได้เช่นเดียวกัน Akiyama and Anggawa (1999) รายงานว่าผลผลิตของกุ้งเพิ่มขึ้น เมื่อปล่อยปลานิลลงเลี้ยงร่วมกับกุ้งส่วนปัญหาด้านโรคนั้น เกษตรกรในประเทศเอกวาดอร์รายงานว่าปลานิลแดงจะกินกุ้งตายหรือป่วยใกล้ตายในบ่อเลี้ยง ปลานิลยังกินกุ้ง ปู ขนาดเล็ก ซึ่งเป็นพาหะนำโรคไวรัสที่สำคัญอีกด้วย แต่โดยทั่วไปการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการเลี้ยงกุ้งจะเป็นการช่วยลดการติดเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาจะมีแนวโน้มของการมีแบคทีเรียแกรมบวกอยู่ในบ่อเลี้ยง จึงลดปัญหาการติดเชื้อวิบริโอซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบได้มาก นอกจากนี้มีการศึกษาของ Yi *et al.* (2002) ได้ทำการสำรวจเกษตรกรใน 12 จังหวัดของประเทศไทย พบว่ามีเกษตรจำนวน 61 รายที่เลี้ยงปลาในฟาร์มกุ้ง มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ การปล่อยกุ้งและปลานิลลงเลี้ยงพร้อมกันในบ่อเดียวกันตลอดเวลา เลี้ยงกุ้งและปลานิลแบบต่อเนื่องแต่แยกบ่อโดยใช้น้ำหมุนเวียนร่วมกัน และเลี้ยงกุ้งและปลานิลสลับกันคราวละรุ่นในบ่อเดิม แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรรายย่อยบางส่วนได้เปลี่ยนมาใช้ระบบการเลี้ยงแบบผสมผสานตามวิธีที่กล่าวมาแล้วนั้น ได้รับผลผลิตจากกุ้งและรายได้สูงมากกว่าการเลี้ยงกุ้งหรือปลาแต่เพียงชนิดเดียว นอกจากนั้นยังสามารถปรับปรุงคุณภาพของน้ำในบ่อกุ้ง รวมทั้งยังลดการเกิดโรคระบาดของโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียได้ด้วย เป็นการแก้ปัญหาการใช้ยาในบ่อกุ้งอีกด้วย ซึ่งการเลี้ยงปลานิลร่วมกับกุ้งในระบบผสมผสานน่าจะเป็นแนวทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรรายย่อยที่จะนำไปสู่การเลี้ยงกุ้งแบบยั่งยืนในที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ปริมาณอิออนที่สำคัญ

ปริมาณอิออนที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล (ตารางที่ 18 และภาพที่ 68-73) เนื่องจากระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงอยู่ในระดับที่ต่ำระหว่าง 0.8-2.1 พีพีที เท่านั้น ดังนั้นปริมาณอิออนในน้ำทุกชนิดจึงมีค่าต่ำกว่าที่ Boyd *et al.* (2002) รายงานว่าในการปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยง ความเค็มของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 5 พีพีที ซึ่งจะมีปริมาณอิออนที่สำคัญทุกชนิดมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้มาก

ตารางที่ 18 ปริมาณอิออนสำคัญที่วิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ชนิดของอิออน (mg/l)	บ่อ A1	บ่อ A2
Cl^-	695.6±124.3	928.2±238.3
SO_4^{2-}	107.6±18.1	135.5±28.5
Ca^{2+}	36.9±7.0	36.9±11.1
Na^+	383.1±64.8	491.7±101.7
Mg^{2+}	54.8±9.7	70.0±16.2
K^+	17.7±1.4	15.7±1.8

การเจริญเติบโตของสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียน ได้แก่ กุ้งและปู นั้นมีความสัมพันธ์กับการลอกคราบ ความสำเร็จในการลอกคราบก็ขึ้นอยู่กับความสมดุลของอิออนต่างๆ ทั้งในน้ำและในตัวกุ้ง การรักษาสมดุลของอิออนระหว่างเลือดและเปลือกผ่านทางชั้น epidermis มีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ การเจริญเติบโตจะลดลงหากได้รับอาหารที่ไม่ได้เสริมแร่ธาตุ กุ้งขาวแวนนาไมมีความสามารถในการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ คือ มีค่า osmolarity ประมาณ 600-700 mOsm หากความเค็มของน้ำต่ำมากกุ้งจะต้องใช้พลังงานมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายให้คงที่ และในทำนองเดียวกัน ถ้าความเค็มสูงมากกุ้งก็ต้องใช้พลังงานมากในการกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย ซึ่งสัตว์น้ำจะได้รับแร่ธาตุผ่านทางน้ำ โดยการกินแล้วดูดซึมแร่ธาตุจากทางเดินอาหาร หรือการแพร่ของแร่ธาตุผ่านทางเหงือก หรือรอยแยกของเปลือกกุ้ง และถูกดูดซึมผ่านเข้าสู่กระแสเลือด การที่กุ้งจะสามารถดูดซึม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แร่ธาตุได้มากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณแร่ธาตุในน้ำและอาหาร อัตราการดูดซึมแร่ธาตุขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของสัตว์น้ำ อุณหภูมิ พีเอชของน้ำและปริมาณแร่ธาตุในน้ำ กุ้งขาวแวนนาไมสามารถได้รับแร่ธาตุที่จำเป็นจากน้ำโดยแลกเปลี่ยนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ที่เหงือก หรือการได้รับแร่ธาตุโดยตรงจากอาหารและการดูดซึมบริเวณลำไส้ แต่ยังเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเนื่องจากความเครียดและการลอกคราบ (Shiau, 1998; Lignot *et al*., 2000) นอกจากสัตว์น้ำจะได้รับแร่ธาตุจากน้ำโดยตรงแล้ว ยังสามารถได้รับจากพืชและสัตว์ที่กินเป็นอาหารด้วย ในปริมาณที่แตกต่างกัน บุญรัตน์ (2545) แบ่งแร่ธาตุตามความต้องการของสัตว์น้ำได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณมาก (macro minerals) มี 7 ชนิด ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน โซเดียม และ คลอไรด์ แร่ธาตุพวกนี้สัตว์น้ำต้องการในปริมาณไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อวัน และแร่ธาตุที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณน้อย (micro or trace minerals) มี 15 ชนิด ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ไอโอดีน สังกะสี ฟลูออรีน โคบอลต์ โมลิบดีนัม ซีลีเนียม สตรอนเจียม โครเมียม นิกเกิล ดีบุก วาเนเดียม และซิลิคอน ซึ่งสัตว์น้ำต้องการวันละไม่กี่มิลลิกรัม และส่วนใหญ่สัตว์น้ำมีความต้องการน้อยมาก จนไม่ทราบปริมาณที่แน่นอน (เวียง, 2543)

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ กุ้งมีโอกาสได้รับปริมาณ Ca^{2+} ที่ไม่เพียงพอซึ่งจะทำให้กุ้งเปลือกบาง เปลือกนิ่ม และเปลือกแข็งช้าหลังจากการลอกคราบ (บุญรัตน์, 2545) ส่วน Na^{+}, Cl^{-} และ K^{+} จะช่วยควบคุมระบบการปรับสมดุลน้ำและอิออนของร่างกายให้คงที่ รักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งในสภาวะปกติภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของ K^{+} มากกว่า แต่มี Na^{+} และ Cl^{-} น้อยกว่าภายในเซลล์ ควบคุมสารที่ผ่านเข้าและออกเซลล์ให้เป็นปกติ จึงทำให้ความดันออสโมติก (osmotic pressure) คงที่ทำให้น้ำในร่างกายอยู่ในสภาวะปกติและยังช่วยรักษาสมดุลพีเอชของเหลวภายในร่างกาย โดย K^{+} จะทำงานร่วมกับ Ca^{2+} ในการทำงานของกล้ามเนื้อและร่วมกับ Na^{+} ในการส่งกระแสประสาทช่วยในการถ่ายทอดสัญญาณประสาทหรือกระแสความรู้สึก นอกจากนี้ Cl^{-} ยังช่วยในการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ของเม็ดเลือด สร้างกรดเกลือและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหาร ในระยะที่กุ้งมีการเจริญเติบโตหรือมีการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ กุ้งขาวแวนนาไมจะมีความต้องการ K^{+} ในเซลล์สูงมาก โดยการดูดซึมผ่านทางเหงือก อาศัยกระบวนการ active transport หรือผ่านทางเซลล์จากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นน้อยโดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน (passive transport) และหากมีปริมาณ K^{+} ในร่างกายมากเกินไปจะถูกขับออกจากร่างกายพร้อมยูรีนผ่านทาง antennal gland พร้อมกับ Mg^{2+} และ SO_4^{2-} แต่ปริมาณ K^{+} ที่ขับออกจะน้อยกว่า (Davis and Lawrance 1997; Silva and Williams, 2001)

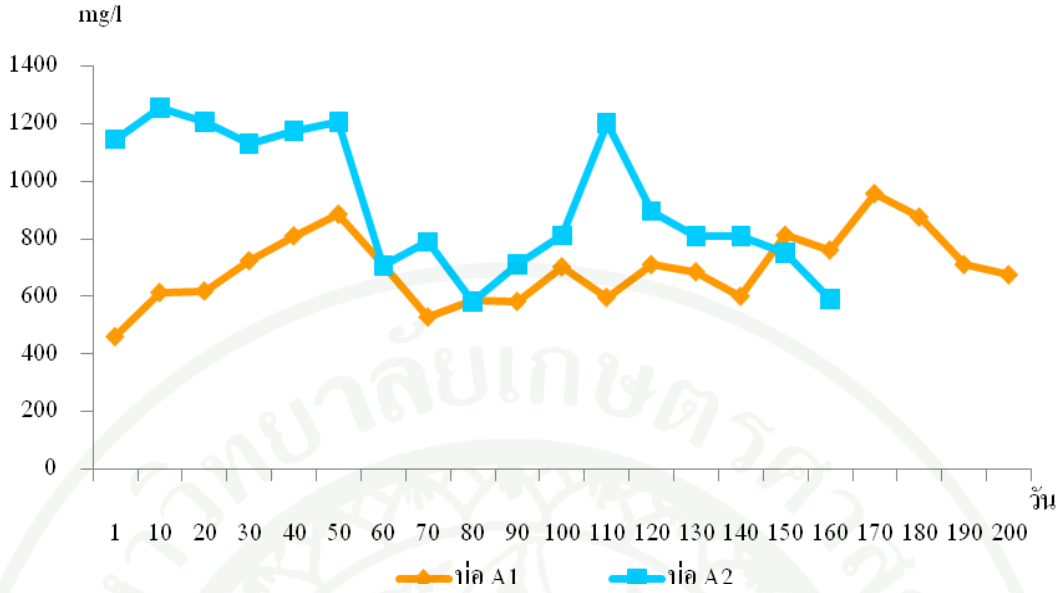
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Saoud *et al*. (2002) ได้ศึกษาอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในน้ำเค็มที่สูบมาจากน้ำบาดาล พบว่าธาตุ K^+ มีความสัมพันธ์ที่สุดต่ออัตราการรอดตายในกุ้งระยะโพสลาร์วา หากเพิ่มปริมาณ K^+ ในน้ำให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับในน้ำทะเลที่ความเค็ม 4 พีพีที อัตราการรอดตายของกุ้งจะเพิ่ม จากน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cawthorne *et al*. (1983) ที่รายงานว่าการเติมปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ลงในน้ำเพื่อให้ K^+ มีความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้อัตราการรอดตายของกุ้งสูงขึ้น นอกจากนี้ K^+ ยังมีความสำคัญต่อการทำงานของ Na^+-K^+ ATPase ในการขนส่งแร่ธาตุและกระบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุ สำหรับ Mg^{2+} และ SO_4^{2-} ต่างมีความสัมพันธ์ต่ออัตราการรอดตายและกระบวนการปรับสมดุลแร่ธาตุเช่นกัน

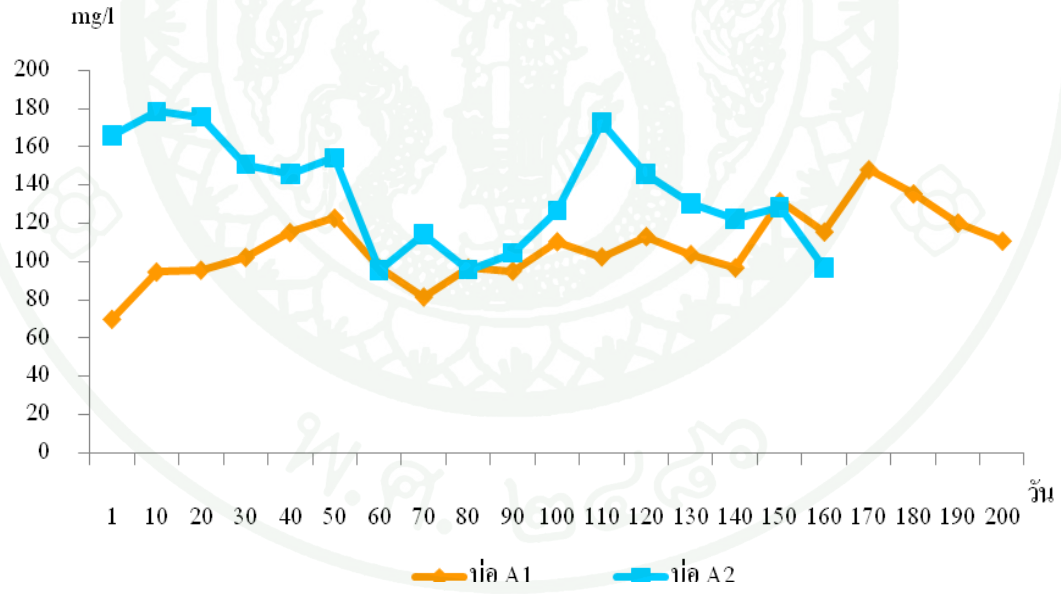
สัตว์ในกลุ่มครัสเตเซียนพยายามรักษาแร่ธาตุในร่างกายให้คงที่ และพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์จะค่อย ๆ เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ Lin *et al*. (2000) ได้ศึกษาปริมาณแร่ธาตุ Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในเลือดและยูรีนของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำทะเลความเค็ม 3 ระดับ คือ 5, 25 และ 45 พีพีที พบว่าความเข้มข้นของ Cl^- ในยูรีนมีปริมาณสูงกว่าในเลือดเล็กน้อยที่ความเค็ม 5 และ 45 พีพีที ความเข้มข้นของ Na^+ , K^+ และ Ca^{2+} ในเลือดและยูรีนไม่แตกต่างกันในทุกระดับความเค็ม ส่วนความเข้มข้นของ Mg^{2+} ในยูรีนจะมีปริมาณสูงขึ้น แต่ในเลือดจะต่ำลง

ชลอ และ พรเลิศ (2547) รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำไม่สามารถผลิตกุ้งขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากน้ำความเค็มต่ำจะมีปริมาณอิออนที่สำคัญน้อย เช่น Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-} กุ้งต้องใช้พลังงานอย่างมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆในร่างกายให้คงที่ทำให้ไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เต็มที่ หากปริมาณแร่ธาตุในร่างกายมีไม่เพียงพอก็จะส่งผลให้กระบวนการลอกคราบของกุ้งไม่สมบูรณ์ และทำให้กุ้งตายระหว่างการลอกคราบได้ ดังนั้นแร่ธาตุจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการเลี้ยงกุ้งค่อนข้างมากโดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นในน้ำที่มีความเค็มต่ำ (บุญรัตน์, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

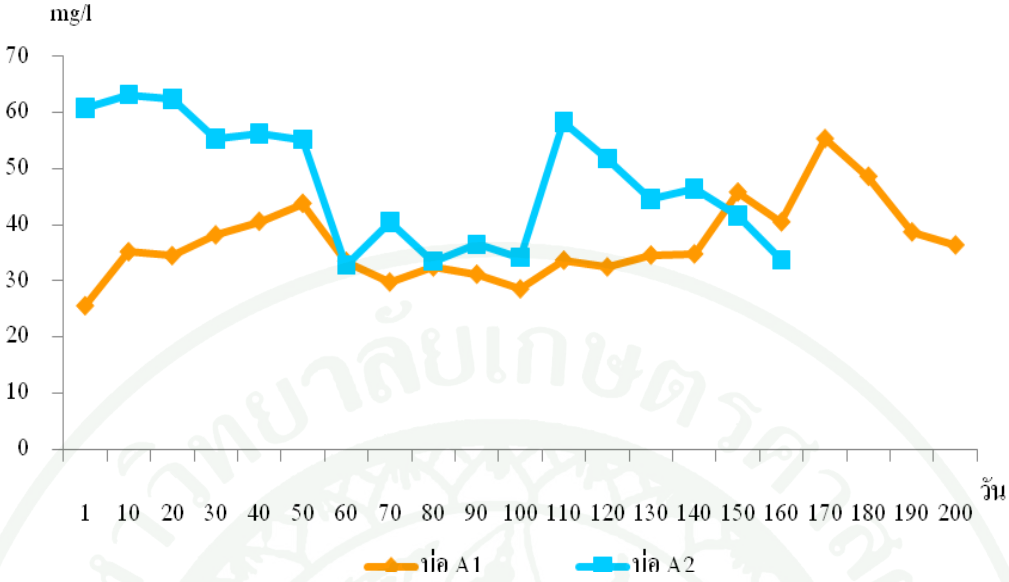


ภาพที่ 68 ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

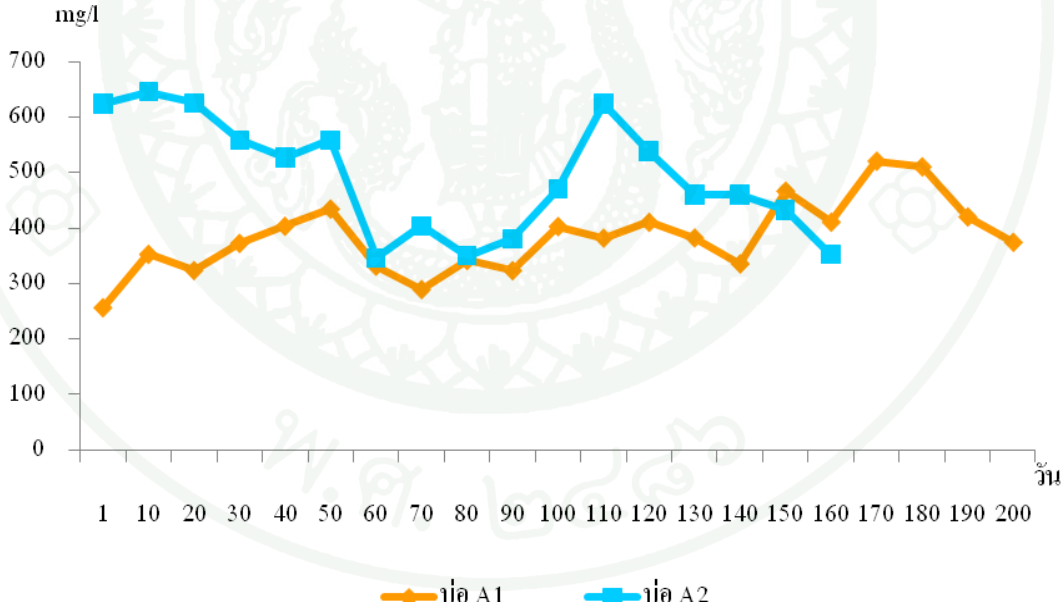


ภาพที่ 69 ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

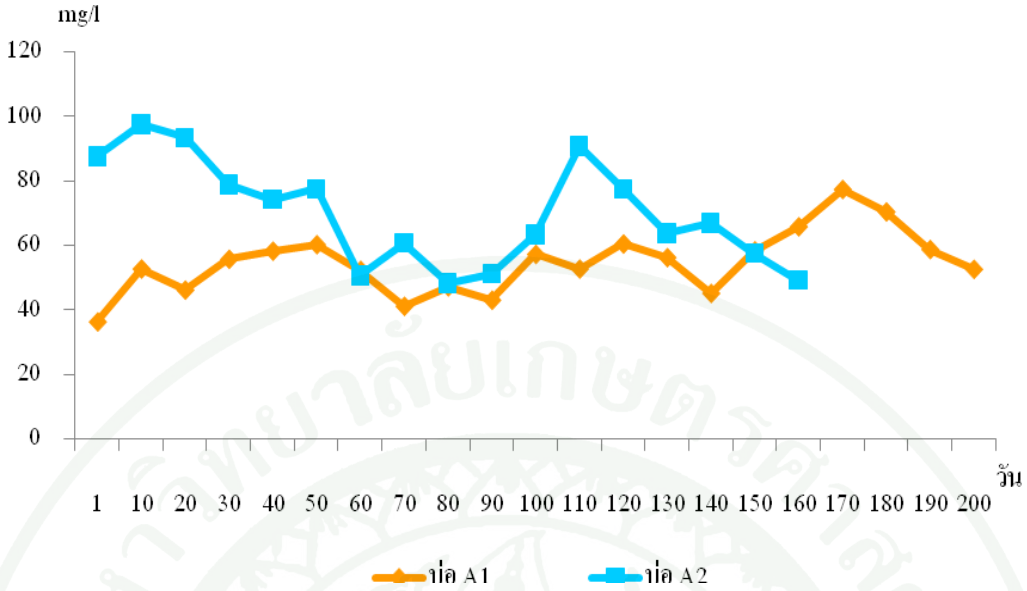


ภาพที่ 70 ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

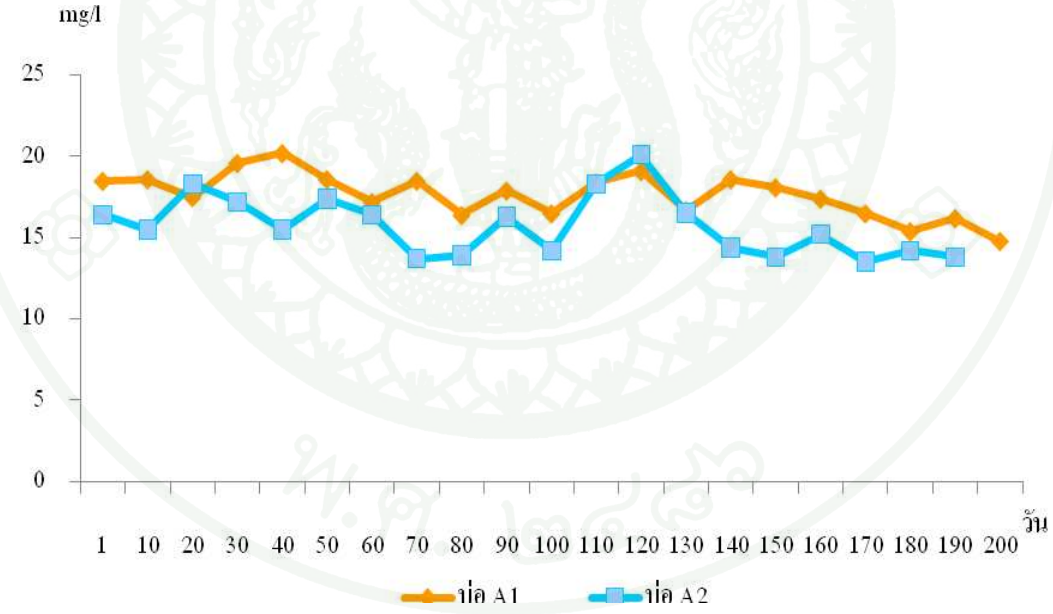


ภาพที่ 71 ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 72 ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล



ภาพที่ 73 ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ

คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงที่ทำการวิเคราะห์ คือ ความโปร่งแสง อุณหภูมิของน้ำ พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นด่างรวม ความกระด้าง ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์ ซึ่งแสดงในตารางที่ 19

ความโปร่งแสงของทั้งบ่อ A1 และ A2 มีค่าสูงในระยะแรกและจะลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณแพลงก์ตอนจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณอาหารที่ให้เพิ่มขึ้น และสิ่งขับถ่ายที่เพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงทั้ง บ่อ A1 และ A2 มีค่าความโปร่งแสงของน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ

อุณหภูมิของน้ำ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงอุณหภูมิน้ำตอนเช้าและบ่ายอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอยู่ระหว่าง 26-33 องศาเซลเซียส (Wickins and Lee, 2002)

ค่าพีเอช การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในบ่อ A1 และ A2 มีความคล้ายคลึงกันตลอดระยะเวลาการเลี้ยงและอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจากบ่อ A1 และ A2 มีความคล้ายคลึงกัน ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ความเค็ม ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำเนื่องจากเป็นการเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืด นอกจากนี้ความเค็มของน้ำของการเลี้ยงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในบางช่วงเวลาการเลี้ยงและการนำกากน้ำปลามาเติมเพื่อกระตุ้นการกินอาหารของกุ้งขาวและมีผลทำให้ความเค็มในบ่อเลี้ยงเพิ่มขึ้นได้เล็กน้อยบางช่วงเวลา

ค่าการนำไฟฟ้าของบ่อ A1 และ บ่อ A2 ซึ่งค่าความนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเค็มและมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นด่างรวม ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลทุกชนิดโดยค่าที่เหมาะสมกับการเลี้ยงขาวแวนนาไมควรมีค่าระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547; สุรศักดิ์, 2546) ส่วนค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรอยู่ระหว่าง 150-300 มิลลิกรัมต่อลิตร (นฤมล, 2550)

ค่าความกระด้างของทั้ง 2 บ่อ ในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานในการเลี้ยงกุ้งที่ต้องการผลผลิตสูง โดย ชลอ และพรเลิศ (2547) แนะนำว่าความกระด้างของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เนื่องจากความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลครั้งนี้อยู่ในระดับที่ต่ำเพียง 0.8-2.1 พีพีที เท่านั้น ทำให้ความกระด้างของน้ำอยู่ในระดับที่ต่ำ

ปริมาณแอมโมเนียรวมของทั้ง 2 บ่อ ในช่วงแรกของการเลี้ยงมีค่าสูง เนื่องมาจากมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเตรียมอาหารธรรมชาติในช่วงการเตรียมบ่อ และไม่มีการนำเลนจากพื้นบ่อออกจึงมีสารอินทรีย์ตกค้างจากการเลี้ยงรุ่นก่อนๆ ในบ่อจำนวนมาก ทำให้ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในระดับที่สูง อีกทั้งการให้อาหารแก่ปลานิล ของเสียหรือเศษอาหารที่เหลืออยู่ จะทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น โดยปริมาณแอมโมเนียรวมมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปลานิลและกุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้น ปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวันสำหรับปลานิลจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อปลานิลและกุ้งกินอาหารมากขึ้นของเสียจากสิ่งที่ขับถ่ายออกมาจากปลานิลและกุ้ง รวมทั้งเศษอาหารที่เหลือเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย รวมทั้งปริมาณแพลงก์ตอนที่เพิ่มมากขึ้นและบางส่วนที่ตายจะย่อยสลายทำให้แอมโมเนียเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การทยอยจับกุ้งโดยใช้อวนลากก็ทำให้ตะกอนที่พื้นบ่อฟุ้งกระจายเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่งผลต่อค่าแอมโมเนียรวม แต่อย่างไรก็ตามระดับแอมโมเนียรวมของบ่อ A1 และ A2 ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปริมาณไนไตรท์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล พบว่าค่าปริมาณไนไตรท์จะสูงเกินระดับมาตรฐานตลอดการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณไนไตรท์จะเกิดจากการเปลี่ยนแอมโมเนียในสภาพที่มีออกซิเจน โดย nitrifying bacteria เมื่อมีแอมโมเนียสูง ในระยะต่อมาจะพบว่ามีระดับไนไตรท์สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) และปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลควรต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมประมง, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

คุณสมบัติของน้ำ	บ่อ A1		บ่อ A2	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ความโปร่งแสง (cm)	18.0-28.0	24.1± 2.47	18.0-30.5	24.5±4.20
อุณหภูมิของน้ำ (^{0}C) - เช้า	27.1-27.6	27.3± 0.16	27.1-27.3	27.3±0.18
-บ่าย	31.5-31.8	31.7± 0.09	31.5-31.8	31.6±0.09
พีเอช - เช้า	7.7-8.1	7.9± 0.15	7.7-8.1	8.0 ± 0.12
-บ่าย	8.2-8.6	8.5± 0.13	8.2-8.7	8.5 ± 0.13
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)				
- เช้า	6.1-6.8	6.5± 0.18	6.1-6.8	6.4 ± 0.18
- บ่าย	8.2-9.4	8.7± 0.31	8.0-9.0	8.6 ± 0.24
ความเค็ม (ppt)	0.8-1.5	1.23± 0.23	1.1-2.1	1.58 ± 0.35
ค่าการนำไฟฟ้า (mmol/cm)	1.70-2.88	2.40±0.31	2.30- 3.90	3.09±0.50
ความเป็นด่างรวม (mg/l)	135-255.3	211.5±30.3	225.0-299.0	253.8±36.6
ความกระด้าง (mg/l)	356.0-435.0	403.7±21.8	410.0-585.0	476.1±45.3
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.100-0.940	0.327±0.212	0.050-0.670	0.238±0.126
ไนไตรท์ (mg/l)	0.050-0.250	0.141±0.051	0.035-0.220	0.121±0.045

4.4 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน

จากการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลในบ่อ A1 และบ่อ A2 ตลอดการเลี้ยงมีแพลงก์ตอนทั้งหมด 3 Division 47 สกุล ได้แก่ Division Chlorophyta พบมากที่สุดคือ 17 สกุล รองลงมาคือ Division Cyanophyta พบ 11 สกุล และ Division Chromophyta 5 สกุล พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 4 Phylum 14 สกุล ได้แก่ Phylum Rotifera มากที่สุด 9 สกุล ส่วน Phylum Protozoa มี 1 สกุล Phylum Arthropoda 3 สกุล และ Phylum Mollusca 1 สกุล (ภาพที่ 75-76)

แพลงก์ตอนพืชที่พบบ่อยและมีปริมาณมากคือ กลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp., *Anabaena* sp. และ *Coelosphaerium* sp.ในแต่ละบ่อพบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

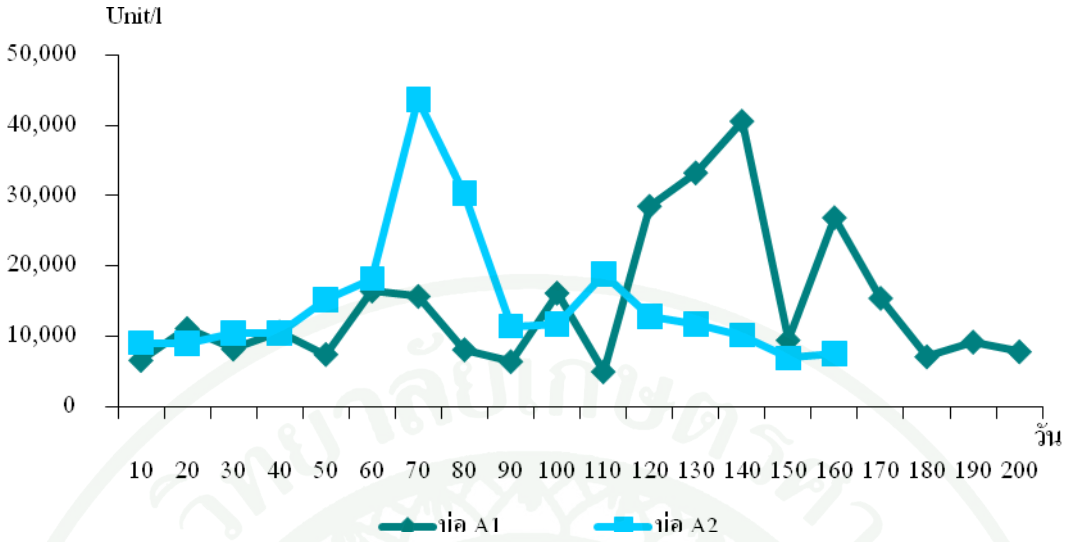
Oscillatoria sp. และ *Microcystis* sp. มากที่สุดเกือบทุกบ่อตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา แพลงก์ตอนกลุ่มนี้จะพบทั่วไปในบ่อเลี้ยงกุ้งที่น้ำมีความเค็มต่ำ ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบบ่อยและมีปริมาณมาก ในทุกบ่อเลี้ยง คือ กลุ่ม Rotifera ได้แก่ *Brachionus* sp., *Polyarthra* sp.,*Trichocerca* sp., Calanoid copepod และ *Filinia sp.*

แพลงก์ตอนพืชในบ่อ A1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 $x10^5$ และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 $x10^4$ มีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 2.90$x10^5$ หน่วยต่อลิตร ส่วนบ่อ A2 มีแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 $x10^5$และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.30$x10^4$ มีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 2.38$x10^5$ หน่วยต่อลิตร (ตารางที่ 20) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนที่พบระหว่างบ่อ A1 และ A2 พบว่าชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนคล้ายคลึงกันแต่แตกต่างกันตามระยะเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณแพลงก์ตอนทั้ง 2 บ่อ มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 74) และมีบางช่วงเวลาของการเลี้ยงที่มีปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยในช่วงแรกของการเตรียมบ่อและระหว่างการเลี้ยง ที่มีการเติมกากน้ำปลาในบ่อเลี้ยงซึ่งมีสารอาหารบางส่วนเข้ามาเพิ่มภายในบ่อ ประกอบกับสารอาหารในบ่อที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการให้อาหารปลานิลที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเลี้ยงรวมทั้งการสะสม สิ่งขับถ่ายและซากของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ภายในบ่อ

ตารางที่ 20 ปริมาณแพลงก์ตอนรวมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

แพลงก์ตอน	ค่าเฉลี่ย	
(Unit/l)	บ่อ A1	บ่อ A2
แพลงก์ตอนพืช	2.19 $x10^5$	1.65 $x10^5$
แพลงก์ตอนสัตว์	7.10 $x10^4$	7.30 $x10^4$
แพลงก์ตอนรวม	2.90$x10^5$	2.38$x10^5$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 74 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

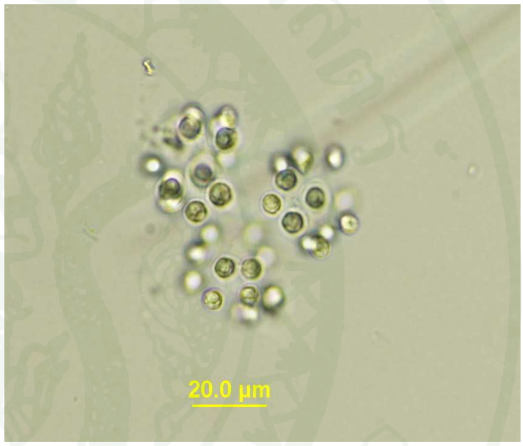
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Division Chlorophyta

Phacus sp.

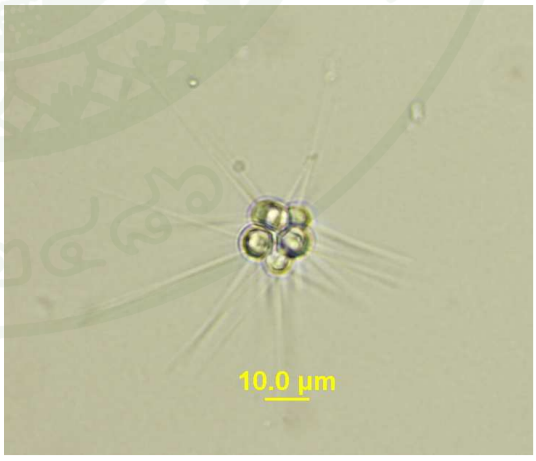
Scenedesmus sp.

Euglena sp.



Dictyosphaerium sp.

Rhaphidiopsis sp.



Micractinium sp.

ภาพที่ 75 แพลงก์ตอนพืช Division Chlorophyta

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Phylum Rotifera

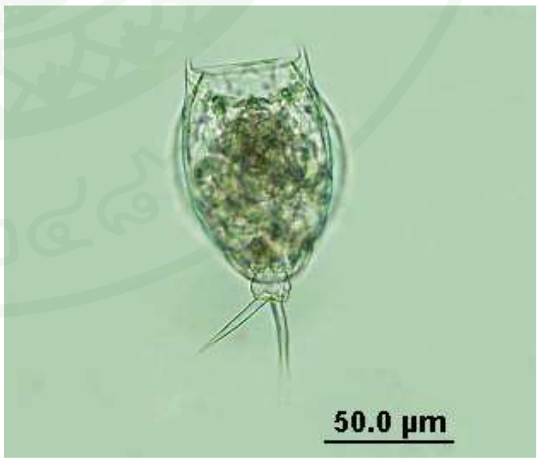
Brachionus sp.

Filinia sp.

Keratella sp.

Polyarthra sp.

Asplanchna sp.



Lecane sp.

ภาพที่ 76 แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera

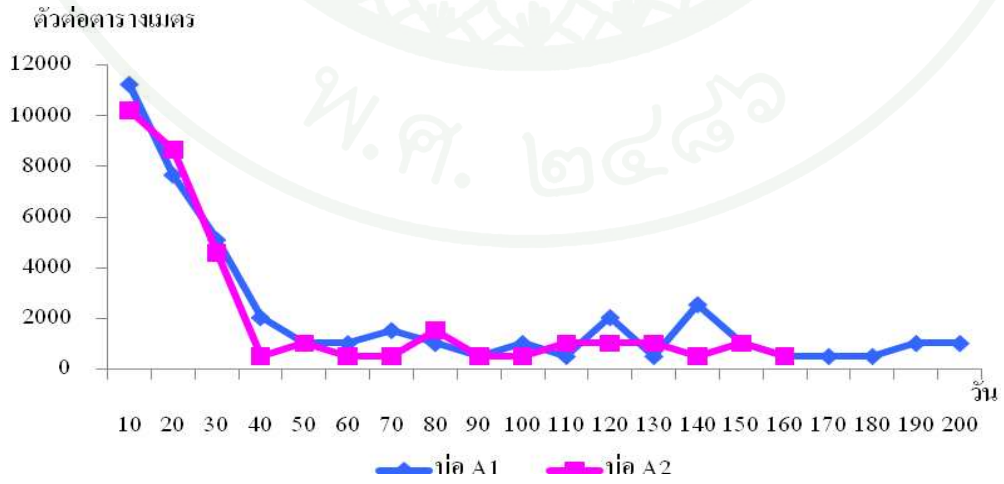
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 การศึกษาชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดิน

สัตว์หน้าดินขนาดเล็กที่พบใน บ่อ A1 และ A2 ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ทั้งหมดมี 4 Phylum ได้แก่ Phylum Arthropoda 4 กลุ่ม คือ chironomids, copepods, insect larvae และ ostracod Phylum Annelida 1 กลุ่ม คือ polychaetes Phylum Mollusca 1 กลุ่ม คือ gastropods และ Nematoda 1 กลุ่ม คือ nematodes (ภาพที่ 77) โดยบ่อ A1 มีค่าเฉลี่ยของสัตว์หน้าดินที่พบเท่ากับ $4.23x10^4$ ตัวต่อตารางเมตรและบ่อ A2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3.37x10^4$ ตัวต่อตารางเมตร (ตารางที่) ปริมาณสัตว์หน้าดินที่พบเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา คือ ในช่วง แรกของการเลี้ยงจะพบสัตว์หน้าดินในปริมาณที่มากที่สุดเนื่องมีการเติมปุ๋ยในช่วงการเตรียมบ่อเพื่อเพิ่มอาหารธรรมชาติและสัตว์หน้าดินแต่หลังจากปล่อยลูกกุ้งและลูกปลานิล ปริมาณสัตว์หน้าดินจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงระดับที่ต่ำมากในวันที่ 40 สำหรับบ่อ A2 และ 60 วัน สำหรับบ่อ A1 แสดงว่าลูกกุ้งและลูกปลานิลกินสัตว์หน้าดินเป็นอาหารในระยะแรก โดยเฉพาะใน 30 วันแรก หลังจากนั้นปริมาณสัตว์หน้าดินจะทรงตัวอยู่ในระดับที่ต่ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 77)

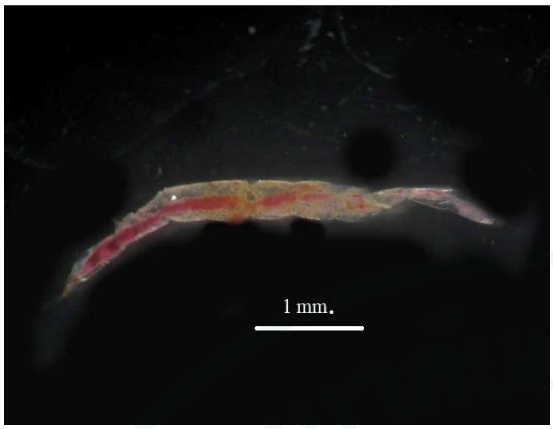
ตารางที่ 21 ปริมาณสัตว์หน้าดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

	ค่าเฉลี่ย (ตัวต่อตารางเมตร)	
	บ่อ A1	บ่อA2
สัตว์หน้าดิน	$4.23x10^4$	$3.37x10^4$



ภาพที่ 77 ปริมาณสัตว์หน้าดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(A)

(B)

(D)

(E)

ภาพที่ 78 ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบ: Phylum Arthropoda : Chironomid (A), Class Insecta (B), Phylum Annelida : Polychaetes (C), Phylum Mollusca : Class Gastropoda (D) และ Phylum Nematoda : Nematode (E)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.6 ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลของเกษตรกรรายย่อยที่มีการเลี้ยงแบบกึ่งธรรมชาติ คือปล่อยลูกกุ้งในอัตราความหนาแน่นต่ำและไม่มีการให้อาหารกุ้งตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง พบว่า บ่อ A1 มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 6,618 บาทต่อไร่ รายได้กุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 14,022 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยปลานิล 7,380 บาทต่อไร่ รวมรายได้กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล 21,402 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 14,785 บาทต่อไร่ ส่วนบ่อ A2 มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 5,616 บาทต่อไร่ รายได้กุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 12,153 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยปลานิล 6,964 บาทต่อไร่ รวมรายได้กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล 19,118 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 13,501 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 22) ซึ่งบ่อA1 ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าบ่อ A2 เนื่องจากบ่อ A1 มีการปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงเสริมถึง 2 ครั้ง แต่บ่อ A2 ปล่อยลูกกุ้งลงเสริมเพียงครั้งเดียว ทำให้ได้ผลผลิตน้อยกว่า แต่เมื่อสังเกตจากระดับความเค็มของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่า ระดับความเค็มของบ่อ A2 สูงกว่าบ่อ A1 โดยอยู่ในช่วงระหว่าง 1.1-2.1 พีพีที ซึ่งบ่อ A1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.5 พีพีที ทำให้บ่อ A2 กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าบ่อ A1 คือ 12.1 กรัม ส่วนบ่อ A1 มีน้ำหนักเฉลี่ย 11.4 กรัม ถ้าหากบ่อ A2 มีการปล่อยกุ้งเสริม 2 ครั้ง เช่นเดียวกันกับบ่อ A1 ผลผลิตกุ้งคงจะใกล้เคียงกันหรืออาจจะมากกว่า เนื่องจากระดับความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงอยู่ในระดับที่สูงกว่าตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเสริมการเลี้ยงปลานิลจะเห็นได้ชัดเจนว่าต้นทุนในการผลิตทั้งหมดใกล้เคียงกับรายได้จากการขายปลานิล ส่วนกำไรที่เกษตรกรได้เพิ่มขึ้นมา คือผลผลิตจากการขายกุ้งขาวแวนนาไม ดังนั้นในพื้นที่หรือฟาร์มเลี้ยงปลานิลทั่วไปที่น้ำมีความเค็มเพียงเล็กน้อย เกษตรกรรายย่อยควรจะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเสริมลงไปเช่นเดียวกับในการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะทำให้มีรายได้และผลกำไรมากขึ้นด้วย ดีกว่าการเลี้ยงปลานิลแต่เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล ในบ่อขนาด 25 ไร่

(หน่วย : บาท)

ต้นทุน	บ่อ A1	บ่อ A2
ค่าลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม	16,500	12,000
ค่าลูกพันธุ์ปลานิล	10,125	10,125
ค่าอาหารสำเร็จรูป	91,478	70,416
ค่าน้ำมัน	18,000	18,000
ค่าแรงงาน	18,000	18,000
ค่าปรับปรุงบ่อ	6,850	6,850
ค่าซ่อมแซมและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	5,000	5,000
รวมต้นทุนทั้งหมด	165,453	140,391
รวมต้นทุน (บาทต่อไร่)	6,618	5,616
รายได้		
ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมทั้งหมด (กิโลกรัม)	3,808	3,317
ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (กิโลกรัมต่อไร่)	152.3	132.7
ผลผลิตปลานิลทั้งหมด (กิโลกรัม)	10,250	9,048
ผลผลิตปลานิล (กิโลกรัมต่อไร่)	410	362
รายได้กุ้งขาวแวนนาไมทั้งหมด (บาท)	350,570	303,837
รายได้กุ้งขาวแวนนาไม (บาทต่อไร่)	14,022	12,153
รายได้กุ้งขาวแวนนาไม (บาทต่อกิโลกรัม)	92.0	91.6
รายได้ปลานิลทั้งหมด (บาท)	184,500	174,103
รายได้ปลานิล (บาทต่อไร่)	7,380	6,964
รายได้ปลานิล (บาทต่อกิโลกรัม)	18.0	19.2
รวมรายได้ทั้งหมด (กุ้งขาวแวนนาไม และปลานิล)	535,070	477,940
รวมรายได้ทั้งหมด (กุ้งขาวแวนนาไม และปลานิล) (บาทต่อไร่)	21,402	19,118
ผลตอบแทน		
กำไรทั้งหมด (บาท)	369,617	337,549
กำไร (บาทต่อไร่)	14,785	13,501

* ราคากุ้งขาวแวนนาไม ณ วันที่ 4 ตุลาคม และวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และ วันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2551

** ราคาปลานิล ณ วันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลโดยมีการเติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้ง

5.1 การเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

ผลการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลของกลุ่มทดลองที่เติมน้ำเค็มและกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีการเติมน้ำเค็ม ซึ่งเมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 70-90 วันจะมีกุ้งบางส่วนที่มีขนาดโตพอที่จะขายได้ เกษตรกรก็จะทยอยจับกุ้งบางส่วนออกโดยการใช้อวนลากเฉพาะกุ้งขนาดใหญ่ออกไปขาย และมีการปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมเสริมอีก 2 ครั้ง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งกุ้งขาวที่ปล่อยในครั้งแรกก็มีบางส่วนหลงเหลืออยู่ในบ่อ เกษตรกรจะจับกุ้งหมดบ่อพร้อมกับปลานิลที่เลี้ยงนานประมาณ 196 วัน ผลการเลี้ยงในกลุ่มทดลองได้ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมรวม 231.2$\pm$3.4 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 12.6$\pm$0.1 กรัม และอัตราการรอดตาย 68.7$\pm$1.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุม มีผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 174.1$\pm$4.6 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.3$\pm$0.2 กรัม และมีอัตราการรอดตาย 57.3$\pm$1.2 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบทางสถิติผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการรอดตายของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 23) แต่ผลผลิตปลานิลจากกลุ่มทดลอง 999 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักเฉลี่ย 272.1 กรัม อัตราการรอดตาย 73.0 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.52 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากกลุ่มควบคุมที่มีผลผลิตปลานิล 1,053 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ย 281.0 กรัม อัตราการรอดตาย 75.0 เปอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ 1.43 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ผลผลิต (kg)	ผลผลิต/ไร่ (kg)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการรอดตาย (%)
กลุ่มทดลอง				
1	820.8	234.5	12.5	70.0
2	797.3	227.8	12.5	68.0
3	810.0	231.4	12.7	68.0
เฉลี่ย	809.4±11.8 [a]	231.2±3.4 [a]	12.6±0.1 [a]	68.7±1.2 [a]
กลุ่มควบคุม				
1	625.3	178.7	11.5	58.0
2	593.5	169.6	11.3	56.0
3	609.2	174.1	11.2	58.0
เฉลี่ย	609.3+15.9 [b]	174.1+4.6 [b]	11.3+0.2 [b]	57.3+1.2 [b]

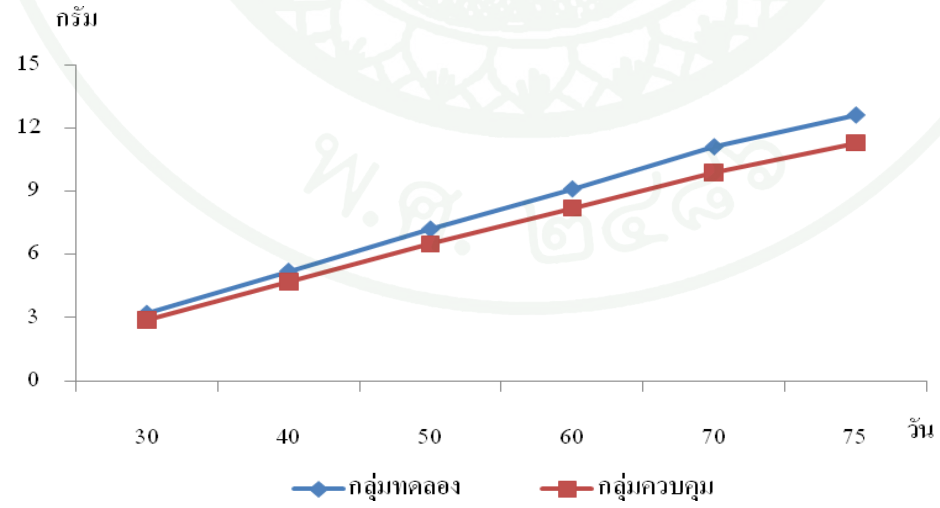
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ผลผลิตปลานิลที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

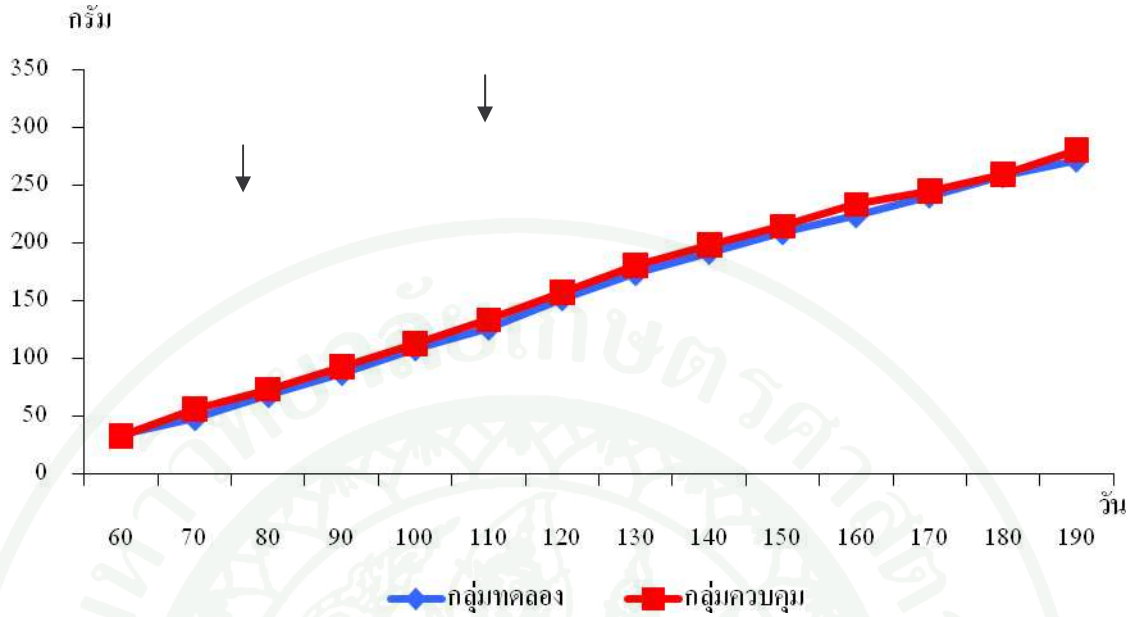
ปลานิล	ผลผลิต (kg)	ผลผลิต/ไร่ (kg)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการรอดตาย (%)	อัตราแลกเนื้อ (FCR)
กลุ่มทดลอง 1	3,246	927	265.0	70.0	1.63
2	3,497	999	270.0	74.0	1.51
3	3,692	1,055	281.3	75.0	1.43
เฉลี่ย	3,478±223.6[a]	999±64.2[a]	272.1±8.4[a]	73.0±2.6[a]	1.52±0.10[a]
กลุ่มควบคุม 1	3,567	1,019	275.5	74.0	1.48
2	3,721	1,063	283.5	75.0	1.42
3	3,769	1,077	283.4	76.0	1.40
เฉลี่ย	3,686±105.5[a]	1,053±30.3[a]	281.0±4.6[a]	75.0±1.0[a]	1.43±0.04[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 79 อัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่ปล่อยลงเลี้ยงครั้งแรกในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 80 การเจริญเติบโตเฉลี่ยปลานิลตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
หมายเหตุ ↓ ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมเสริม 2 ครั้ง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่ม

ภาพที่ 81 กุ้งขาวแวนนาไมส่วนที่เหลือรอดสุดท้าย หลังเลี้ยงนาน 196 วัน ขนาด 20-25 กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 82 ปลานิล หลังเลี้ยงนาน 196 วัน

ในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มทดลองที่มีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติม ทำให้มีระดับความเค็มระหว่างการเลี้ยงอยู่ในช่วง 1.3-2.7 พีพีที ส่วนกลุ่มควบคุมไม่มีการนำน้ำเค็มจากเกลือมาเติมในบ่อเลี้ยง มีระดับความเค็มอยู่ในช่วง 0.7-1.3 พีพีที ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และทำให้อัตราการรอดตาย น้ำหนักเฉลี่ยและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการรอดตายและอัตราแลกเนื้อของปลานิลทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความเค็มของน้ำในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งไม่มีผลต่อปลานิลแต่ความเค็มที่แตกต่างในระดับนี้ทำให้อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตในกลุ่มทดลองจึงสูงกว่ากลุ่มควบคุมมีผลต่อกุ้งขาวแวนนาไม เพราะถ้าหากความเค็มของน้ำต่ำมากกุ้งก็จะต้องใช้พลังงานมากในการรักษาระดับแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกายให้คงที่ ทำให้ร่างกายอ่อนแอมากกว่ากลุ่มทดลองที่น้ำมีความเค็มสูงกว่าแร่ธาตุต่างๆ มีมากกว่าการเติมน้ำเค็มระหว่างการเลี้ยง จึงมีความจำเป็นและจะทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง (สว่างพงษ์ และ บุญรัตน์, 2551) ซึ่งแม้ว่ากุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ (McGraw *et al*., 2002) โดยจากการเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็ม 2, 4 หรือ 8 พีพีที อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันก็ตาม จากรายงานของ Samocha *et al*. (1998) เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมสามารถปรับตัวได้ดีในน้ำที่มีความเค็มต่ำ แต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการศึกษาครั้งนี้ความเค็มที่แตกต่างกันระหว่าง 0.7-1.3 พีพีที ในกลุ่มควบคุม และ 1.3-2.7 พีพีที ในกลุ่มทดลองซึ่งมีปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญมากกว่าประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 25)

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลครั้งนี้ไม่มีการให้อาหารกุ้ง ดังนั้นกุ้งจะได้อาหารจากอาหารธรรมชาติภายในบ่อ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์หน้าดิน โดยเฉพาะในระยะแรกที่อาหารธรรมชาติยังมีปริมาณมาก กุ้งจะอาศัยอยู่ตามพื้นบ่อก็จะกินอาหารธรรมชาติที่อยู่บริเวณพื้นบ่อเป็นหลัก แต่เมื่ออาหารธรรมชาติลดน้อยลง กุ้งอาจจะได้รับอาหารปลาบางส่วนที่กระเด็นออกจากสวิงและตกลงสู่พื้นบ่อ รวมทั้งซากพืชและสัตว์อื่นๆ ภายในบ่อ ส่วนปลานิลมีการให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในสวิง โดยปักไว้รอบบ่อตลอดระยะเวลา ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง ปลานิลทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีขนาดใกล้เคียงกัน และมีอัตราการรอดตายอยู่ในระดับสูง

5.2 ปริมาณอิออนที่สำคัญ

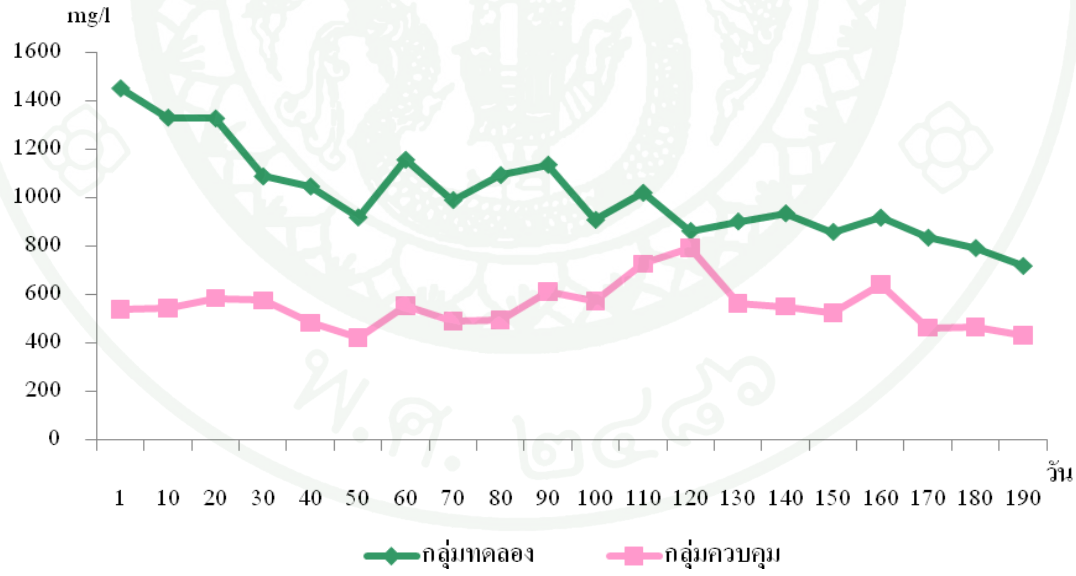
ปริมาณอิออนที่สำคัญ ได้แก่ Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+} และ K^+ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล แสดงไว้ในตารางที่ 25 (ภาพที่ 82-87) กลุ่มทดลองที่มีการนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือมาเติมเพื่อเพิ่มความเค็มจะมีค่าเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุมทุกพารามิเตอร์ ซึ่งปริมาณอิออนจะสัมพันธ์กับความเค็ม เมื่อวิเคราะห์ทางสถิต พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณอิออนในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ปริมาณอิออนสำคัญที่วิเคราะห์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

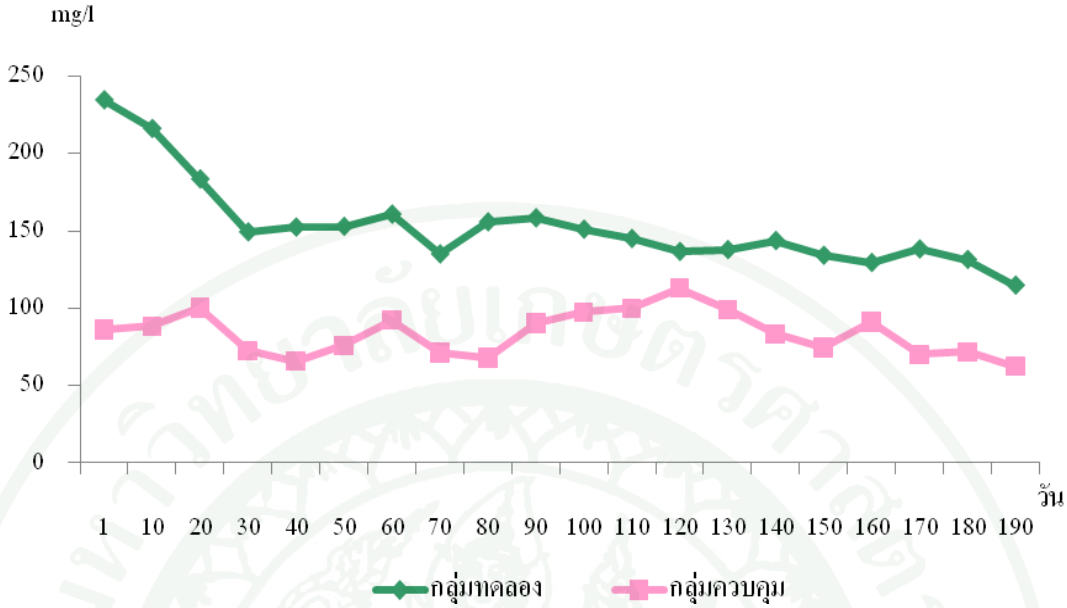
ชนิดของอิออน (mg/l)	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
Cl^-	1,015±192.8[a]	552.0±92.3[b]
SO_4^{2-}	153.9±28.9[a]	83.6±14.2[b]
Ca^{2+}	27.3±4.9[a]	15.8±1.8[b]
Na^+	567.9±100.5[a]	339.3±51.4[b]
Mg^{2+}	82.6±17.3[a]	43.3±7.3[b]
K^+	25.9±4.4[a]	15.8±1.8[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

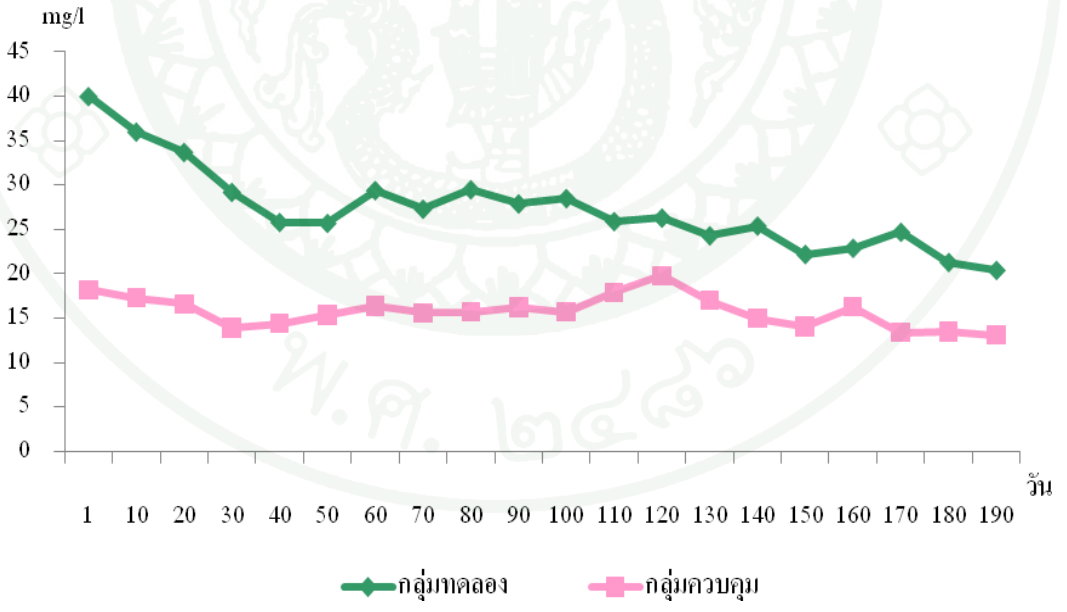


ภาพที่ 83 ปริมาณคลอไรด์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

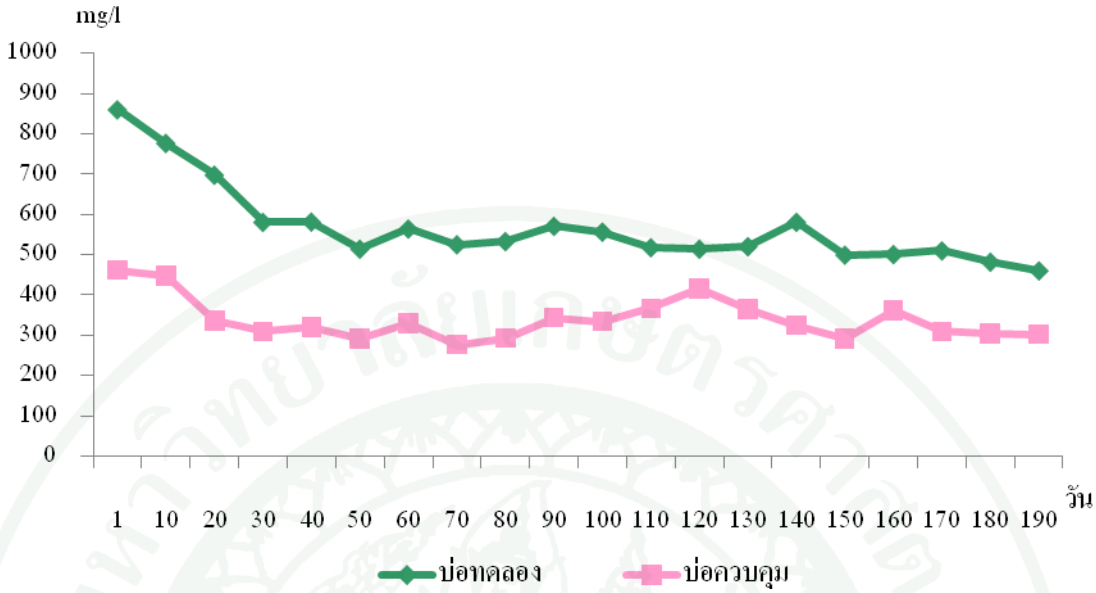


ภาพที่ 84 ปริมาณซัลเฟตตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

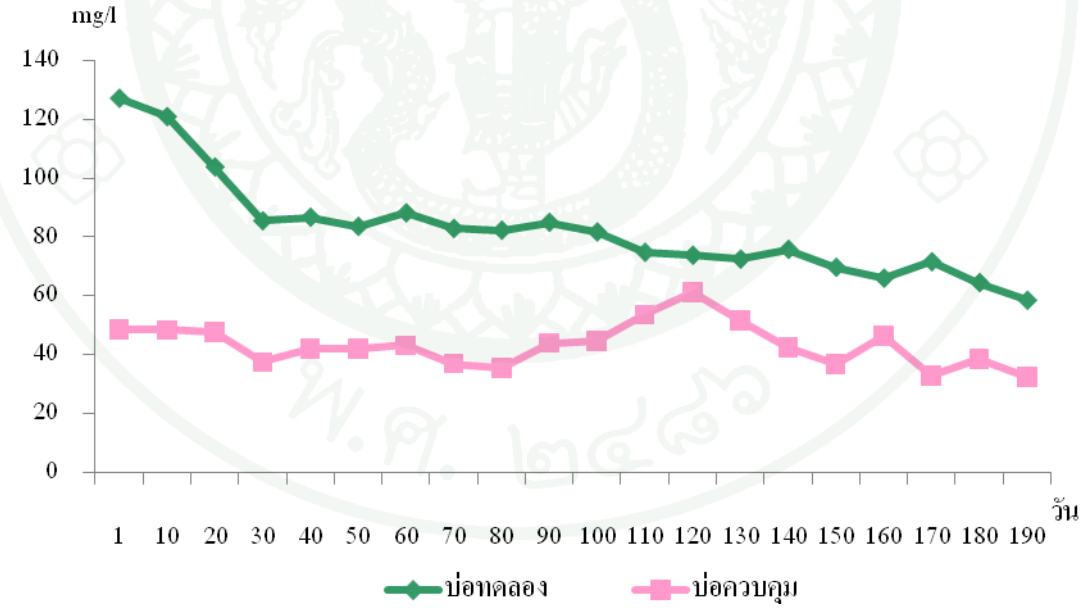


ภาพที่ 85 ปริมาณแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

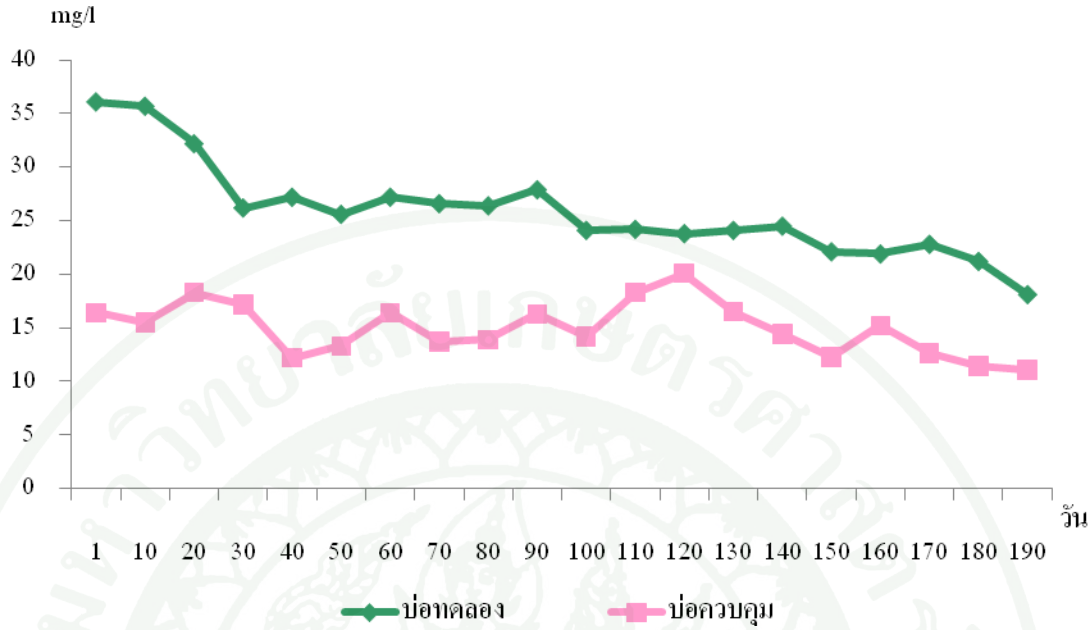


ภาพที่ 86 ปริมาณโซเดียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล



ภาพที่ 87 ปริมาณแมกนีเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 88 ปริมาณโพแทสเซียมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

5.3 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญ

คุณสมบัติของน้ำในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาทำการศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ 26

ความโปร่งแสงของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 26) ค่าความโปร่งแสงมีลักษณะคล้ายคลึงกันตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

อุณหภูมิของน้ำช่วงเช้าและช่วงบ่ายในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่าอุณหภูมิของน้ำในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เพราะว่าทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในพื้นที่เลี้ยงเดียวกันจึงได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศเหมือนกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าพีเอชของน้ำช่วงเช้าและช่วงบ่ายของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งอยู่ระหว่าง 7.3-8.8 (Boyd, 1989) ส่วนค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิลควรอยู่ระหว่าง 6.5-8.5

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำช่วงเช้าและช่วงบ่ายของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลครั้งนี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเนื่องจากมากกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (พุทธ, 2544; ชลอ และ พรเลิศ, 2547; กรมประมง, 2550; Boyd, 1989)

ความเค็มของน้ำในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในช่วงแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมในกลุ่มทดลองเพื่อเพิ่มระดับความเค็มในบ่อเลี้ยง และความเค็มจะค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการนำน้ำจืดเข้ามาเติมทดแทนน้ำที่ระเหยหรือรั่วซึมออกไป เพื่อเพิ่มระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งร่วมกับปลานิล และปริมาณฝนที่ตกในบางช่วงเวลาของการเลี้ยง ส่วนกลุ่มควบคุมไม่มีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมตั้งแต่ในช่วงแรกของการเลี้ยง แต่ในช่วงท้ายของการเลี้ยงมีการนำกากน้ำปลามาเติมทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เพื่อดึงดูดให้กุ้งกินอาหารดีขึ้น ทำให้ความเค็มในบ่อเลี้ยงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ความเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าต่ำเนื่องจากสูบน้ำมาจากคลองชลประทานที่น้ำมีความเค็มต่ำมาก

ค่าการนำไฟฟ้าในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากมีการนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมในบ่อทดลองก่อนปล่อยลูกกุ้ง แต่ค่าการนำไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงเช่นเดียวกับความเค็มของน้ำ เนื่องจากมีการเติมน้ำจืดและปริมาณน้ำฝนในบางช่วงเวลาของการเลี้ยงในระหว่างการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนกลุ่มควบคุมจะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ตลอดการเลี้ยง โดยค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำ

ความเป็นด่างรวมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าความเป็นด่างรวมในช่วงท้ายของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลจะต่ำ ทั้งกลุ่มทดลองที่มีการเติมน้ำเค็มจากนาเกลือและกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเติมน้ำเค็มจากนาเกลือ แต่ถ้าเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยทั่วไป จะพบว่าค่าความเป็นด่างรวมในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่สูงกว่า ซึ่ง อรอนงค์ (2547) ทำการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แวนนาไมในบ่อดินและบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททีลีน พบค่าความเป็นด่างรวม เท่ากับ 112.5-173.1 และ 105.7-162.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของพื้นที่ในการเลี้ยง Boyd (1982) กล่าวว่า ความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 100-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของกุ้งขาวแวนนาไมค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50–150 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994)

ความกระด้างในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ความกระด้างรวมของน้ำมีแนวโน้มตามความเค็มและค่าการนำไฟฟ้า สำหรับน้ำจืดที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาหรือสัตว์น้ำควรมีค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 150-300 มิลลิกรัมต่อลิตร หากค่าความกระด้างต่ำ สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการใส่ปูนขาว ซึ่งจะนิยมทำในขั้นตอนการเตรียมบ่อ (นฤมล, 2550)

ปริมาณแอมโมเนียรวมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียรวมสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง เนื่องจากกุ้งและปลานิลมีขนาดใหญ่ขึ้น ต้องการอาหารในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ของเสียจากการขับถ่ายของกุ้งและปลานิลเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยผลกระทบของการเพิ่มแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอาจมีต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายต่ำระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547; Lin and Chen, 2001)

ปริมาณไนไตรท์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยในช่วงแรกของการเลี้ยงทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีปริมาณไนไตรท์สูง ตามระดับของแอมโมเนียที่สูงด้วย อาจเนื่องมาจากมีการเติมปุ๋ยลงในบ่อเลี้ยงในช่วงแรกของการเตรียมบ่อ การสะสมไนไตรท์ในน้ำจะเกิดขึ้นหลังจากมีปริมาณแอมโมเนียมากตามปกติปริมาณไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะต่ำ น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (Boyd, 1990; Lawson, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

คุณสมบัติของน้ำ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ความโปร่งแสง (cm)	18.0-27.3	22.4± 2.39[a]	18.7-28.3	22.7±2.29[a]
อุณหภูมิของน้ำ (^{0}C) - เช้า	27.4-28.1	27.6± 0.20[a]	27.4-27.9	27.6±0.13[a]
- บ่าย	31.9-32.5	32.2± 0.2[a]	31.8-32.5	32.1±0.22[a]
พีเอช - เช้า	7.7-8.0	7.9± 0.12[a]	7.7-8.1	7.9 ± 0.10[a]
-บ่าย	8.2-8.7	8.5± 0.12[a]	8.3-8.7	8.4 ±0.10[a]
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ				
(mg/l) - เช้า	5.5-6.5	5.9± 0.36[a]	5.6-6.5	6.0 ± 0.30[a]
-บ่าย	7.8-8.6	8.2± 0.23[a]	7.7-8.5	8.2 ±0.26[a]
ความเค็ม (ppt)	1.3-2.7	1.79± 0.33[a]	0.7-1.3	0.94 ± 0.16[b]
ค่าการนำไฟฟ้า (mmol/cm)	2.93-3.71	3.33±0.23[a]	1.81-2.51	2.10±0.18[b]
ความเป็นด่างรวม (mg/l)	174.0-275.0	232.4±37.4[a]	142.0-236.0	192.0±29.6[b]
ความกระด้าง (mg/l)	256.6-367.7	316.0±37.3[a]	221.6-265.7	249.9±12.1[b]
แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.035-0.189	0.127±0.047[a]	0.029-0.201	0.129±0.052[a]
ไนไตรท์ (mg/l)	0.070-0.25	0.125±0.026[a]	0.070-0.24	0.133±0.024[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

5.4 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน

จากการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดการเลี้ยงพบแพลงก์ตอนทั้งหมด 3 Division 43 สกุล ได้แก่ Division Chlorophyta พบมากที่สุดคือ 14 สกุล รองลงมาคือ Division Cyanophyta พบ 9 สกุล และ Division Chromophyta 5 สกุล พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด 4 Phylum 15 สกุล ได้แก่ Phylum Rotifera มากที่สุด 10 สกุล รองลงมาคือ Phylum Protozoa 2 สกุล และ Phylum Arthropoda 2 สกุล และ Phylum Mollusca 1 สกุล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนพืชที่พบบ่อยและมีปริมาณมากคือ กลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้แก่ *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp., *Coelosphaerium* sp. และ *Anabaena* sp. ในแต่ละบ่อพบ *Oscillatoria* sp. มากที่สุดเกือบทุกบ่อตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งแพลงก์ตอนที่กล่าวมานี้จะพบบ่อยและในปริมาณมากในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และบ่อเลี้ยงกุ้งที่น้ำมีความเค็มต่ำ

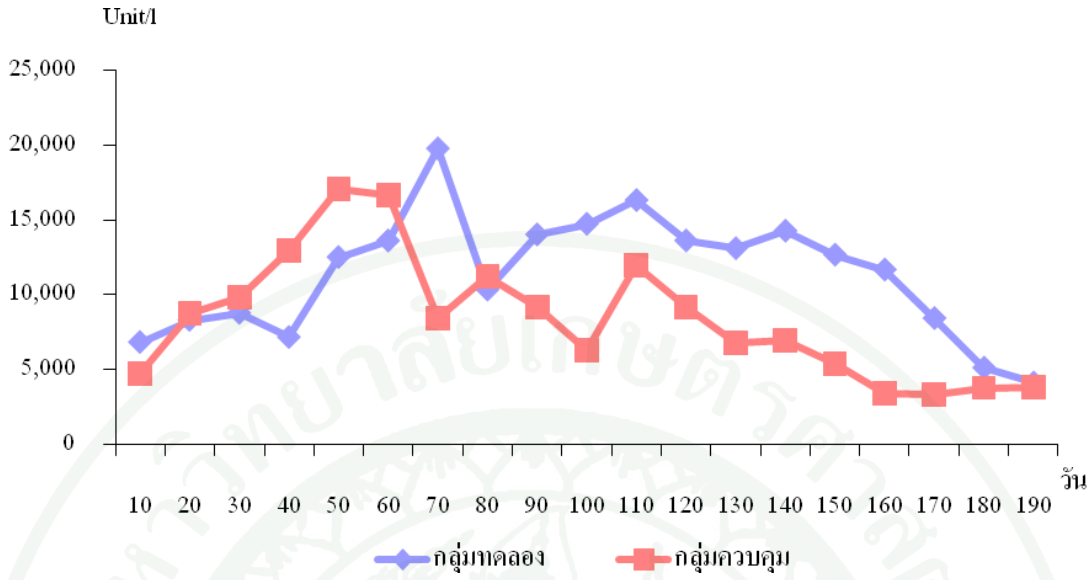
จากการศึกษาพบว่าปริมาณแพลงก์ตอนในกลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.29\pm0.03x10^5$ และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.29\pm0.03x10^5$ มีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ $2.15\pm0.21x10^5$ หน่วยต่อลิตร ส่วนกลุ่มควบคุม พบแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยเท่ากับ $9.56\pm0.71x10^4$ และแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $6.38\pm0.15x10^4$ มีปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยเท่ากับ $1.59\pm0.01x10^5$ หน่วยต่อลิตร ค่าเฉลี่ยของปริมาณแพลงก์ตอนในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) (ตารางที่ 27) ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันตามระยะเวลา (ภาพที่ 89) ซึ่งปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง แต่บางช่วงเวลาปริมาณแพลงก์ตอนลดลงเนื่องจากแพลงก์ตอนบางส่วนตาย

ตารางที่ 27 แพลงก์ตอนรวมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

แพลงก์ตอน	ค่าเฉลี่ย±Sd	
(Unit/l)	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
แพลงก์ตอนพืช	$1.29\pm0.03x10^{5a}$	$9.56\pm0.71x10^{4a}$
แพลงก์ตอนสัตว์	$8.60\pm0.56x10^{4a}$	$6.38\pm0.15x10^{4a}$
แพลงก์ตอนรวม	$2.15\pm0.21x10^{5a}$	$1.59\pm0.01x10^{5a}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



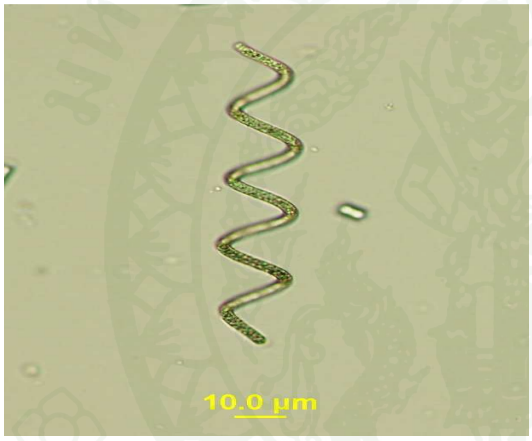
ภาพที่ 89 แพลงก์ตอนรวมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

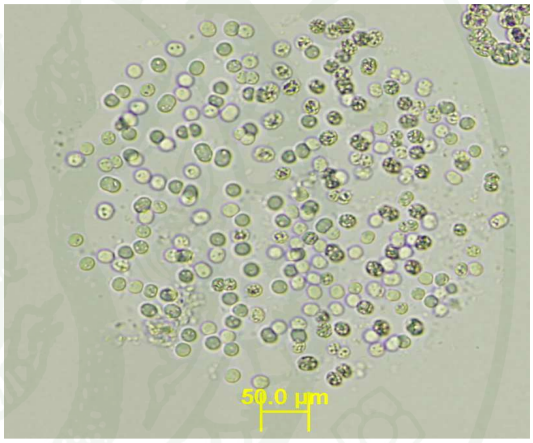
Division Cyanophyta

Anabaenopsis sp.

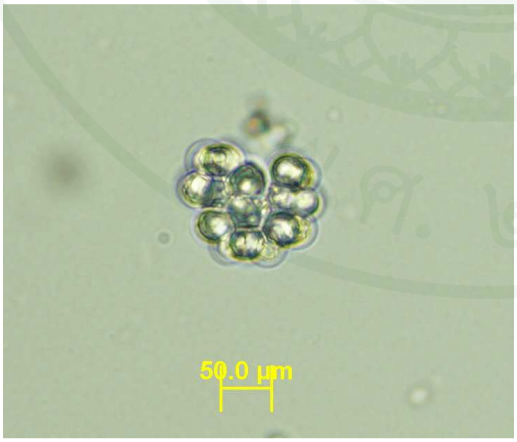
Oscillatoria sp.



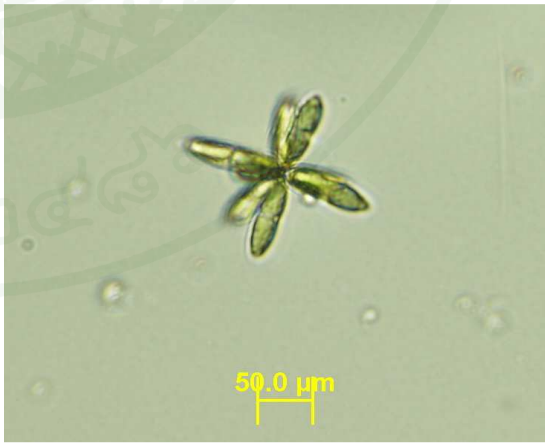
Spirulina sp.



Coeloesphaerium sp.



Coelastrum sp.



Actinastrum sp.

ภาพที่ 90 แพลงก์ตอนพืช Division Cyanophyta

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.5 ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดิน

สัตว์หน้าดินขนาดเล็กที่พบในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตลอดการเลี้ยง มีทั้งหมด 4 Phylum ได้แก่ Phylum Arthropoda 4 กลุ่ม คือ chironomids, copepods, insect larvae และ ostracod Phylum Annelida 1 กลุ่ม คือ polychaetes Phylum Mollusca 1 กลุ่ม คือ gastropods และ Nematoda 1 กลุ่ม คือ nematodes (ภาพที่ 39) โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของสัตว์หน้าดินที่พบเท่ากับ 3.03 $\pm 0.77 \times 10^4$ ตัวต่อตารางเมตร และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3.48 \pm 0.56 \times 10^4$ ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 28)

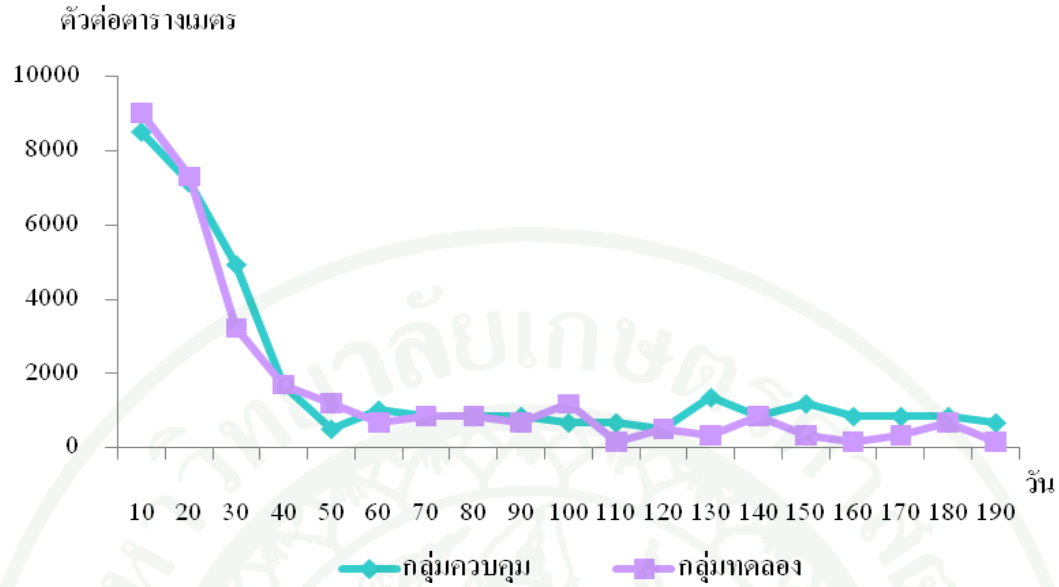
จากการศึกษาในครั้งนี้ พบสัตว์หน้าดินปริมาณมากในช่วงแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการเติมปุ๋ย ลงไปในบ่อเลี้ยงในช่วงการเตรียมบ่อ หลังจากปล่อยลูกกุ้งขาวและลูกปลานิลลงไปในบ่อเลี้ยง ปริมาณสัตว์หน้าดินลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงว่าสัตว์หน้าดินถูกกินโดยลูกกุ้งหรือลูกปลานิลด้วย หลังจากที่ปริมาณสัตว์หน้าดินลดลงเหลือจำนวนน้อย ประมาณวันที่ 50 ของการเลี้ยง สัตว์หน้าดินไม่ได้เพิ่มปริมาณขึ้นมาอีกตลอดระยะเวลาการเลี้ยงนาน 190 วัน ทั้งนี้น่าจะมาจากกุ้งขาวที่โตขึ้นเรื่อยๆ อาจจะกินสัตว์หน้าดินที่มีอยู่ในบ่อตลอดเวลา ทำให้ปริมาณสัตว์หน้าดินมีเหลืออยู่ในระดับต่ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

ตารางที่ 28 สัตว์หน้าดินเฉลี่ยในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

	ค่าเฉลี่ย (ตัวต่อตารางเมตร)$\pm$Sd	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัตว์หน้าดิน	$3.03 \pm 0.77 \times 10^{4\,a}$	$3.48 \pm 0.56 \times 10^{4\,a}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย$\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 91 สัตว์หน้าดินกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาเลี้ยง

5.5 ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิล

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลที่มีการเพิ่มความเค็มในช่วงแรกของการเลี้ยงกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเพิ่มความเค็ม กลุ่มทดลองจะมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 16,821 บาทต่อไร่ รายได้จากกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 21,363 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยจากปลานิล 17,886 บาทต่อไร่ รวมรายได้กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิลเท่ากับ 39,236 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 22,415 บาทต่อไร่ ส่วนกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีการเติมน้ำเค็มจากนาเกลือ พบว่ามีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 15,393 บาทต่อไร่ รายได้กุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 15,806 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยปลานิล 18,957 บาทต่อไร่ รวมรายได้กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล 34,763 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 19,371 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 29) จะเห็นได้ว่ารายได้จากปลานิลที่เลี้ยงทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเท่ากับต้นทุนในการเลี้ยงทั้งหมด ส่วนรายได้จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้นเป็นส่วนของกำไรที่เกษตรกรจะได้รับ ซึ่งการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลจะช่วยลดความเสี่ยงมากกว่าการเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาในครั้งนี้มีการทยอยจับกุ้งตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งเป็นรายได้และเงินทุนหมุนเวียนให้แก่เกษตรกรรายย่อยได้ตลอดปี การนำน้ำเค็มความเค็มสูงจากนาเกลือมาเพิ่มระดับความเค็ม แม้ว่าจะเพิ่มต้นทุนให้สูงขึ้นแต่ทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ผลิตผลิตสูงขึ้นด้วย และมีกำไรมากกว่ากลุ่มควบคุม แม้ว่าต้นทุนในการผลิตจะต่ำกว่าก็ตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

(หน่วย : บาท)

ต้นทุน	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
ค่าลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม	2,739	2,739
ค่าลูกพันธุ์ปลานิล	1,350	1,350
ค่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป	41,585	41,585
ค่าน้ำเค็ม	5,000	-
ค่าน้ำมัน	3,000	3,000
ค่าสารเคมีและค่าปรับปรุงบ่อ	1,200	1,200
ค่าซ่อมแซมและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	1,000	1,000
ค่าขนส่งและค่าแรงงาน	3,000	3,000
รวมต้นทุนทั้งหมด	58,874	53,874
รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	16,821	15,393
รายได้		
ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมทั้งหมด (กก.)	809.4	609.3
ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม (กก./ไร่)	231.2	174.1
ผลผลิตปลานิลทั้งหมด (กก.)	3,478	3,686
ผลผลิตปลานิล (กก./ไร่)	999	1,053
รายได้กุ้งขาวแวนนาไมทั้งหมด (บาท)	74,772	55,324
รายได้กุ้งขาวแวนนาไม (บาท/ไร่)	21,363	15,806
รายได้กุ้งขาวแวนนาไม (บาท/กก.)	92.3	90.8
รายได้ปลานิลทั้งหมด (บาท)	62,604	66,348
รายได้ปลานิล (บาท/ไร่)	17,886	18,957
รายได้ปลานิล (บาท/กก.)	18.0	18.0
รวมรายได้ทั้งหมด (กุ้งขาวแวนนาไม และ ปลานิล)	137,326	121,672
รวมรายได้ทั้งหมด (กุ้งขาวแวนนาไม และ ปลานิล) (บาท/ไร่)	39,249	34,763
ผลตอบแทน		
กำไรทั้งหมด (บาท)	78,452	67,798
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	22,415	19,371

* ราคากุ้งขาวแวนนาไม ณ วันที่ 4 ตุลาคม และวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และวันที่ 5 กุมภาพันธุ์ พ.ศ. 2551

** ราคาปลานิล ณ วันที่ วันที่ 5 กุมภาพันธุ์ พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ที่เลี้ยงโดยใช้น้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่นต่างๆ กัน

ผลการทดลองเลี้ยงลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 (พี 8 และ พี 10) ในห้องปฏิบัติการ ในน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่น 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. เป็นเวลานาน 62 วัน ที่ความเค็ม 3 พีพีที ลูกกุ้งระยะพี 8 และ พี 10 จะมีอัตราการรอดตายและจำนวนกุ้งที่เหลือรอดตายสุดท้ายสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 พีพีที ในทุกกลุ่มการทดลองที่มีอัตราการปล่อยลูกกุ้งที่ความหนาแน่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญทั้ง 6 ชนิด (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+} , Cl^{-} , SO_4^{2-}) ในน้ำความเค็ม 3 พีพีที มีปริมาณสูงกว่าที่ 1 พีพีที ประมาณ 2 เท่า ที่ความเค็ม 1 พีพีที มีอัตราการรอดตาย 43.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ 3 พีพีที จะมี 80.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2. การศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยมีการเติมน้ำเค็มเพิ่มบางช่วงเวลาในการเลี้ยงและเติมน้ำเค็มเฉพาะก่อนปล่อยลูกกุ้งเท่านั้น

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อดินขนาด 2 ไร่ ด้วยน้ำความเค็มต่ำที่ใช้น้ำความเค็มสูงจากนาเกลือโดยมีการใช้เครื่องให้อากาศอย่างพอเพียง โดยกลุ่มทดลองมีการเติมน้ำเค็มตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (1.4-2.1 พีพีที) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0.3-1.3พีพีที) มีการเติมน้ำเค็มเฉพาะช่วงแรกก่อนปล่อยลูกกุ้ง หลังจากเลี้ยงนาน 120 วัน ผลผลิตจากกลุ่มทดลอง 831.2 กก./ไร่ อัตราการรอดตาย 85.4เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเฉลี่ย 16.2 กรัม ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้ผลผลิต 723.7 กก./ไร่ มีอัตราการรอดตาย77.1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเฉลี่ย 15.6 กรัม เนื่องจากกลุ่มทดลองมีปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการเติมน้ำเค็มเฉพาะก่อนปล่อยลูกกุ้ง ปริมาณแร่ธาตุต่างๆ นั้น มีผลต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ทำให้ได้กุ้งที่มีขนาดใหญ่และได้ผลผลิตสูง มีผลตอบแทนที่ดีกว่า

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำที่มาจากธรรมชาติและกลุ่มที่เติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้ง ในบ่อดินขนาด 1.5 ไร่ โดยกลุ่มควบคุมใช้น้ำจากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มเพียงเล็กน้อยระหว่าง 1.4-2.0 พีพีที ส่วนกลุ่มทดลองนำน้ำความเค็มสูงจากนาเกลือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มาเติมให้ได้ความเค็มเพิ่มขึ้นประมาณ 2.4-2.9 พีพีที ก่อนปล่อยลูกกุ้ง มีเครื่องให้อากาศแบบแขนยาวบ่อละ 1 แขน ก่อนปล่อยลูกกุ้งมีการเติมอามิ-อามิ เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติ ได้แก่ หนอนแดง สัตว์หน้าดินต่างๆ ในบ่อ เลี้ยงนาน 120 วัน กลุ่มทดลองให้ผลผลิตเฉลี่ย 831.2±31.1กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 16.2±0.2 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโต 0.125±0.001 กรัมต่อตัวต่อวัน และอัตราการรอดตาย 85.4±2.2 ในขณะที่กลุ่มควบคุมให้ผลผลิตเฉลี่ย 723.7±42.9 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 15.6±0.5 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.120±0.004 กรัมต่อตัวต่อวัน และอัตราการรอดตาย 77.1±3.8 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มทดลองมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 78,620 บาทต่อไร่ และกำไรเฉลี่ย 26,546บาทต่อไร่ ส่วนกลุ่มควบคุมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 67,070 บาทต่อไร่ และกำไรเฉลี่ย 31,138บาทต่อไร่ ซึ่งการเลี้ยงของกลุ่มทดลองให้ผลดีกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากกลุ่มทดลองมีการนำน้ำเค็มมาเติมในช่วงแรกของการปล่อยลูกกุ้งและในทุกเดือนของระยะเวลาการเลี้ยง ทำให้กุ้งกลุ่มทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่าและกุ้งมีขนาดใหญ่กว่า ทำให้ได้ผลผลิตที่สูงกว่าและมีผลตอบแทนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

3. การศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลในน้ำความเค็มต่ำ

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลในน้ำความเค็มต่ำของเกษตรกร โดยศึกษาขั้นตอนและรูปแบบการเลี้ยงแบบผสมสานในบ่อขนาด 25 ไร่ จำนวน 2 บ่อ ระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงอยู่ในระดับที่ต่ำ (0.8-2.1 พีพีที) ไม่มีเครื่องให้อากาศและให้อาหารเฉพาะปลานิล ผลการเลี้ยง 203 และ 163 วัน ผลผลิตเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 152.3 และ 132.7 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราการรอดตาย 60.7 และ 68.5 เปอร์เซนต์ และน้ำหนักเฉลี่ย 11.4 และ 12.1 กรัม ส่วนอัตรารอดของปลานิลอยู่ในระดับที่ดี คือ 84.0 และ 84.6 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักเฉลี่ย 325.8 และ 285 กรัม ต้นทุนการผลิตของบ่อ A1 และบ่อ A2 เท่ากับ 6,618 และ 5,616 บาทต่อไร่ มีกำไรสุทธิ 14,785 และ 13,501 บาทต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ชัดเจนว่าต้นทุนในการผลิตทั้งหมดใกล้เคียงกับรายได้จากการขายปลานิล ส่วนกำไรที่เกษตรกรได้เพิ่มขึ้น คือผลผลิตจากการขายกุ้งขาวแวนนาไม ดังนั้นในพื้นที่หรือฟาร์มเลี้ยงปลานิลทั่วไปที่น้ำมีความเค็มเพียงเล็กน้อย เกษตรกรรายย่อยควรจะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเสริมลงไปเช่นเดียวกับในการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะทำให้มีรายได้และผลกำไรมากขึ้นด้วย ดีกว่าการเลี้ยงปลานิลแต่เพียงอย่างเดียว

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลโดยมีการเติมน้ำเค็มก่อนปล่อยลูกกุ้ง บ่อขนาด 3ไร่ โดยกลุ่มทดลองนำน้ำเค็มจากนาเกลือมาเติมให้ได้ความเค็มของน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระหว่าง 1.3-2.7 พีพีที ก่อนปล่อยลูกกุ้ง และกลุ่มควบคุมสูบน้ำจากคลองชลประทาน ซึ่งมีความเค็มประมาณ 0.7-1.3 พีพีที เมื่อกุ้งมีอายุ 70-90 วัน ทยอยจับกุ้งบางส่วนออกโดยการลากอวน และปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมเสริมอีก 2 ครั้ง ในระหว่างการเลี้ยง เลี้ยงนาน 196 วัน ผลการเลี้ยงในกลุ่มทดลองได้ผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมรวม 231.2±3.4 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 12.6±0.1 กรัม และอัตราการรอดตาย 68.7±1.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุม มีผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 174.1+4.6 กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.3±0.2 กรัม และมีอัตราการรอดตาย 57.3+1.2 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตปลานิลจากกลุ่มทดลอง 999 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักเฉลี่ย 272.1 กรัม และอัตราการรอดตาย 73.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุมมีผลผลิตปลานิล 1,053 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ย 281.0 กรัม และอัตราการรอดตาย 75.0 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองจะมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 16,821 บาทต่อไร่ รายได้จากกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 21,363 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยจากปลานิล 17,886 บาทต่อไร่ รวมรายได้กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิลเท่ากับ 39,236 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 22,415 บาทต่อไร่ ส่วนกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีการเติมน้ำเค็มจากนาเกลือ มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 15,393 บาทต่อไร่ รายได้กุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ย 15,806 บาทต่อไร่ รายได้เฉลี่ยปลานิล 18,957 บาทต่อไร่ รวมรายได้กุ้งขาวแวนนาไมและปลานิล 34,763 บาทต่อไร่ และกำไรสุทธิเฉลี่ย 19,371 บาทต่อไร่ จะเห็นได้ว่ารายได้จากปลานิลที่เลี้ยงทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเท่ากับต้นทุนในการเลี้ยงทั้งหมด ส่วนรายได้จากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมนั้นเป็นส่วนของกำไรที่เกษตรกรจะได้รับ ซึ่งการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลจะช่วยลดความเสี่ยงให้กับเกษตรกรมากกว่าการเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ถ้าจะใช้ลูกกุ้งระยะพี 8 หรือ พี 10 ในน้ำความเค็มต่ำ 1-3 พีพีที ควรปรับความเค็มของน้ำจากโรงเพาะฟักลงมาอยู่ที่ 5 พีพีทีก่อน แล้วใช้ระยะเวลาอีกประมาณ 3-5 วัน ปรับลดลงมาที่ความเค็มที่ต้องการปล่อยลูกกุ้ง

2. ถ้าใช้ลูกกุ้งระยะพี 8 หรือ พี 10 เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำประมาณ 1 พีพีที ควรจะปล่อยลูกกุ้งไม่เกิน 60 ตัว/ตร.ม. ส่วนที่ความเค็ม 3 พีพีที อัตราการปล่อยลูกกุ้งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 60-90 ตัว/ตร.ม. สำหรับการเลี้ยงที่มีการรักษาระดับความเค็มของน้ำให้คงที่ตลอดระยะเวลาเลี้ยง แต่ในกรณีที่มีการเติมน้ำจืดในระหว่างการเลี้ยงและความเค็มลดลงตลอดระยะเวลา ควรจะปล่อยลูกกุ้งจำนวนน้อยลง

3. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ลูกกุ้งที่โตกว่าพี 10 เพราะลูกกุ้งจะพัฒนาเหงือกสมบูรณ์ที่ระยะพี 10

4. ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ ควรมีการเติมแร่ธาตุในระหว่างการเลี้ยงเพื่อทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

5. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลควรมีการนำน้ำเค็มมาเติมก่อนปล่อยลูกกุ้งหรือในระหว่างการเลี้ยง เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายให้กับกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ามากกว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมร่วมกับปลานิลโดยที่ไม่มีการเติมน้ำเค็ม

6. ควรมีการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของระดับแร่ธาตุสำคัญที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่น้ำความเค็มต่ำ โดยการเติมแร่ธาตุในน้ำที่ใช้เลี้ยงหรือผสมในอาหารกุ้ง เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตให้กับกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

แก้วตา ลิ้มเฮง. 2548. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มต่ำ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2543. **กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม.** เจริญรัฐการพิมพ์ , กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ, วราห์ เทพาหุดี และนิติ ชูเชิด. 2547. **การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิดแบบต่างๆ**. โครงการพัฒนาถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยง สนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.** สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ.2547. บริษัทเมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด.

ชวนพิศ สิทธิมังค์, มลฤดี นิพันธุ์พงษ์ และ ณาตยา ศรีจันทึก. 2539. การศึกษาวิเคราะห์ธุรกิจการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืด. กองเศรษฐกิจการประมง , กรมประมง. **เอกสารวิชาการ**ฉบับที่ 1/2539.

โชคชัย เหลืองธุรวปราณีต. 2548. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** สำนักพิมพ์ โฟร์เพซ.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. 2550. **ชีววิทยาของครัสเตเชียน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2550. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด.** จัดพิมพ์ตามโครงการตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติ ครบ 60 ปี. โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นลินี อุ๋ยสุวรรณ. 2551. การศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ด้วยวิธีปล่อยลูกกุ้งในบ่อและอนุบาลในคอกพลาสติกด้วยน้ำความเค็มต่ำ. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิศ ภัทรกุลชัย. 2550. ผลของปริมาณอิออนที่มีระดับแตกต่างกันต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2545. ความสำคัญของแร่ธาตุกับการเลี้ยงกุ้ง. **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ** บริษัทชิสเคมแอคร์คัลเจอร์รัล จำกัด, กรุงเทพฯ.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ, บัลลังก์ เนื่องแสง และถนอมศักดิ์ บุญภักดี. 2547. **ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารและการเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงระบบพัฒนา.** ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา. 64 น.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ, บัลลังก์ เนื่องแสง และถนอมศักดิ์ บุญภักดิ์. 2547. ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารและการเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงระบบพัฒนา. ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา. 64 น.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และสว่างพงษ์ สมมาตร. 2553. ผลของความเค็มต่อกระบวนการสะสมแร่ธาตุของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) วัยรุ่น. **ประชุมทางวิชาการครั้งที่ 48 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**.

บุณฑริกา ทองดอนพุ่ม. 2547. **ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ คุณภาพดิน ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตของกุ้งกุลาดำในระบบการเลี้ยงแบบพัฒนา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประจวบ หลำอุบล. 2537. **สรีรวิทยาของกุ้ง**. เจริญรัตน์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวิทย์ โตวัฒนะ และพิภพ ปราบณรงค์. 2539. การสะสมตัวและการเคลื่อนที่ของไอออนจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งในหน้าดินตัดที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรดินในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. **วารสารสงขลานครินทร์**. 18(1): 113-127.

พัชริดา เหมมัน. 2543. **การศึกษาความผันแปรของคุณภาพน้ำและดิน, แพลงก์ตอน ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* FABRICIUS) ในเขตพื้นที่น้ำจืด จังหวัดราชบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พุทธ ส่องแสงจินดา. 2544. **การจัดการสารประกอบไนโตรเจนและออกซิเจนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งระบบปิด**. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมการเพาะเลี้ยงและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลฝั่งอ่าวไทย. กรมประมง, สงขลา.

ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. **วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. วานาไม (Practical Technology for *Litopenaeus vannamei* Culture).** สำนักพิมพ์เมืองเกษตรแม็กกาซีน, สมุทรปราการ.120 น.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. **แพลงก์ตอนพืช**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชาญ อิงศรีสว่าง. 2546. **คู่มือ อบต. (ด้านการประมง) ชุดการบริหารจัดการแหล่งน้ำและเทคโนโลยีการเลี้ยงปลา**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. (โครงการบริหารการจัดการทรัพยากรในแหล่งน้ำจืด ส่วนการถ่ายโอนภารกิจให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ฝ่ายกิจกรรมพิเศษ สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์). 190 น.

วิเชียร หวัดสนิท. **ปลานิล**. เกษตรวิชาการ. กรุงเทพฯ.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. **โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศศิวิมล ไชยพรวัฒนา. 2544. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินในการผลิตกุ้งก้ามกรามในจังหวัดสุพรรณบุรีปี 2543. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด.** กรุงเทพมหานคร. โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.

สว่างพงษ์ สมมาตร และบุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2551. ผลของความเค็มน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงออสโมลาลิตี้ในเลือด และความเข้มข้นของแร่ธาตุ 9 ชนิดในพลาสมาของกุ้งขาว (***Litopenaeus vannamei***), น. 109-118 น. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 (สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สว่างพงษ์ สมมาตร. 2552. ผลของความเค็มน้ำต่อสรีระเคมีและการเสริมแร่ธาตุบางชนิดในระบบการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เชิงพาณิชย์. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

สมเจตน์ จันทวัฒน์, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, จงรัก จันทร์เจริญสุข, วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์ และ อัญชลี สุทธิปราการ. 2529. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 117 น.

สุริยา สาสนรักกิจ. 2547. สมดุลของแร่ธาตุในน้ำและดินสำหรับการเลี้ยงกุ้ง. **เอกสารงานวันกุ้งไทย ครั้งที่ 14** ชมรมผู้เลี้ยงกุ้งสุราษฎร์ธานี : 83-52 น.

สุรศักดิ์ ดิลกเกียรติ. 2546. **กุ้งไทย ก้าวใหม่**. กรุงเทพฯ.

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

อนันตชัย เขื่อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการทดลอง**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 350 น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Akiyama, D.M. and A.M. Anggawa, A. 1999. Polyculture of shrimp and tilapia in East Java. American Soybean Association (ASA). **Technical Bulletin** AQ 47-1999: 7.

American Public Health Association, American Water Association , and Water Pollution Control Federation. 1989. **Standard Methods for the Examination Water and Wastewater.** 17 th edition. Amerricam Public Health Association, Washington. D.C.

American Public Health Association, American Water Association , and Water Pollution Control Federation. 1995. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 20 th edition. United Book Press , Maryland.

Atwood, H.L., S.P. Young, J.R. Tomasso and C.L. Browdy. 2003. Survival and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae in low-salinity and mixed-salt environments. **J. World Aquac. Soc.** 34: 518-523.

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

Boyd, C.E. 1987. **Evaluation of Water Quality and Water Quality Management Techniques for Brackishwater Aquaculture in Ponds in Thailand**. Report for the Asian Development Bank, Manila, Phillipines. 29 p.

Boyd, C.E . 1989. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming Series 2**. Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Auburn, Alabama.

Boyd, C.E. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture of Fisheries .** Department of Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Auburn,Alabama.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Boyd, C.E. 1992. Shrimp pond bottom soil and sediment management, pp. 16-181. *In* **Proceeding of the Special session on Shrimp Farming**. World Aquaculture Society Baton Rouge Louisiana, USA.

Boyd, C.E. 1995. **Bottom Soil, Sediment and Pond Aquaculture.** Chapman and Hall, New York.

Boyd, C.E. 2001. Inland shrimp farming and the environment. **World Aquaculture**. 32(1):10-12.

Boyd, C.E. 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.

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

Boyd, C.E. and T. Thunjai. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand and the United Stated. **J. World Aquac. Soc.** 34: 524-532.

Boyd, C.E., T. Thunjai and M. Boonyaratpalin. 2002. Dissolved salts in waters for inland, low-salinity shrimp culture. **Global Aquac. Advocate**. 5 (3): 40–45.

Brock, J.A. and K. Main. 1994. **A Guide to the Common Problems and Diseases of Cultured *Penaeus vannamei*.** Publication by the Oceanic Institute, Makapu point, Honolulu, HI, USA.

Burford , M.A., P.J. Thompson , R.P. McIntosh , R.H. Bauman and D.C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity , zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**. 219: 393-411.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bursey, C.R. and C.E. Lane. 1971. Osmoregulation in the pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkemroad. **Comp. Biochem.Physiol.** 39A: 483-493.

Carlisle, D.B. and P.F.R. Dohrn. 1953. Studies on *Lysmata seticaudata* Risso (Crustacea, Cecapoda). II. Experimental evidence for a growth- and moult-accelerating factor obtainable from eyestalks. **Pubbl. Staz. Zool**. **Napol**i. **24**: 69–83.

Castille, F.L. and A.L. Lawrence. 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus.* **Comp. Biochem. Physiol.** 68A: 75-80.

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

Chen, H.C. 1985. Water quality criteria for farming the grass shrimp *Penaeus monodon*. pp. 165. *In* **Proceeding of the First International Conference on the Culture of Penaeid Prawn/Shrimps. 4-7 December 1981**, SEAFDEC, Iloilo, Philippines.

Cuzon , G., A. Lawrence., G. Gaxiola. , C. Rosas and J. Guillaume. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**. 235 : 513-551.

Davis, D.A., J. Bierdenbach and A.L. Lawrence. 1990. Qualitative effects of dietary minerals supplementation, salinity and substrate on growth and tissue mineralization for *Penaeus vannamei*. **World Aquaculture Society Meeting**. Halifax, Canada.

Davis D.A., T.M. Samocha and C.E. Boyd. 2004. **Acclimating Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vanamei,* to Inland, Low-Salinity Waters**. Southern Regional Aqaculture Center Publication No. 2601.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Davis, D.A., I.P. Saoud, C.E. Boyd and D.B. Rouse. 2005. Effects of potassium, magnesium, and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae reared in inland low salinity well waters in west Alabama. **J. World Aquac. Soc.** 36: 403-406.

Davis, I.P., Saoud, W.J. McGraw and D.B. Rouse. 2002. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters, pp. 73-90. *In* L.E. Cruz-Suorez, D. Richque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Grxiola-Cortes and N. Simoes, (eds.). **Advances en Nutrition Acuicola 3 al 6 de Setimbre del 2002.** Cancum, Quintana Roo, Mexico.

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

Ferraris, R. P., F.D. Parado-Estepa, J.M. Ladja and E.G. de Jesus. 1986. Effect of salinity on osmotic, chloride, total protein and calcium concentrations in the hemolymph of the prawn *Penaeus monodon* (Fabricius). **Comp. Biochem. Physiol.** 83A: 701-708.

Fielder, D.S., W.J. Bardsley and G.F. Allan. 2001. Survival and growth of Australian snapper *Pagrus auratus*, in saline groundwater from inland New South Wales, Australia. **Aquaculture**. 201: 73-90.

Ferraris, R. P., F.D. Parado-Estepa, J.M. Ladja and E.G. de Jesus. 1986. Effect of salinity on osmotic, chloride, total protein and calcium concentrations in the hemolymph of the prawn *Penaeus monodon* (Fabricius). **Comp. Biochem. Physiol.** 83A: 701-708.

Funge-Smith, S.J. , A.C. Taylor., J. Whitley and J.H. Brown. 2001. Osmotic and ionic regulation in the giant Malaysian fresh water prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) with special reference to strontium and bromine. **Comp. Biochem. Physiol**. 110A: 357-365.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Guillavme, J., S. Kavshik., P. Bergot. and R. Me/tailler. 2001. **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans.** Peaxis Publishing Ltd, Chichester, UK.

Hendrickx, M.E., J. Salgado . Barragán and M.A. Meda . Martinez. 1996. Abundance and diversity of macrofauna, fish and decapod crustaceans in *Penaeus vannamei* culture pond in Western Mexico. **Aquaculture**. 143:61-73.

Holthuis, L.B. 1980. Shrimp and prawns of the world : An annotated catalogue of species of interest to fisheries. **FAO Fisheries Synopsis** 125 : 152-271.

Hutchinson, G. E., and R. MacArthur. 1959. A theoretical ecological model of size distributions among species of animals. **Amer. Nat**. 93: 117- 126.

Jian, A.K., K.D. Raju and A.R.T. Arasu. 2002. Saline water resources of Rajasthan and their suitability for brackish water aquacullture . **Fishing Chimes** 22: 7-13.

Kumaly, K., A.B. Yule, and D.A. Jones. 1989. An energy budget for the larvae of *Penaeus monodon* (Fabricius). **Aquaculture**. 81: 13-25.

Kumulu, M. and D.A. Jones. 1995. Salinity tolerance of hatchery-reared postlarvae of *Penaeus indicus* H. Milne Edwards originating from India. **Aquaculture**. 130: 287-296.

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

Lee, D.O' C. and J.F.Wickins. 1992. **Crustacean Farming**. Blackwell Scientific Publication , London.

Lee,P.G. and A.L. Lawrence. 1997. Digestibility. p. 194-260. L.R.D/Abramo *et al* (Eds) ***In Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture Vol.6.***

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lee, M.H. and S.Y. Shiau. 2002. The role of the antennal glands in ion and body volume regulation of cannulate *Penaeus monodon* reared in various salinity conditions. **Comp. Biochem. Physiol**. 127A: 121-129.

Lemos, D. and V.N. Phan. 2001. Energy partitioning into growth, respiration, excretion and exuvia during larval development of the shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. **Aquaculture**.199: 131-143.

Leopold, L.B. 1974. **Water**. W.H. Freeman and Company, Sea Francico.

Li, E.C., L. Q. Chen., C. Zeng., X. M. Chen., N. Yu., Q. M. Lai and J.G. Qin. 2008. Comparison of digestive and antioxidant enzymes activities, oxyhemocyanin contents and hepatopancreas histology of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* at various salinities. **Aquaculture**. 274: 80-86.

Lignot J.-H., C. Spanings-Pierrot. And G. Charmantier. 2000. Osmoregulatory capacity 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. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* , Boone juvenile at different salinity levels. **Aquaculture**. 259: 109-119.

Lin, S.C., C.H. Liuu and J.H. Cheng. 2000. The role of the antennal glands in ion and body volume regulation of canulated *Penaeus monodon* in various salinity conditions. **Comp. Biochem. Physiol**. 127A: 121-129.

Lombardi, J.V., H.L. de A. Marques., R.T.L. Pereira., O.J.S. Barreto and E.J. de. Paula. 2006. Cage polyculture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* and the Philippines seaweed Kappaphycus alvarezii. **Aquaculture**. 258, 412–415.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lovell, T. 1989. **Nutrition and Feeding of Fish.** Van Nostrand Reinhold, New York.

Lutz, C.G. 2003. Polyculture: Principles, Practices, Problems, and Promise. **Aquaculture Magazine March/April. 29(1):1-5.**

Mair, J. McD. 1980. Salinity and water-type preference of four species of postlarval shrimp (*Penaeus*) from west Mexico. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 45: 69-82.

Martinez-Cordora , L.R. , M.A. Porchas-Cornejo , H. Villarreal –Colemnares, J.A. Calderon-Perez and J. Naranjo-Paramo. 1998. Evaluation of three feeding strategies on the culture of white shrimp *Penaeus vannamei* Boone , 1931 in low water exchange ponds. **Aquac. Eng**. 17 : 21-28.

Martínez-Córdova. L.R. and E. Peña-Messina. 2005. Biotic communities and feeding habits of *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) and *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson 1974) in monoculture and polyculture semi-intensive ponds. **Aquat. Res.** 36 (11): 1075.

Mantel, L.H. and L.L. Farmer. 1983. Osmotic and ionic regulation, *In*: **Mantel, L.H. (ed) The Biology of Crustacean 5: Internal Anatomy and Physiology Regulation**: (pp. 53-161.). New York: Academic press.

McGraw, W.J., and J. Scarpa. 2002. Determining ion concentrations for *Litopenaeus vannamei* culture in fresh water. **Glob. Aquac. Advocate**. 5(3):36-38

McGraw, W.J. and Scarpa, J. 2004. Mortality of freshwater-acclimated *Litopenaeus vannamei* associated with acclimation rate, habituation period, and ionic challenge. **Aquaculture**. 236: 285-296.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

McNevin, A.A., C.E. Boyd, O. Sililapajarn, K. Sililapajarn. 2004. Ionic supplementation of pond waters for inland culture of marine shrimp. **J. World Aquac. Soc**. 35:450-467

New, M.B. and W.C. Valenti. 2000. **Freshwater Prawn Culture, The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*.** Blackwell Science Ltd., Oxford, UK.

Nunes, A.J.P. and C.V. Lopez. 2001. Low-salinity. Inland shrimp culture in Brazil and Ecuador economic, disease issues move farm away from coasts. **Glob. Aquac. Advocate**. 5 : 62-65.

Ogle, J.T. 1992. A review of the current (1992) state of our knowledge concerning reproduction in open thelycum penaeid shrimp with emphasis on *Penaeus vannamei*. **Invert. Reprod. and Devel**. 22 : 267-274.

Pan, L.Q., L-X. Jiang. And J-J. Maio. 2005. Effects of salinity and pH on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **J. Shellfish Res.** 24 (4): 1223-1227.

Parado-Estepa, F.D., R.P. Ferraris, J.M. Ladja and E.G. de Jusus. 1987. Responses of intermolt *Penaeus indicus* to large fluctuations in environmental salinity. **Aquaculture**. 64: 175-184.

Pattarakulchai, N., N. Chuchird and C. Limsuwan. 2007. Effects of ionic concentrations on survival and growth of *Penaeus monodon* reared in low-salinity waters. **KU. Fish. Res. Bull.** 31: 1-11.

Prangnell, D.I. and R. Fotedar. 2006. Effect of sudden salinity change on *Penaeus Latisulcatus* kishinouye osmoregulation, ionoregulation and condition in inland saline water and potassium-fortified inland saline Water. **Comp. Biochem. Physiol**. 145A: 449-457.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pratoomchat, B., P. Sawangwong., P. Pakkong and J. Machado. 2002. Organic and inorganic compound variations in haemolynph, epidermal tissue and cuticle over the molt cycle in *Scylla serrata* (Decapoda). **Comp. Biochem. Physiol**. 131A: 243-255.

Rosenberry, R. 1998. World Shrimp Farming 1998. p 164. *In* **Shrimp News International** . San Diago, CA , USA.

Rosas, C., L. Ocampo, G. Gaxiola, A. Sanchez and L.A. Soto. 1999. Effect of salinity on survival, growth, and oxygen consumption of postlarvae (PL_{10}-PL_{21}) of *Litopenaeus setiferus*. **J. Crustac. Biol.** 19: 244-251.

Roy, L.A., D.A. Davis., I.P. Saoud and R.P. Henry. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. **Aquaculture**. 262: 461-469.

Rahman, S.U., A.K. Jain, A.K. Reddy, G. Kumar and K.D. Raju. 2005. Ionic manipulation of inland saline groundwater for enhancing survival and growth of *Penaeus monodon* (Fabricius). **Aqauc. Res**. 36:1149-1156.

Samocha, T.M., H. Guajardo, A.L. Lawrence, F.L. Castille, M. Speed, D.A. Mckee and K.I. Page. 1998. A simple stress test for *Penaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture**. 165: 233-242.

Saoud, I.P., D.A. Davis and D.B. Rouse. 2003. Suitability studies of inland well water for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture**. 217: 373-383.

Samocha, T.M., H. Guajardo, A.L. Lawrence, F.L. Castille, M. Speed, D.A. Mckee and K.I. Page. 1998. A simple stress test for *Penaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture**. 165: 233-242.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Shengli, C. and W. Qinying. 1995. **Some Aspects of The Shrimp Farming Industry in China: Constraints and Priorities.** Yellow sea Fisheries. Research Institute, P.R., China. 53 p.

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.

Silvia , G-J. , A.A. Urias-Reyes, F. Vazquez-Ortiz , and G. Hernandez-Watanabe. 2004. Ammonia efflux rates and free amino levels in *Litopenaeus vannamei* postlarvae during sudden salinity changes. **Aquaculture**. 233 : 573-581.

Smith, L.L. and A.L. Lawrence. 1990. Feasibility of penaeid shrimp culture in inland saline groundwater-fed ponds. **Tex. J. Sci**. 42 (1): 3 – 12.

Sprague, J. B. 1971. Measurement of pollution toxicity to fish, sublethal effects and safe concentration. **Water Res**. 5: 245-266.

Strickland, J.D.H. and T.R.Parsons. 1972**. A Practical Handbook of Seawater Analysi**s. Fisheries Research Board of Canada Bulletin167. Ottawa.

Tantulo, U. and R. Fotedar. 2006. Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic regulation and organosomatic indics of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798) juveniles reared in potassium fortified inland saline water and ocean water at different salinities. **Aquaculture**. 258: 594-605.

Taw, N., S. Chandaeng, M. Handoyo Edi and W. Suaryanto. 2005. Studies on polyculture of *L. vannamei* and *P. monodon.* Pages 64385 *In* J. Cooksey editor. **International Peace and Development Through Aquaculture**, **World Aquaculture 2005.** The World Aquaculture Society, Bali, Indonesia.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tian, X., D. Li, S. Dong, X. Yan, Z. Qi, G. Liu and J. Lu. 2001. An experimental study on closed polyculture of penaeid shrimp with Tilapia and constricted Tagelus. **Aquaculture**. 202: 57-71.

Treece, G. 2002. Inland shrimp farming in West Texas, USA. **Glob. Aquac. Advocate.** 3: 46-47.

Tseng, W.Y. 1987. **Shrimp Mariculture, A Practical Manual.** Department of Fisheries, The University of Papua New Guinea, Port Moresby, papua New Guinea. 299 p.

Tsuzuki, M.Y., R.O. Cavalla and A. Bianchini. 2000. The effects of temperature, age, and acclimation to salinity on the survival of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae. **J. World. Aquac. Soc.** 3:459-468.

Towle, D.W. 1981. Role of Na^{+}-K^{+}-ATPase in ionic regulation by marine and estuarine animals. **Marine Biology**. 2:107-122.

UNEP/GEMS. 1994. **Report of the UNEP/FAO Export Meeting on Harmonizing Land Cover and Land Use Classifications.** GEMS Report Series No. 25, Nairobi.

Villarreal, H., P.Hinojosa and J. Naranjo. 1994. Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produce *Penaeus vannamei* postlarvae. **Comp. Biochem. Physiol. A** 108 A: 331-336.

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.

Wang, Y.C., C.F. Lo, P.S. Chang and G.H. Kou. 1998. Experimental infection of white spot baculovirus in some culture and wild decapods in Taiwan. **Aquaculture**. 164: 221-231.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wang, W.N., A.L. Wangb., D.M. Wanga., L. Wanga. Y. Liua. And R.Y. Sunb. 2003. Calcium, phosphorus and adenylate levels and Na^{+}-K^{+}-ATPase activities of prawn, *Macrobrachium nipponense*, during the moult cycle. **Comp. Biochem. Physiol**. 134: 297-305.

Wassenbery, T.J. and B.J.Hill. 1987. Natural diet of the tiger prawns *Penaeus esculentus* and *P. semisulcatus.* **Aus**. **J. Mar. Fresh. Res.** 38 : 169-182.

Wedemeyer, G. A. 1996. **Physiology of Fish in Intensive Culture Systems**. Chapman & Hall. USA.

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.

Wickins, J. F. 1985. Ammonia production and oxidation during in culture of marine prawns and lobsters in laboratory System. **Aquac. Eng.**, USA.

Wickins, J.F. and D.C. Lee. 2002. **Crustacean Farming (second edition).** Blackwell Science Ltd, Oxford, UK.

Wyban, J., W.A. Walsh and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**. 138:267-279.

Yi, Y. W. Saelee and P. Naditrom. 2002. **Stocking Densities for Tilapia-Shrimp Polyculture in Thailan**d. Tenth Work Plan, New Aquaculture Systems/New Species Research 3B (10NSR3B)/Experiment/Thailand. Final Report.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Zimmermann, S. and M.B. New. 2000. **Grow-out Systems . Polyculture and Integrated Culture.** Freshwater Prawn Culture, The Farming of *Macrobrachium rosenbergii,* Blackwell Science Ltd, Oxford, UK.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับความเค็มของน้ำที่ใช้เลี้ยงและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไม น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งที่ใช้เลี้ยง (พี 8 และ พี 10) และอัตราการปล่อย (60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม.) และน้ำหนักเฉลี่ยของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง

Effect	Sum of squares	d.f.	Mean squares	*F*-ratio	*P*-value[a]
PL	0.081	1	0.081	0.340	0.565
salinity	4.445	1	4.445	18.614	0.000
Density	4.183	2	2.091	8.758	0.001
PL*salinity	0.535	1	0.535	2.242	0.147
PL*density	2.452	2	1.226	5.134	0.014
salinity*density	2.158	2	1.079	4.519	0.022
PL*salinity*density	0.651	2	0.326	1.363	0.275
Error	5.731	24	0.239		
Total error	251.835	36			
Total (corr.)	20.237	35			

R^2=0.717; R^2_{adj} = 0.587 (for d.f.); d.f. = degree of freedom.

[a] Significant at the 5% level.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระดับความเค็มของน้ำและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม อัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อย และอัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง

Effect	Sum of squares	d.f.	Mean squares	*F*-ratio	*P*-value[a]
PL	5.38E-005	1	5.38E-005	0.804	0.379
salinity	0.001	1	0.001	20.091	0.000
Density	0.001	2	0.001	7.622	0.003
PL*salinity	0.000	1	0.000	2.929	0.100
PL*density	0.001	2	0.000	5.308	0.012
salinity*density	0.001	2	0.000	5.418	0.011
PL*salinity*density	0.000	2	5.76E-005	0.861	0.436
Error	0.002	24	6.69E-005		
Total error	0.065	36			
Total (corr.)	0.006	35			

R^2=0.722; R^2_{adj} = 0.594 (for d.f.); d.f. = degree of freedom.

[a] Significant at the 5% level.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่จัดทรีทเมนต์แบบแฟคทอเรียล และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระยะลูกกุ้งที่ใช้ ระดับความเค็มและอัตราการปล่อยลูกกุ้งมีผลต่ออัตราการรอดตาย อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระยะลูกกุ้งและอัตราการปล่อยที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้ง อัตราการรอดตายของลูกกุ้งมีอิทธิพลร่วมระหว่างระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงและอัตราการปล่อยลูกกุ้ง

Effect	Sum of squares	d.f.	Mean squares	*F*-ratio	*P*-value[a]
PL	49.938	1	49.938	13.677	0.001
salinity	12335.804	1	12335.804	3378.644	0.000
Density	2925.372	2	1462.686	400.614	0.000
PL*salinity	10.671	1	10.671	2.923	0.100
PL*density	7.507	2	3.754	1.028	0.373
salinity*density	313.191	2	156.595	42.890	0.000
PL*salinity*density	9.411	2	4.705	1.289	0.294
Error	87.627	24	3.651		
Total error	155914.880	36			
Total (corr.)	15739.520	35			

R^2=0.722; R^2_{adj} = 0.594 (for d.f.); d.f. = degree of freedom.

[a] Significant at the 5% level.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

		salinity	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
weight	1	18	2.8878	.82960	.19554	.19554
	3	18	2.1850	.49062	.11564	.11564

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
weight	Equal variances assumed	6.589	.015	3.094	34	.004	.70278	.22717	.24110	1.16445
	Equal variances not assumed			3.094	27.595	.004	.70278	.22717	.23712	1.16843

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
60	12	2.8425	.67318	.19433	2.4148	3.2702	1.92	4
90	12	2.7058	.85443	.24665	2.1630	3.2487	1.83	3
120	12	2.0608	.52562	.15173	1.7269	2.3948	1.56	3.09
Total	36	2.5364	.76040	.12673	2.2791	2.7937	1.56	4.16

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.183	2	2.091	4.299	.022
Within Groups	16.054	33	.486		
Total	20.237	35			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

density	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
120	12	2.0608	
90	12		2.7058
60	12		2.8425
Sig.		1.000	.634

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
PL8/60	6	2.5300	.56840	.23205	1.9335	3.1265	1.92	3.37
PL8/90	6	2.5683	.92454	.37744	1.5981	3.5386	1.83	3.93
PL8/120	6	2.3683	.56208	.22947	1.7785	2.9582	1.69	3.09
PL10/60	6	3.1550	.66296	.27065	2.4593	3.8507	2.28	4.16
PL10/90	6	2.8433	.84021	.34301	1.9616	3.7251	1.91	3.96
PL10/120	6	1.7533	.25485	.10404	1.4859	2.0208	1.56	2.19
Total	36	2.5364	.76040	.12673	2.2791	2.7937	1.56	4.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.716	5	1.343	2.980	.027
Within Groups	13.521	30	.451		
Total	20.237	35			

PL/den	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
PL10/120	6	1.7533	
PL8/120	6	2.3683	2.3683
PL8/60	6	2.5300	2.5300
PL8/90	6	2.5683	2.5683
PL10/90	6		2.8433
PL10/60	6		3.1550
Sig.		.062	.078

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1ppt/60	6	2.5300	.56840	.23205	1.9335	3.1265	1.92	3.37
1ppt/90	6	2.5683	.92454	.37744	1.5981	3.5386	1.83	3.93
1ppt/120	6	2.3683	.56208	.22947	1.7785	2.9582	1.69	3.09
3ppt/60	6	3.1550	.66296	.27065	2.4593	3.8507	2.28	4.16
3 ppt/90	6	2.8433	.84021	.34301	1.9616	3.7251	1.91	3.96
3ppt/120	6	1.7533	.25485	.10404	1.4859	2.0208	1.56	2.19
Total	36	2.5364	.76040	.12673	2.2791	2.7937	1.56	4.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.716	5	1.343	2.980	.027
Within Groups	13.521	30	.451		
Total	20.237	35			

PLden	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3ppt/120	6	1.7533	
1ppt/120	6	2.3683	2.3683
1ppt/60	6	2.5300	2.5300
1ppt/90	6	2.5683	2.5683
3ppt/90	6		2.8433
3ppt/60	6		3.1550
Sig.		.062	.078

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	salinity	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
growth	1	18	.04656	.013347	.003146	0.003146
	3	18	.03433	.009068	.002137	0.002137

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
growth	Equal variances assumed	4.241	.047	3.214	34	.003	.012222	.003803	.004493	0.019952
	Equal variances not assumed			3.214	29.938	.003	.012222	.003803	.004493	0.019952

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงนอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
60	12	.04575	.010855	.003134	.03885	.05265	.031	.067
90	12	.04242	.015530	.004483	.03255	.05228	.016	.064
120	12	.03317	.008537	.002464	.02774	.03859	.025	.050
Total	36	.04044	.012841	.002140	.03610	.04479	.016	.067

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.001	2	.001	3.543	.040
Within Groups	.005	33	.000		
Total	.006	35			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

density	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
120	12	.03317	
90	12	.04242	.04242
60	12		.04575
Sig.		.068	.501

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 ในอัตรา ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
PL8/60	6	.04067	.009158	.003739	.03106	.05028	.031	.054
PL8/90	6	.03883	.017792	.007264	.02016	.05751	.016	.063
PL8/120	6	.03817	.009196	.003754	.02852	.04782	.027	.050
PL10/60	6	.05083	.010647	.004347	.03966	.06201	.037	.067
PL10/90	6	.04600	.013535	.005526	.03180	.06020	.031	.064
PL10/120	6	.02817	.003971	.001621	.02400	.03233	.025	.035
Total	36	.04044	.012841	.002140	.03610	.04479	.016	.067

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.002	5	.000	2.685	.040
Within Groups	.004	30	.000		
Total	.006	35			

PL/den	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
PL10/120	6	.02817	
PL8/120	6	.03817	.03817
PL8/90	6	.03883	.03883
PL8/60	6	.04067	.04067
Pl10/90	6		.04600
PL10/60	6		.05083
Sig.		.095	.098

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1ppt/60	6	.04933	.011843	.004835	.03690	.06176	.036	.067
1ppt/90	6	.05483	.010147	.004143	.04418	.06548	.036	.064
1ppt/120	6	.03550	.011149	.004552	.02380	.04720	.025	.050
3ppt/60	6	.04217	.009390	.003833	.03231	.05202	.031	.056
3ppt/90	6	.03000	.007589	.003098	.02204	.03796	.016	.039
3ppt/120	6	.03083	.004792	.001956	.02580	.03586	.026	.038
Total	36	.04044	.012841	.002140	.03610	.04479	.016	.067

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.003	5	.001	6.913	.000
Within Groups	.003	30	.000		
Total	.006	35			

Sal/den	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
3ppt/90	6	.03000			
3ppt/120	6	.03083	.03083		
1ppt/120	6	.03550	.03550		
3ppt/60	6		.04217	.04217	
1ppt/60	6			.04933	.04933
1ppt/90	6				.05483
Sig.		.350	.058	.199	.322

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Sal	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	18	43.889	11.8548	2.7942	37.994	49.784	28.3	63.3
3	18	80.911	7.7255	1.8209	77.069	84.753	69.2	91.6
Total	36	62.400	21.2061	3.5344	55.225	69.575	28.3	91.6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12335.804	1	12335.804	123.223	.000
Within Groups	3403.716	34	100.109		
Total	15739.520	35			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 โดยใช้วิธี Independent Samples T-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

		PL	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
survival	PL8	18	61.222	22.0712	20.0712	5.2022
	PL10	18	63.578	20.8753	20.8753	4.9204

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
growth	Equal variances assumed	.109	.744	-.329	34	.744	-2.3556	7.1605	-16.9075	12.1964
	Equal variances not assumed			-.329	33.895	.744	-2.3556	7.1605	-16.9092	12.1980

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
60	12	73.717	15.4251	4.4528	63.916	83.517	53.3	91.6
90	12	61.825	22.6745	6.5456	47.418	76.232	38.8	86.6
120	12	51.658	20.3188	5.8655	38.748	64.568	28.3	74.2
Total	36	62.400	21.2061	3.5344	55.225	69.575	28.3	91.6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2925.372	2	1462.686	3.767	.034
Within Groups	12814.148	33	388.308		
Total	15739.520	35			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

density	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
120	12	51.658	
90	12	61.825	61.825
60	12		73.717
Sig.		.215	.149

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงโดยใช้ลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 8 และ 10 เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
PL8/1ppt	9	42.167	12.2222	4.0741	32.772	51.561	28.3	60.0
PL10/1ppt	9	45.611	11.9407	3.9802	36.433	54.790	34.2	63.3
PL8/3ppt	9	80.278	8.2933	2.7644	73.903	86.653	69.2	91.6
PL10/3ppt	9	81.544	7.5594	2.5198	75.734	87.355	70.0	88.3
Total	36	62.400	21.2061	3.5344	55.225	69.575	28.3	91.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12396.413	3	4132.138	39.553	.000
Within Groups	3343.107	32	104.472		
Total	15739.520	35			

PL/Sal	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
PL8/1ppt	9	42.167	
PL10/1ppt	9	45.611	
PL8/3ppt	9		80.278
PL10/3ppt	9		81.544
Sig.		.480	.794

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดตายกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 1 และ 3 พีพีที ในอัตราความหนาแน่น 60, 90 และ 120 ตัว/ตร.ม. โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1ppt/60	6	59.150	3.2965	1.3458	55.691	62.609	53.3	63.3
1ppt/90	6	40.167	1.1057	.4514	39.006	41.327	38.8	42.2
1ppt/120	6	32.350	3.1380	1.2811	29.057	35.643	28.3	35.8
3ppt/60	6	88.283	1.8258	.7454	86.367	90.199	86.6	91.6
3ppt/90	6	83.483	2.0183	.8240	81.365	85.601	81.1	86.6
3ppt/120	6	70.967	1.9201	.7839	68.952	72.982	69.2	74.2
Total	36	62.400	21.2061	3.5344	55.225	69.575	28.3	91.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15574.367	5	3114.873	565.815	.000
Within Groups	165.153	30	5.505		
Total	15739.520	35			

Sal/den	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
1ppt/120	6	32.350					
1ppt/90	6		40.167				
1ppt/60	6			59.150			
3ppt/120	6				70.967		
3ppt/90	6					83.483	
3ppt/60	6						88.283
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวแก้วตา ลิ้มเฮง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	18 มกราคม 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์