ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง | ชีววิทยาประมง

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของธาตุอาหาร คุณภาพดินและคุณภาพน้ำต่อองค์ประกอบของแพลงก์ตอน ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนา

Effects of Nutrients, Soil and Water Qualities on Plankton Communities in Intensive Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Ponds.

นามผู้วิจัย นางสาวจริยาวดี สุริยพันธุ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ชะลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชูเชิด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์วราห์ เทพาหุดี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของธาตุอาหาร คุณภาพดิน และคุณภาพน้ำต่อองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนา

Effects of Nutrients, Soil and Water Qualities on Plankton Communities in Intensive Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Ponds.

โดย

นางสาวจริยาวดี สุริยพันธุ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จริยาวดี สุริยพันธุ์ 2554: ผลของธาตุอาหาร คุณภาพดิน และคุณภาพน้ำต่อองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) แบบพัฒนา ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิ้มสุวรรณ, Ph.D. 194 หน้า

การศึกษาปัจจัยของธาตุอาหาร คุณภาพน้ำและคุณภาพดินต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนาในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (5-7 psu) ในจังหวัดราชบุรี และความเค็มปกติ (30-35 psu) ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ เลือกบ่อทดลองขนาด 5 ไร่ จำนวน 6 บ่อ ในการประเมินผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ส่วนพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติจะใช้ บ่อขนาด 5 ไร่ จำนวน 6 บ่อ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลองโดย 3 บ่อจะเป็นกลุ่มที่มีสีน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก และอีก 3 บ่อมีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมากจากรอบการเลี้ยงที่ผ่านมา บันทึกการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำ ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอน คุณภาพน้ำ และคุณภาพดินตลอดการเลี้ยง ผลการศึกษาพบว่าในบ่อที่น้ำมีความเค็มต่ำ ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำภายในบ่อ ได้แก่ พีเอช ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตะกอนแขวนลอย ธาตุอาหารในกลุ่มไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในขณะที่คุณภาพน้ำมีความสัมพันธ์กับคุณภาพดินในบ่อนอกจากนั้นปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเลี้ยงและการตายของแพลงก์ตอนเป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนที่พื้นบ่อ และส่งผลกระทบต่อผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม

ในบ่อเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มปกติ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับพีเอช และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความกระด้างของน้ำและปริมาณฟอสฟอรัสรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนรวมฟอสฟอรัสรวม และสารอินทรีย์ภายในดินมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสในน้ำ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอน คุณภาพน้ำ และคุณภาพดินระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมากในระหว่างการเลี้ยง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืช ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ละลายในน้ำ และพีเอชของดินมีความแตกต่างกันระหว่างสองกลุ่ม พีเอชของดินมีผลต่อการละลายของฟอสฟอรัสจากดินขึ้นสู่มวลน้ำ เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่ามากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรในระหว่างการเลี้ยงจะมีผลทำให้แพลงก์ตอนลดลงและสีน้ำจะจางลง สำหรับผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่มีสีน้ำค่อนข้างคงที่ จะสูงกว่ากลุ่มที่สีน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่า แต่อัตรารอดและอัตราแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jariyavadee Suriyaphan 2011: Effects of Nutrients, Soil and Water Qualities on Plankton Communities in Intensive Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Ponds. Doctor of Philosophy (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 194 pages.

A study on the effect of water and soil qualities on the phytoplankton communities of intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds of low salinity water (5-7 psu) in Ratchaburi province and normal saline water (30-35 psu) in Prachuabkirikhun province was carried out. Six earthen ponds approximately 5 rais (8,000 m^2) of low salinity culture area were selected to estimate the effect of total suspended solid (TSS) on L. *vannamei* culture. For normal saline water, six earthen ponds of approximately 5 rais (8,000 m^2) were divided into two groups. First group consisted of three ponds which had unstable phytoplankton bloom from previous crop. Second group consisted of three ponds which had more stable phytoplankton community from previous crop. The water color shades, plankton abundance, water and soil qualities were recorded throughout the culture period. It was found that in low-salinity ponds phytoplankton density was related with water quality such as pH, dissolved oxygen (DO), nitrogen and phosphorus of the pond water while the water quality was related with the soil quality. Moreover, increased of TSS during the culture period and phytoplankton die-offs resulting in the lack of oxygen in the pond bottom soils and affected shrimp production.

Phytoplankton density from normal salinity ponds were significantly related with pH and DO, whilst there were significant negative correlation with hardness and total phosphorus of the pond water ($P<0.05$). On the other hand, total nitrogen, total phosphorus and organic matters in the pond bottom were positively correlated with nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen and total phosphorus of the water. Statistical analysis compared between stable color ponds and unstable color ponds showed that the density of phytoplankton, phosphorus of the water column and soil pH were significantly different between the groups. The solubility of phosphorus was affected by soil pH that allowed total phosphorus of the bottom soil to dissolve into water column. When the total phosphorus was higher than 0.5 mg/l caused significant decrease of phytoplankton and water color. The average production, body weight and growth rate from stable color ponds was significantly different than the unstable water color ponds. However, survival rate and feed conversion ratio from both groups were not significant different.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะไม่สำเร็จลงได้ ถ้าขาดผู้หยิบยื่นโอกาส และความช่วยเหลือ กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชลอ ลิ้มสุวรรณ บุคคลที่เป็นผู้ให้อย่างแท้จริง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ ชูเชิด และรองศาสตราจารย์ ดร. วราห์ เทพาหุดี ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจแก้วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอบพระคุณสภาวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุน ผู้จัดการฟาร์มทวีพงษ์ฟาร์ม และนครพงษ์ฟาร์มที่อนุเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง นิสิตปริญญาโท ปริญญาเอกจากศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ทำให้งานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรทัดสุดท้ายนี้เป็นคำขอบคุณพิเศษสำหรับ คุณภัทร์ ไตรรัตน์ คุณรุ่งระวี ทองดอนเอ ครอบครัว รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามอีกมากมายที่เป็นกำลังใจ และผลักดันให้มีวันนี้

จริยาวดี สุริยพันธุ์

พฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	26
ผลและวิจารณ์ผล	38
สรุป	121
ข้อเสนอแนะ	126
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	128
ภาคผนวก	140
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	194

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของรงควัตถุต่อกลุ่มของแพลงก์ตอน	5
2	ความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำกับกลุ่มของแพลงก์ตอนที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	12
3	ความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำกับชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	12
4	ความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำกับชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	13
5	ปริมาณแพลงก์ตอน แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก	49
6	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	66
7	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	70
8	คุณภาพน้ำเฉลี่ยระหว่างเตรียมบ่อในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	81
9	คุณภาพน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 และ2 ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	90
10	คุณภาพน้ำเฉลี่ยระหว่างเตรียมบ่อในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	95
11	องค์ประกอบเนื้อดินและพีเอชของดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในจังหวัดราชบุรี	106
12	องค์ประกอบเนื้อดินและพีเอชของดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	108
13	พีเอชของดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ	112

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย ผลผลิตเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย	119

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ	141
2	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ	142
3	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ	143
4	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ	144
5	คุณภาพน้ำรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	145
6	ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนรวม แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	146
7	คุณภาพน้ำรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	147
8	ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนรวม แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ต่อ คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	148

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวมีอายุ 60-70 วัน	149
10	ปริมาณแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 90-100 วัน	150
11	ปริมาณแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 120 วัน	151
12	ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 50-60วัน	152
13	ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 90-110 วัน	153
14	ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 130-140วัน	154
15	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	155
16	ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นต่อคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	156
17	ปริมาณแพลงก์ตอน คุณภาพน้ำในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	157
18	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	158
19	ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	159
20	คุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำทั้งสองรอบการเลี้ยง	160

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
21	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดิน และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	161
22	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	162
23	คุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติทั้งสองรอบการเลี้ยง	163
24	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดิน และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	164
25	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และคุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	165
26	น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบ ผลผลิตเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ	166
27	น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบ ผลผลิตเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ	167

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างของ Geosmin และ MIB	11
2	พีเอชต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในน้ำ	17
3	ที่มาของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ	18
4	ที่มาของฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ	19
5	ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ต่อการละลายของฟอสฟอรัสในบ่อที่ปริมาณออกซิเจนเพียงพอ	20
6	บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม นครพงษ์ฟาร์ม อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี	28
7	การเตรียมบ่อและเตรียมน้ำ การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมและการให้อาหาร	29
8	ทวีพงษ์ฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	31
9	การเตรียมบ่อและเตรียมน้ำ การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมและการให้อาหาร	32
10	การเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ A: ขวดเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน; B: การเก็บตัวอย่างน้ำจากสะพานเช็คยอ; C: การเก็บตัวอย่างดิน; D: การสุ่มกุ้ง; E-F: ชั่งน้ำหนัก วัดความยาว กุ้งขาวแวนนาไม	37
11	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำแต่ละบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดย A: ปริมาณแพลงก์ตอนในช่วงเตรียมบ่อ B: ปริมาณแพลงก์ ตอนเฉลี่ยหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง	40
12	แนวโน้มแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ A: รอบการเลี้ยงที่ 1 B: รอบการเลี้ยงที่ 2	41
13	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในรอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2 ในบ่อที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	42
14	การเปลี่ยนแปลงของสภาพบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อเกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอน และการตายของแพลงก์ตอนในระหว่างการเลี้ยง	43
15	สีน้ำที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	แนวโน้มแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ A: รอบการเลี้ยงที่ 1 B: รอบการเลี้ยงที่ 2	47
18	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในรอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2 ในพื้นที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	48
19	สีน้ำที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	50
20	ฟองเกิดขึ้นจากการตายของแพลงก์ตอนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	51
21	ฟองเกิดขึ้นจากการตายของแพลงก์ตอนหลังจากฝนตกเป็นระยะเวลานาน	51
22	การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 35 วัน B: 70 วัน และ C: 110 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 1	56
23	การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 35 วัน B: 70 วัน และ C: 110 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 2	57
24	การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 50 วัน B: 80 วัน และ C: 120 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 1	63
25	การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 40 วัน B: 70 วัน และ C: 110 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 2	64
26	แนวโน้มพีเอช (A) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (B) และความโปร่งแสง(C) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ	65
27	ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 60-70 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์	75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ หลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 90-100 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์	76
29	ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 120 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B):ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์	77
30	ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 60 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์	78
31	ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 90-100 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์	79
32	ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ หลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 130-140 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์	80
33	พีเอช (A) อุณหภูมิ (B) ความเค็ม (C) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (D) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2	86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	ค่าการนำไฟฟ้า (A) ความโปร่งแสง (B) ความเป็นด่าง (C) ความกระด้าง (D) ของน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2	87
35	ปริมาณแอมโมเนียรวม (A) ไนไตรท์ (B) ไนเตรท (C) และฟอสฟอรัสรวม (D) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2	88
36	ปริมาณตะกอนแขวนลอย (A) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (B) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2	89
37	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	91
38	ความสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 (A) และรอบการเลี้ยงที่ 2 (B)	93
39	ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย ความโปร่งแสง และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	94
40	พีเอช (A) อุณหภูมิ (B) ความเค็ม (C) และออกซิเจน (D) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2	100
41	ค่าการนำไฟฟ้า (A) ความโปร่งแสง (B) ความเป็นด่าง (C) และความกระด้าง (D) ของน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬รอบการเลี้ยงที่ 2	101
42	ปริมาณแอมโมเนีย (A) ไนไตรท์ (B) ไนเตรท (C) และฟอสฟอรัสรวม (D)ในน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2	102

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	ปริมาณตะกอนแขวนลอย (A) คลอโรฟิลล์ เอ (B) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2	103
44	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ A: บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย B: บ่อที่มีการเปลี่ยนแปลสีน้ำมาก (--- แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, ⇩แสดงปริมาณแพลงก์ตอนเปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)	105
45	แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวม (A) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (B) และปริมาณสารอินทรีย์ในดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ (C) โดย ▬ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2	110
46	แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวม (A) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (B) และปริมาณสารอินทรีย์ในดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ (C) โดย ▬ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2	111
47	การฟุ้งกระจายของอนุภาคดินเหนียวในระหว่างการเลี้ยงในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ	113
48	เลนที่กระจายทั่วบ่อหลังการจับ	114
49	สภาพดินหลังการจับในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	114
50	สีน้ำก่อนจับกุ้งขาวแวนนาไม	115
51	สีของน้ำที่นำกลับมาใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรอบการเลี้ยงต่อไป	115
58	อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	121
59	ความเค็มน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	122
60	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	122

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
61	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	124
62	ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	124
63	ความเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	125
64	ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	125
65	ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ2	126
66	ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	127
67	ปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	128
68	ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	129
69	ปริมาณตะกอนแขวนลอยรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วย น้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	130
70	ปริมาณตะกอนแขวนลอยรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วย น้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	131
71	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (------- แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, ⇩ แสดงปริมาณแพลงก์ตอนเปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)	136
72	แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวม (บน) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (กลาง) และ ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน (ล่าง) ระหว่างรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2	142

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
73	แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวม (บน) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (กลาง) และ ปริมาณ สารอินทรีย์ในดิน (ล่าง) ระหว่างรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2	144
74	การฟุ้งกระจายของอนุภาคดินเหนียวในระหว่างการเลี้ยงในฟาร์ม ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ	148
75	เลนที่กระจายทั่วบ่อหลังการจับ	149
76	สภาพดินหลังการจับในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ	149
77	สีน้ำก่อนจับกุ้งขาวแวนนาไม	150
78	สีของน้ำที่นำกลับมาใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรอบการเลี้ยงต่อไป	150

ภาพผนวกที่

1	แพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	169
2	แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1	182
3	แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 2	185
4	แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1	188
5	แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 2	191

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของธาตุอาหาร คุณภาพดิน และคุณภาพน้ำต่อองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนา

Effects of Nutrients, Soil and Water Qualities on Plankton Communities in Intensive Pacific White Shrimp **(***Litopenaeus vannamei***)** Ponds.

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้นำในด้านการผลิตและการส่งออกกุ้งทะเลแช่เยือกแข็งตั้งแต่ปี 2543 เป็นต้นมา ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่มาจากการเลี้ยงแบบพัฒนา และมีการจัดการ โดยใช้ความรู้ทางวิชาการ (ชลอ, 2543) การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยเริ่มต้นในปี 2545 กรมประมงได้อนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free, SPF) จากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยงแทนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ที่ประสบปัญหากุ้งโตช้า มีขนาดที่แตกต่างกันมาก เกษตรกรต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้น และส่วนใหญ่ประสบปัญหาขาดทุน กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีการพัฒนาสายพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้อัตราการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงในระยะเวลาสั้น ทำให้เกษตรกรจำนวนมากหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ชลอและพรเลิศ, 2547)

ชลอ (2534) กล่าวว่าปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการเลี้ยงกุ้งให้ประสบความสำเร็จ คือ การควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เพื่อให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดีและแข็งแรง โดยเฉพาะความพยายามที่จะควบคุมให้ปริมาณแพลงก์ตอนพอเหมาะ หรือที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งเรียกว่า “สีน้ำ” ถ้าสีน้ำนิ่งตลอดระยะเวลาการเลี้ยง หรือชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนมีการเปลี่ยนแปลงน้อย กุ้งจะกินอาหารดีกว่า และมีการเจริญเติบโตปกติ แต่บ่อที่มีสีน้ำล้ม หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนบ่อยครั้ง จะทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งพบว่าการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในแต่ละบ่อแตกต่างกันออกไปแม้ว่าบ่อที่เลี้ยงจะอยู่ในพื้นที่การเลี้ยงเดียวกันก็ตามและบ่อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำ ในการเลี้ยงรุ่นต่อไปก็ยังพบปัญหาในลักษณะเดียวกันอีก ทั้งๆ ที่มีให้อาหาร การจัดการ และการควบคุมคุณภาพน้ำเหมือนกัน นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่จะปล่อยลูกกุ้งลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูง โดยมีความหนาแน่นระหว่าง 100,000 -250,000 ตัวต่อไร่ เมื่อเกิดการเปลี่ยนของสีน้ำ หรือเกิดสีน้ำล้มในระหว่างการเลี้ยง ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดหลังจากฝนตกหนักหรือเกิดจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนที่เกิดขึ้นในแต่ละบ่อจะมีความรุนแรงและได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน บ่อที่เกิดสีน้ำล้มจะทำให้กุ้งกินอาหารลดลง และกุ้งที่อ่อนแอบางส่วนจะเกาะตามขอบบ่อ ส่วนบ่อที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และไม่ส่งผลต่อการเลี้ยงและผลผลิต ที่ผ่านมามีความพยายามที่จะศึกษาเพื่อหาแนวทางป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีน้ำหรือปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ส่วนใหญ่จะรายงานชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนที่มีผลต่อสีของน้ำที่มองเห็นตลอดการเลี้ยง มีการเก็บตัวอย่างที่ไม่ต่อเนื่อง มีช่วงเวลาที่ห่างกันมากในแต่ละครั้ง และส่วนมากเป็นการศึกษาในน้ำที่มีความเค็มต่ำ แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่บ่งชี้ได้ว่าเพราะเหตุใดในบ่อเลี้ยงกุ้งนั้น ๆ สีน้ำจึงนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงน้อย หรือมีสีน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดเวลามีสาเหตุมาจากอะไร และยังไม่มีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนแต่ละกลุ่มที่พบเป็นกลุ่มเด่นในบ่อ ส่วนในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีเพียงการศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำเท่านั้น

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุ และ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งได้แก่ คุณภาพน้ำ คุณภาพดิน ปริมาณของธาตุอาหาร รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของแพลงก์ตอนในรอบวัน และหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเดียวกัน โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษา แบ่งเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำส่วนใหญ่จะพบในพื้นที่ภาคกลาง หรือพื้นที่ห่างไกลจากทะเล มีปัญหาตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้นมากหลังจากผ่านการเลี้ยงประมาณ 60 วัน แพลงก์ตอนส่วนใหญ่จะตาย และทำให้ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ต้องควบคุมปริมาณอาหาร และการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อลดปริมาณตะกอนแขวนลอย สำหรับฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ พบบริเวณชายฝั่งเป็นส่วนใหญ่ มีปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบได้ว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนภายในบ่อ เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งเพื่อจัดการคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับ คุณภาพดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ตลอดจนแนวทางการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำ และสีของน้ำภายในบ่อเลี้ยง ซึ่งจะทำให้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีประสิทธิภาพดีขึ้น สามารถลดอัตราแลกเนื้อ เพิ่มผลผลิตและทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมสามารถประกอบเป็นอาชีพต่อไปได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนตลอดไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

2. เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

3. เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และน้ำความเค็มปกติ

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำและคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

5. เพื่อศึกษาน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. แพลงก์ตอน (plankton)

แพลงก์ตอน มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกซึ่งในภาษาอังกฤษหมายถึง “Drifting” แปลว่า ผู้ล่องลอย (พรศิลป์, 2544) หรือหมายถึงกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำสุดแต่ลมหรือกระแสน้ำจะพัดพาไป (ลัดดา, 2542) แพลงก์ตอนบางกลุ่มสามารถเคลื่อนที่ได้โดยขน หรือรยางค์ แต่ไม่สามารถต้านคลื่นและลมได้ แพลงก์ตอนส่วนใหญ่มีขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ในการจำแนกกลุ่มและชนิด (ลัดดา และโสภณา, 2546)

แพลงก์ตอนแบ่งออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับขนาด ประเภทของสารอาหารที่กิน และอยู่อาศัย นอกจากนี้แพลงก์ตอนยังทำหน้าที่ในฐานะผู้ผลิตในกำลังผลิตเบื้องต้นในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และเป็นอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อน แพลงก์ตอนสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่

1) แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton)

แพลงก์ตอนพืช หมายถึง แพลงก์ตอนที่สามารถสร้างอาหารได้เอง (autotroph) แพลงก์ตอนพืชมีรงวัตถุภายในเซลล์ซึ่งสามารถดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานที่ใช้ในการตรวจจับคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosysthesis) ร่วมกับสารอนินทรีย์ แล้วสร้างเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลซับซ้อน และมีพลังงานที่สูงกว่า ได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต หรือ วิตามิน ดังสมการ

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์ เอ}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยแบคทีเรีย และสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่สำคัญในแหล่งน้ำจืด ได้แก่ Division Cyanophyta หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และ Division Chlorophyta หรือกลุ่มของสาหร่ายสีเขียว กลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่มีความสำคัญในพื้นที่ชายฝั่ง และทะเล ได้แก่ ไดอะตอมใน Division Bacillariophyta และกลุ่มของไดโนแฟลกเจลเลตใน Division Pyrrophyta (พรศิลป์, 2544) แพลงก์ตอนพืชจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งเป็นรงควัตถุที่แพลงก์ตอนใช้ในการสังเคราะห์แสง (Meek, 1994) โดยคลอโรฟิลล์สามารถแบ่งออกได้เป็น คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี ดี และ อี โดยคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุหลัก และคลอโรฟิลล์ชนิดอื่น ๆ ก็จะกระจายอยู่ในแพลงก์ตอนแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ชนิดของรงควัตถุต่อกลุ่มของแพลงก์ตอน

รงควัตถุ	กลุ่มของแพลงก์ตอน (Division)
คลอโรฟิลล์ เอ	Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Pyrrophyta
คลอโรฟิลล์ บี	Chlorophyta, Euglenophyta
คลอโรฟิลล์ ซี	Pyrrophyta, Bacillariophyta (diatom)
คลอโรฟิลล์ ดี	สาหร่ายสีแดง

ที่มา: ดัดแปลงจาก Meek (1974) และยุวดี (2549)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล พบว่า แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (วราห์, 2534; พรเทพ, 2538; บุญฑริกา, 2547; พัชริดา, 2543 และจริยาวดี, 2551)

2) แพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton)

แพลงก์ตอนสัตว์ คือ แพลงก์ตอนที่ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง เนื่องจากไม่มีรงควัตถุใช้ในการสังเคราะห์แสง ดังนั้นจึงดำรงชีวิตโดยการกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ที่กินแพลงก์ตอนพืชจัดเป็นผู้บริโภคอันดับแรก (primary consumer)

การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์จะไม่สม่ำเสมอ (ununiform) แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่แพร่กระจายอยู่ที่ระดับความลึกของน้ำที่มีแสงส่องถึงเพื่อการสังเคราะห์แสง แพลงก์ตอนสัตว์พบแพร่กระจายได้ตลอดความลึกของน้ำ และสามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนในกลุ่มของโคพีพอดและไรน้ำ ซึ่งสามารถย้ายที่อยู่ในแนวตั้งในรอบวัน (daily vertical migration) กล่าวคือ อาศัยอยู่ใต้ผิวน้ำที่ระดับความลึกหนึ่งในช่วงเวลากลางวัน และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เคลื่อนที่มาอยู่ที่ผิวน้ำหรือใกล้ผิวน้ำเมื่อพระอาทิตย์ตกดินไปแล้วจนถึงกลางคืน และกลับไปที่ระดับความลึกใหม่เมื่อรุ่งขึ้น (ลัดดา และโสภณา, 2546)

จากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในการเลี้ยงกุ้งทะเล มีดังต่อไปนี้ วราห์ (2534) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำทีมีความเค็มระหว่าง 20-34 psu พบแพลงก์ตอนพืช 31 สกุล 3 กลุ่ม แพลงก์ตอนสัตว์ 22 สกุล 2 กลุ่ม แพลงก์ตอนพืชที่พบส่วนใหญ่คือ ไดอะตอม สกุล *Coscinodiscus, Nitzschia, Pleurosigma/Gyrosigma,* ไดโนแฟลกเจลเลต และแพลงก์ตอนพืช สกุล *Oscillatoria* ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ *Tintinopsis* เป็นกลุ่มเด่น และรองลงมาคือ Phylum Arthropoda

พรเทพ (2538) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดสมุทรสาคร พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta และแพลงก์ตอนสัตว์ 4 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera, Arthropoda และ Nematoda แพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Navicular, Nitzschia, Pleurosigma* และ แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์พบ copepod และ *Tintinopsis* เป็นกลุ่มเด่น

พัชริดา (2543) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในพื้นที่เขตน้ำจืดในจังหวัดราชบุรี พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta โดยพบแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* และ *Cyclotella* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลักตลอดการศึกษา แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และ Arthropoda

ปัทมาภรณ์ (2547) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิกที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 2-3 psu ในจังหวัดปราจีนบุรี พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนพืชที่พบอยู่ในสกุล *Oscillatoria, Merismopedia,Phromidium Dictyosphaerium*, *Oocystis* และ *Scenedesmus* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น ในขณะที่ไดอะตอมในสกุล *Cyclotella* และ *Nitzschia* พบตลอดการศึกษา ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และ Arthropoda

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จริยาวดี (2551) รายงานชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 0 – 8 psu พบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Protozoa, Rotifera, Arthropoda และ Mollusca แพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบตลอดการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ *Microcystis* และ *Oscillatoria*

วรัญญา (2551) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็มของน้ำ 10-11 psu พบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta สกุล*Oscillatoria* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นของพื้นที่ แพลงก์ตอนสัตว์พบ 2 Phylum ได้แก่ Phylum Rotifera และ Arthropoda

2. บทบาทของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

2.1 เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำภายในบ่อ

แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary producer) ที่สำคัญในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และเป็นจุดเริ่มต้นของสายใยอาหาร และเป็นอาหารธรรมชาติของปลา และครัสเตเชียน (Boyd and Tucker, 1998) แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะถูกโบกพัดเข้าไปในปาก โดยกระแสน้ำจากช่องเหงือก เช่น พวกไดอะตอม ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์จะถูกจับฉวยเข้าปาก เช่น *Brachionus*, copepods เป็นต้น (บรรจง, 2521) นอกจากนี้กุ้งขาวแวนนาไมสามารถกินได้ทั้งพืชและสัตว์ และซากของสิ่งมีชีวิตที่อยู่กลางน้ำ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตหน้าดินและซากของสิ่งมีชีวิตที่อยู่หน้าดิน (Wassenberg and Hill,1987) ดังนั้นการเตรียมอาหารธรรมชาติในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง จึงเป็นการสร้างอาหารเสริมที่ดีแก่ลูกกุ้งและช่วยควบคุมคุณภาพน้ำ โดยแพลงก์ตอนจะช่วยในการบดบังแสงไม่ให้ส่องถึงพื้นบ่อ ซึ่งทำให้ลูกกุ้งกินอาหารได้ดี (ชลอ, 2535)

ปัทมาภรณ์ (2547) รายงานชนิดและอาหารที่พบในกระเพาะและลำไส้ของกุ้งขาวแวนนาไม พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมมีพฤติกรรมการกินที่ไม่จำเพาะเจาะจงกับแพลงก์ตอนกลุ่มใดเป็นพิเศษ แพลงก์ตอนส่วนใหญ่ที่พบในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Merismopedia, Oscillatoria, Phormidium* และ *Scenedesmus* ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่พบมากในบ่อเลี้ยง นอกจากนี้วรัญญา (2551) รายงานพบเศษซากแพลงก์ตอนในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และไดอะตอมในลำไส้ของกุ้งขาว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 มีผลต่อคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนจะเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ (ลัดดา, 2542; พรศิลป์, 2544; ลัดดา และโสภณา, 2546 และ มาลินีและชิดชัย, 2548) และมีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อ (บุณฑริกา,2547 ; Boyd and Tucker, 1998) สิทธิชัย (2549) กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะเจริญในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำได้เช่น *Chlorella* สามารถบ่งชี้ได้ว่าแหล่งน้ำได้รับน้ำเสีย สกุล *Anabaena* เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำมีมลภาวะอย่างรุนแรง แพลงก์ตอนที่พบในแหล่งน้ำที่เป็นมลพิษ เช่น *Anabaena, Lyngbya, Oscillatoria, Chlorella, Spirulina, Nitzschia, Euglena* และ *Phacus*

Boyd and Tucker (1998) กล่าวว่าปัญหาคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเลี้ยงเกิดจากเกษตรกรไม่สามารถจัดการการเจริญเติบโตขององค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชได้ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ คุณภาพดิน และสภาพบ่อเลี้ยงจะส่งผลให้กุ้งเครียด และกระตุ้นให้เกิดโรค กุ้งบางส่วนจะอ่อนแอและตายลง ทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง (Boyd and Musig, 1992; Wangwibulkit, 2008) แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ที่พบ ได้แก่ สกุล *Oscillatoria, Merismopedia, Anabaena* และ *Oocystis* แพลงก์ตอนในกลุ่มนี้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง และแทนที่แพลงก์ตอนในกลุ่มอื่น ๆ นอกจากนี้แพลงก์ตอนในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินยังมีบทบาทต่อการเพิ่มปริมาณในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Boyd and Tucker, 1998; Wangwibulkit, 2008) เมื่อปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อ การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้นในเวลากลางวัน และเกิดภาวะขาดออกซิเจนในช่วงเช้ามืด (ชลอและพรเลิศ, 2547) ปริมาณออกซิเจนที่ลดลงนั้นจะส่งผลให้กุ้งอ่อนแอ และบางส่วนอาจจะตายลงในระหว่างการเลี้ยง (Boyd and Tucker, 1998) นอกจากนี้ปริมาณแพลงก์ตอนทำให้เกิดความแตกต่างของพีเอช ซึ่งพีเอชยังมีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ชลอ, 2535) กล่าวคือ เมื่อพีเอชน้ำสูงขึ้นทำให้ปริมาณแอมโมเนียในรูปที่เป็นพิษละลายออกมามาก (บุณฑริกา, 2547) ซึ่งในบ่อที่มีแพลงก์ตอนพืชมาก หรือในบ่อที่มีสีน้ำเข้มจัดทำให้การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันมากขึ้นด้วย โดยพีเอชจะต่ำสุดในช่วงเวลาเช้ามืด เนื่องจากการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์จากการย่อยสลาย และการหายใจของกุ้ง แพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตภายในบ่อ ในขณะที่ตอนบ่ายพีเอชของน้ำจะสูงมาก เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันที่มากเกินไปจะทำให้กุ้งเครียด และมีผลต่อการเจริญเติบโต (ชลอ, 2535)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยปกติแพลงก์ตอนพืชมีวงจรชีวิตเพียง 1-2 สัปดาห์จากนั้นจะตาย (Boyd, 1982) แต่การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในระหว่างการเลี้ยง หรือที่เรียกว่า plankton crash หรือ **แพลงก์ตอนดรอป** หรือที่เกษตรกรเรียกว่า **สีน้ำส้ม** จะเกิดหลังจากที่มีการบลูมของแพลงก์ตอนแล้วระยะหนึ่ง ซึ่งจะพบแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นเพียงหนึ่งกลุ่มหรือสองกลุ่มเท่านั้นและมีปริมาณมากซึ่ง Chanratchakool *et al*. (1993) และชลอและพรเลิศ (2547) กล่าวว่าการล้มของสีน้ำมีสาเหตุใหญ่ 3 ประการ ได้แก่

1) การขาดธาตุอาหาร และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพบในกุ้งช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์

2) ปริมาณแพลงก์ตอนมีความหนาแน่นมาก และไม่มีการหมุนเวียนของระบบน้ำภายในบ่อ ทำให้แพลงก์ตอนตายลงเนื่องจากขาดแสงในการสังเคราะห์แสง

3) การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำอย่างกะทันหัน เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ฝนตกหนัก สภาพท้องฟ้าปิด ไม่มีแสงแดด หรือมีฝนตกในปริมาณมาก ล้วนส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยมาก จึงมีแต่การใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายของเสีย และกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งกุ้งและแพลงก์ตอนในบ่อกุ้ง (ชลอและคณะ, 2551ก) ดังนั้นในช่วงที่มีฝนตกติดต่อกันยาวนานจึงมีผลทำให้แพลงก์ตอนบางส่วนตาย และเกิดเป็นฟองที่ผิวน้ำ (Chanratchakool *et al*., 1994)

การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนภายในบ่ออย่างรุนแรง หรือ การเกิด plankton crash หรือสีน้ำล้มในระหว่างการเลี้ยงจะมีความรุนแรงมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และสภาพบ่ออย่างเฉียบพลัน การตายของแพลงก์ตอนจะทำให้เกิดฟอง หรือฝ้าจำนวนมากที่ผิวหน้าน้ำ พบตะกอนจำนวนมากในมวลน้ำ น้ำหนืด มีกลิ่นคาวอย่างรุนแรง (โสภณและชูสินธุ์, 2542) ก่อนที่เศษซากแพลงก์ตอนที่ตายจะจมลงและสะสมที่พื้นบ่อ โดยเฉพาะบริเวณท้ายลม ทำให้พื้นบ่อเน่า และการย่อยสลายซากแพลงก์ตอนจำนวนมากเหล่านั้น ยังทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้ตะกอนแพลงก์ตอนจะเข้าไปอุดตันในเหงือกกุ้ง จะสังเกตุเห็นเหงือกกุ้งเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ ทำให้การหายใจไม่เป็นปกติ สภาพบ่อที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวในข้างต้นจะทำให้กุ้งส่วนใหญ่กินอาหารลดลง อ่อนแอ ติดเชื้อโรคได้ง่าย และตายในที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้แพลงก์ตอนยังมีบทบาทต่อความขุ่นของน้ำ และสีของน้ำภายในบ่อโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช (ธิดา, 2543) เกษตรกรส่วนใหญ่จะสร้างสีน้ำเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติแก่แพลงก์ตอนสัตว์ และลูกกุ้ง นอกจากนี้สีน้ำยังช่วยบังแสง ลดการเกิดขี้แดดที่พื้นบ่อ (ชลอ, 2535; Burford, 1997) เมื่อปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำสีต่าง ๆ ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีแดง สีน้ำตาล หรือสีดำ ซึ่งขึ้นกับชนิดของแพลงก์ตอนที่เจริญเติบโตภายในบ่อขณะนั้น (Boyd and Tucker, 1998) พรเทพ (2538) รายงานความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของแพลงก์ตอนกับสีน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำพบว่าส่วนใหญ่ สีน้ำจะมีสีเขียว หรือเปลี่ยนแปลงจากสีเขียว เป็นสีเขียวปนเหลือง หรือสีน้ำตาลปนเหลือง (ตารางที่ 2)

ชลอ (2535) กล่าวว่าสีน้ำที่ง่ายต่อการควบคุมและการจัดการคือสีเขียวอ่อนหรือกลุ่มสีน้ำที่มีสีเขียวเป็นหลัก สีน้ำสีเขียวจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ถ้ามีการถ่ายน้ำน้อยสีน้ำจะเข้มมากขึ้นแต่ยังคงเป็นสีเขียว ในขณะที่สีน้ำที่เป็นสีน้ำตาลจะทำได้ยากกว่าสีน้ำที่เป็นสีเขียว เนื่องจากต้องใช้น้ำในปริมาณมากเพื่อควบคุมไม่ให้แพลงก์ตอนเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสีของน้ำต่อชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแสดงไว้ในตารางที่ 3 วราห์ (2534) รายงานสีน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าในช่วงแรกของการเลี้ยง น้ำจะเป็นสีน้ำตาล สีน้ำตาลเขียว หรือสีเขียวน้ำตาล หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลใส หรือน้ำตาลดำ ก่อนที่จะเปลี่ยนกลับมาเป็นสีน้ำตาลเขียว หรือสีเขียวน้ำตาลในช่วงท้ายของการเลี้ยง สอดคล้องกับปัทมาภรณ์ (2547) รายงานสีน้ำที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พบว่าในช่วงแรกของการเลี้ยง สีน้ำจะเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากพบไดอะตอมเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น เมื่อสีน้ำเปลี่ยนเป็นสีเขียวก็จะพบสาหร่ายในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน (ตารางที่ 4)

2.4 บทบาทต่อการเกิดพิษและกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ

แพลงก์ตอนพืชโดยเฉพาะในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน กลุ่มที่เป็นเส้นสาย ได้แก่ *Anabaena, Oscillatoria*, และกลุ่มที่เป็นโคโลนี เช่น *Nostoc* หรือ *Microcystis* เป็นแพลงก์ตอนที่สร้างสารพิษในแหล่งน้ำจืด โดยเฉพาะสารไมโครซิสติน (Microcystin) ที่สร้างโดยแพลงก์ตอนสกุล *Microcystis* พบเป็นปัญหาอันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและสามารถสร้างสารพิษออกมาสู่แหล่งน้ำได้ ซึ่งสารไมโครซิสตินนี้จะส่งผลต่อตับ และเป็นตัวเร่งทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง (สิทธิชัย, 2549) กลิ่นโคลน (Musty หรือ earthy off flavor) เป็นกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เกิดกับสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงในพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำ กลิ่นโคลนเกิดจากสารสองชนิด ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Geosmin (trans - 1, 10 - dimethyl - trans - 9 - decalol) และ MIB (2 -methylisoborneol (1, 2, 7, 7 - tetramethyl - exo - bicyclo - [2,2,1] - heptan - 2 - ol) (ภาพที่ 1) สร้างโดยแบคทีเรียสกุล *Actinomycetes, Streptomyces, Fossombronia, Nocardia* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Oscillatoria, Microcystis, Anabaena, Lyngbya, Aphanizomenon, Symploca* และ *Phromidium* (สมชาย, 2551) เมื่อมีการตายของแพลงก์ตอนดังกล่าว ภายหลังการบลูมของแพลงก์ตอน สาร Geosmin และ MIB จะถูกปล่อยออกมา และสะสมในอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่มีส่วนประกอบไขมันสูง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจะกำจัดออกได้ยาก ปัญหากลิ่นโคลนอาจเกิดจากสัตว์น้ำกินสารประกอบกลิ่นโคลนเข้าไปโดยตรง หรือผ่านเข้าสู่ร่างกายโดยการดูดซึม (Johnsen *et al*., 1996)

Geosmin MIB

ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ Geosmin และ MIB

ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่นิยมปล่อยกุ้งลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูง ต้องให้อาหารในปริมาณที่มากตามไปด้วย ของเสียจากการขับถ่ายและอาหารที่เหลือทำให้แพลงก์ตอนเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995) กุ้งขาวแวนนาไมอาจจะกินสาหร่ายเหล่านี้ได้โดยตรง เนื่องจากกุ้งขาวกินอาหารทุกชนิดดังนั้นโอกาสการเกิดกลิ่นโคลนจึงมีมากกว่ากุ้งกุลาดำ (ชลอและคณะ, 2551ข) สมชาย (2551) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* และ Microcystis โดยการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ *Oscillatoria* มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในบ่อ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พีเอช ความเค็ม และแอมโมเนียยังมีผลต่อความหนาแน่นของ *Oscillatoria* อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำกับกลุ่มของแพลงก์ตอนที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

สีน้ำ	กลุ่มของแพลงก์ตอน
เขียว	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
น้ำตาล	ไดอะตอม หรือไดโนแฟลกเจลเลต
น้ำตาลขุ่น	โปรโตซัว
เขียวปนน้ำตาล หรือน้ำตาลปนเขียว	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับไดอะตอม หรือไดโนแฟลกเจลเลต
เขียวปนเหลือง	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินกับไดอะตอม

ที่มา: พรเทพ (2538)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำกับชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

สีน้ำในบ่อกุ้งกุลาดำ	ชนิดแพลงก์ตอนที่พบมาก
สีน้ำตาลใส	*Rhizosolenia, Nitzschia*
สีน้ำตาลดำ	*Rhizosolenia*
สีน้ำตาล	*Rhizosolenia, Coscinodiscus*
สีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้มปานกลาง	Dinoflagellate
สีน้ำตาลเข้ม	*Rhizosolenia, Chetoceros, Peridinium, Ceratium, Gymnodinium*
น้ำตาลเหลืองหรือเขียวน้ำตาล	*Oscillatoria, Coscinodiscus*
สีน้ำตาล	Pennate diatom (*Pleurosigma, Gyrosigma*)
สีน้ำตาลเขียว	Diatom, *Pleurosigma, Gyrosigma*
สีเขียวเข้ม	*Oscillatoria, Microcystis, Anabaena, Oocystis*
สีเขียวอ่อน	Pennate diatom, Diatom, *Chlorella*
สีเขียวเหลือง	*Oscillatoria, Nitzschia*
น้ำตาลแดง	*Chaetoceros,Skeletonema*, Diatom, Dinoflagellate
น้ำขุ่น	Zooplankton, Rotifer, Copepod

ที่มา: ชลอ (2535, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำกับชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

สีน้ำ	ชนิดแพลงก์ตอนที่พบเป็นจำนวนมาก
น้ำตาลใส	*Cyclotella, Nitzschia*
น้ำตาลเหลือง	*Scenedesmus, Nitzschia, Phormidium, Kirchneriella*
น้ำตาลดำ	*Entomoneis, Merismopedia, Oscillatoria, Scenedesmus*
เขียวอ่อน	*Merismopedia, Dictyosphaerium, Phormidium*
เขียวเหลือง	*Merismopedia, Nitzschia*
เขียวเข้ม	*Scenedesmus, Spirulina, Oocystis*

ที่มา: ปัทมาภรณ์ (2547)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย แบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่ ปัจจัยทางฟิสิกส์ และปัจจัยทางเคมี (ลัดดา, 2543) ปัจจัยทางฟิสิกส์ แบ่งเป็น แสง อุณหภูมิน้ำ พีเอช ความเค็มของน้ำ สำหรับปัจจัยทางเคมี ได้แก่ ธาตุอาหาร (แฟรดาซ์, 2537; ลัดดา, 2543; Boyd and Tucker, 1998) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และความกระด้างของน้ำ ซึ่งจะมีผลทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

3.1 ความเค็มของน้ำ

ชลอ (2535) กล่าวว่าในบ่อที่มีความเค็มต่ำ 0-20 psu แพลงก์ตอนที่พบจะเป็นกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Oscillatoria* ส่วนความเค็มสูงระหว่าง 25-35 psu มักพบไดอะตอม หรือไดโนแฟลกเจลเลต เช่น *Coscinodiscus, Pleurosigma, Nitzschia, Dinophysis* และ *Ceratium* สอดคล้องกับ ผุสดี (2536) และบุญฑริกา (2547) ที่กล่าวว่าชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความเค็มต่ำกว่า 10 psu มักพบ *Oscillatoria* และ *Microcystis* ถ้าความเค็มสูงกว่า 30 พีพีทีหรือบริเวณชายฝั่งมักพบไดอะตอม เช่น *Nitzchia* และ *Pleurosigma* และไดโนแฟลกเจลเลต เช่น *Ceratium* อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้างพบไดอะตอม และไดโนแฟลกเจลเลตปริมาณน้อย เนื่องจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนสองกลุ่มนี้ไม่สามารถปรับความดันภายในเซลล์ได้ เซลล์จะแตก โค้งงอ และตายในที่สุด (ชลอ, 2535) พรเทพ (2538) รายงานว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับความเค็ม กล่าวคือเมื่อความเค็มลดลง ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับบุญฑริกา (2547) ที่รายงานว่าปริมาณแพลงก์ตอนมีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในทิศทางตรงกันข้าม โดยความเค็มน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบลดลง เนื่องจากความเค็มจำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน สมชาย (2551) รายงานว่าความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Oscillatoria* และ *Microcystis* โดย *Oscillatoria* สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความเค็ม 0-10 psu และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 5 psu แต่ที่ระดับความเค็มมากกว่า 15 psu จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Oscillatoria* และการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อความเค็มมากกว่า 20 psu ในขณะที่ *Microcystis* สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความเค็ม 0-9 psu และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 0 psu แต่ที่ระดับความเค็มมากกว่า 3 psu จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Microcystis*

3.2 อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่ออัตราเมทาบอลิซึมของแพลงก์ตอน โดยอุณหภูมิของน้ำจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสง (Boyd and Tucker, 1998) อุณหภูมิน้ำระหว่าง 25–35 องศาเซลเซียสมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Anabaena, Oscillatoria และ Microcystis* (Reyssac and Pletikosic, 1990) ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นด้วย (วราห์, 2534; พรเทพ, 2538; พัชริดา, 2543 และจริยาวดี, 2551)

3.3 ความโปร่งแสง

แสงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (Boyd, 1989; Burford, 1997) ความโปร่งแสงของน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอน จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชจะสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นความโปร่งแสงจะลดลง (วราห์, 2534; พรเทพ, 2538; บุญฑริกา, 2547; พัชริดา, 2543 และจริยาวดี, 2551) ความโปร่งแสงที่เหมาะสมก่อนที่จะปล่อยกุ้งลงเลี้ยงจะมีค่าระหว่าง 40-50 เซนติเมตร (ชลอ, 2535) และในระหว่างการเลี้ยงมีค่าอยู่ระหว่าง 25-50 เซนติเมตร (Block and Main, 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ความโปร่งแสงมีความสัมพันธ์กับความขุ่นน้ำ และความลึกของบ่อ (Burford, 1997) ความขุ่นเกิดจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช และอนุภาคดินที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ โดยเครื่องให้อากาศ (Funge-Smith and Briggs, 1998) นอกจากนี้ตะกอนบางส่วนยังเป็นสารแขวนลอย หรือคอลลอยด์ที่ละลายน้ำ ได้แก่ เกลืออนินทรีย์ต่าง ๆ เช่น NaCl, Na_2CO_3 และส่วนที่เป็นอินทรีย์สาร เช่น แป้ง น้ำตาล กรดอะมิโนและวิตามินบางชนิด (ณฐกร, 2543) ในบ่อที่ปริมาณตะกอนมากจะทำให้เกิดการสะสมของตะกอนที่ก้นบ่อและเกิดการตื้นเขิน (Boyd, 1989) น้ำที่มีความขุ่นมากทำให้แสงส่องไม่ถึง และขัดขวางปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง รวมทั้งตะกอนจะเข้าไปอุดตามช่องเหงือก (สิทธิชัย, 2549) ไมตรี และจารุวรรณ (2528) กล่าวว่าในแหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 25-80 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80-400 มิลลิกรัมต่อลิตรจะให้ผลผลิตลดลง และถ้ามากเกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไปจะไม่เหมาะต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.4 ปริมาณออกซิเจน

แพลงก์ตอนพืชมีบทบาทต่อปริมาณออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนในทิศทางเดียวกัน เมื่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย (วราห์, 2534; พรเทพ, 2538; บุญฑริกา, 2547; พัชริดา, 2543 และจริยาวดี, 2551) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา มีการปล่อยกุ้งในอัตราที่หนาแน่นสูง พบว่าธาตุอาหารที่ได้มาจากการขับถ่าย และอาหารเหลือในบ่อจะกระตุ้นให้แพลงก์ตอนเจริญเติบโต และทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากและมักจะสูงกว่าจุดอิ่มตัว (ยนต์, 2539; ชลอ และพรเลิศ, 2547) แต่ในเวลากลางคืนออกซิเจนจะถูกใช้ในการย่อยสลายของเสีย การหายใจของแพลงก์ตอน กุ้ง และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ภายในบ่อ โดยเฉพาะในช่วงท้ายของการเลี้ยง กุ้งมีขนาดใหญ่ และมีการสะสมของของเสียในบ่อค่อนข้างมาก ทำให้ปริมาณออกซิเจนต่ำมากในช่วงเช้า ซึ่งจะทำให้กุ้งไม่แข็งแรง การกินอาหารลดลงต่ำกว่าปกติ รวมทั้งทำให้กุ้งลอกคราบแล้วตาย เกษตรกรสามารถแก้ไขได้โดยให้เครื่องให้อากาศ และเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างพอเพียง (ชลอ, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5 พีเอช (pH)

Chenl and Durbin (1994) กล่าวว่าพีเอชมีผลต่อปริมาณและการแพร่กระจายของชนิดแพลงก์ตอน คาร์บอเนตจะมากขึ้นในขณะที่ไบคาร์บอเนตและคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง นอกจากนี้พีเอชยังมีผลต่อวิตามิน ธาตุอาหาร รวมทั้งพีเอชที่สูงมากจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์แพลงก์ตอนโดยตรง ซึ่งส่งผลต่อการสังเคราะห์แสง (Riebesell *et al*., 1993) Hinga (1992) รายงานว่าพีเอชน้ำสัมพันธ์กับการแทนที่ของแพลงก์ตอนในกลุ่มไดอะตอมและไดโนแฟลกเจลเลต สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชของน้ำต่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับค่าพีเอชมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน พีเอชของน้ำจะสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเพิ่มขึ้น (วราห์,2534; พรเทพ, 2538; บุญฑริกา, 2547; พัชริดา, 2543 และจริยาวดี, 2551) สมชาย (2551) รายงานว่าพีเอชมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Oscillatoria* และ *Microcystis* โดย *Oscillatoria* เจริญเติบโตได้ดีที่พีเอชระหว่าง 6-9 และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่พีเอช 9 ส่วน *Microcystis* เจริญเติบโตได้ดีที่พีเอชระหว่าง 6-9 และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่พีเอช 7.5

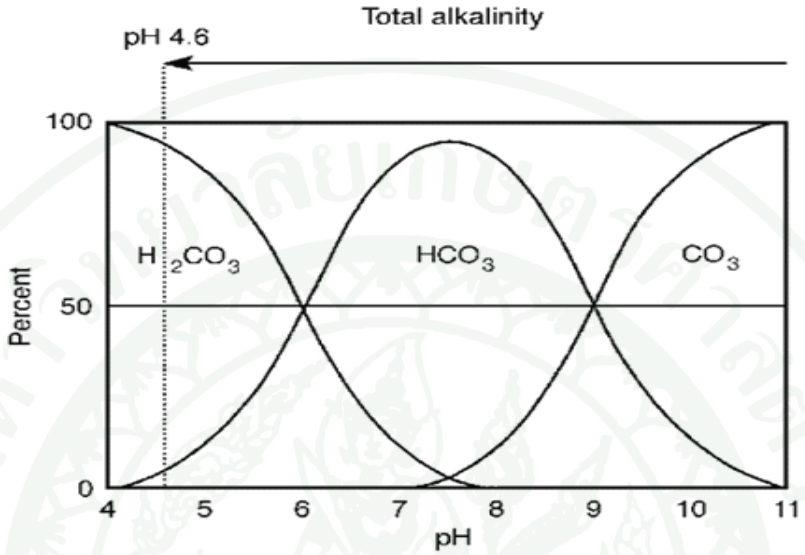
3.6 ธาตุอาหาร (nutrient)

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ธาตุอาหารหลัก เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและต้องการปริมาณมาก (macronutrient element) เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิเกต กลุ่มธาตุอาหารที่จำเป็นแต่ต้องการปริมาณน้อย (micronutrient element) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ ทองแดง โมลิดินัม นิเกิล แคดเมียม และซีลิเนียม (ลัดดา, 2543; Sunda *et al*., 2005)

คาร์บอนที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ อนินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์คาร์บอน แพลงก์ตอนพืชใช้อนินทรีย์คาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำ หรือในรูปของคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ในการสังเคราะห์แสง และใช้อินทรีย์คาร์บอนในรูปของสารประกอบอินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโต เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส กาแลคโตสในสภาพไร้อากาศ (anaerobic condition) หรือในสภาพที่ไม่มีแสงสว่าง (Kaplan *et al*., 1986) การที่คาร์บอนจะอยู่ในรูปใดนั้นขึ้นอยู่กับพีเอช เช่น คาร์บอนจะอยู่ในรูปเกลือไบคาร์บอเนตเมื่อพีเอชมีค่าระหว่าง 7-9, อยู่ในรูปเกลือคาร์บอเนตเมื่อพีเอชสูงกว่า 9.5 ขึ้นไป และคาร์บอนจะอยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อ pH มีค่าประมาณ 5 (ภาพที่ 2) ส่วนใหญ่ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 (ชลอและพรเลิศ, 2547)

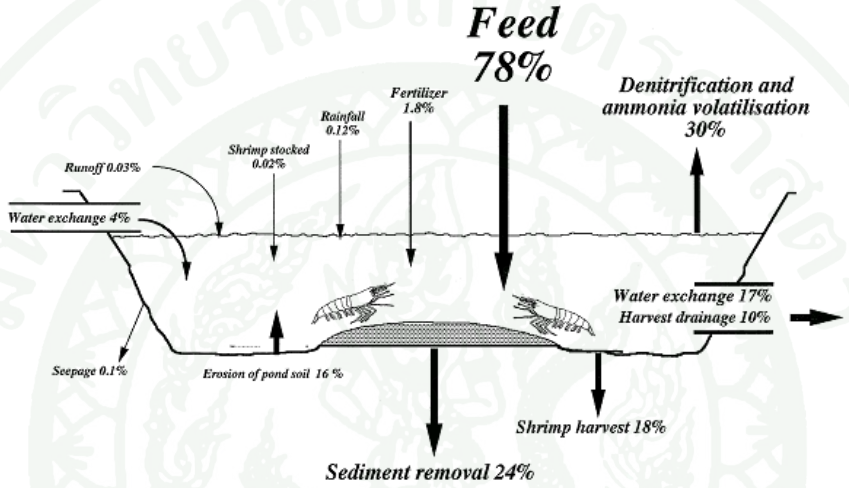


ภาพที่ 2 พีเอชต่อการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในน้ำ

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยแพลงก์ตอนสามารถใช้ไนโตรเจนทั้งรูปของอนินทรีย์และสารอินทรีย์ รวมทั้งสามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน แพลงก์ตอนจะใช้อนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) แอมโมเนีย (NH_3^+) ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนได้แก่ ยูเรีย ส่วนใหญ่แพลงก์ตอนจะใช้ยูเรีย แอมโมเนียมอิออน และไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนในการเจริญเติบโต ส่วนไนไตรท์จะมีความเป็นพิษเมื่อมีความเข้มข้นสูง โดยแอมโมเนียมอิออนจะถูกดึงมาใช้ก่อนไนเตรท และไนเตรทจะถูกรีดิวซ์ลงมาเป็นแอมโมเนียมอิออนก่อนนำมาใช้ภายในเซลล์ (Morris, 1974) แหล่งที่มาของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่มาจากการขับถ่ายของกุ้ง อาหารที่เหลือและจะสะสมอยู่ที่พื้นบ่อในรูปของสารอินทรีย์ (Paerl and Tucker, 1995; Burford and William, 2001; Burford and Lorenzen, 2004) Burford and William (2001) รายงานว่าอาหารที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นยูเรีย 26 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (dissolved organic nitrogen: DON) 61 เปอร์เซ็นต์ ยูเรียที่เกิดขึ้นภายในระบบจะถูกใช้ก่อนโดยแพลงก์ตอนพืช ทำให้สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำค้างอยู่ในระบบมาก (Burford and Glibert, 1999) Funge-Smith and Briggs (1998) รายงานว่าที่มาของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนา จะมาจากอาหาร78 เปอร์เซ็นต์ มาจากการเซาะของดินจากบริเวณขอบบ่อ 16 เปอร์เซ็นต์ มาจากน้ำและปุ๋ย 4 เปอร์เซ็นต์ และฝนตก 2 เปอร์เซ็นต์ บริเวณที่มีไนโตรเจนสะสมจะอยู่ที่ดินตะกอน 24 เปอร์เซ็นต์ จากกุ้งที่จับไปแล้ว 18 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่เปลี่ยนถ่าย 27 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์จะเปลี่ยนรูปเป็นแก๊สไนโตรเจนสู่บรรยากาศ หรือกลายเป็นแอมโมเนีย (ภาพที่ 3) ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับแพลงก์ตอนกลุ่ม Chlorophyta ไดอะตอม คลอโรฟิลล์ เอ (Vuorio et al., 2005)



ภาพที่ 3 ที่มาของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

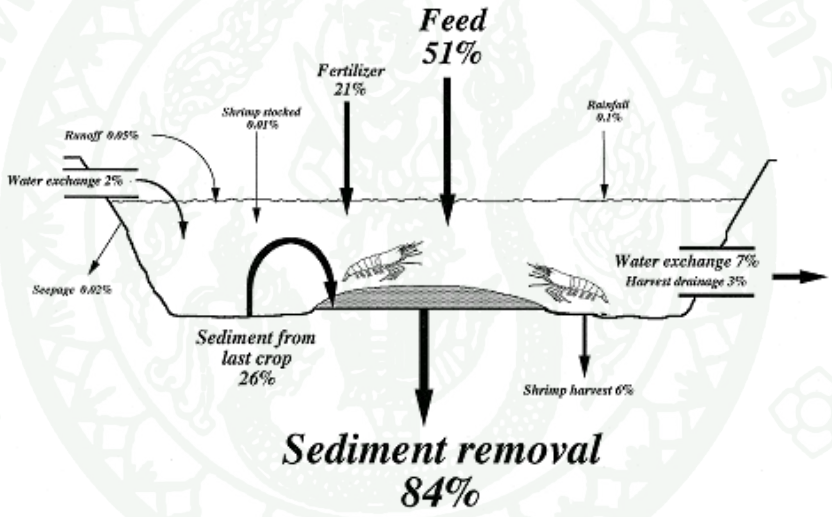
ที่มา: Funge-Smith and Briggs (1998)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชเพราะมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ของเซลล์ โดยเฉพาะกระบวนการถ่ายเทพลังงาน และกระบวนการสร้างกรดนิวคลีอิค (nucleic acid) ฟอสฟอรัสที่แพลงก์ตอนและแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ได้แก่ ออโธฟอสฟอรัส (orthophosphorus) (Correll, 1998) แพลงก์ตอนพืชจะใช้ออโธฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานในกระบวนการฟอสโฟรีเลชั่น (phosphorylation), ออกซิเดทีฟฟอสโฟรีเลชั่น (oxidative phosphorylation) และ โฟโต้ฟอสโฟรีเลชั่น (photophosphorylation) (Kuhl, 1974) ดังสมการ

$$\text{ADP+ orthophosphate} \xrightarrow{\text{Energy}} \text{ATP}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟอสฟอรัสภายในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะมาจากปุ๋ยที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างสีน้ำหรือสร้างอาหารธรรมชาติ และมาจากอาหารที่ให้ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง Funge-Smith and Briggs (1998) รายงานว่าฟอสฟอรัสส่วนใหญ่มาจากอาหาร 51 เปอร์เซ็นต์ และตกค้างอยู่ในพื้นบ่อ 84 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งยังมีฟอสฟอรัสที่เหลือจากรอบการเลี้ยงที่ผ่านมา 26 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4) ปริมาณฟอสฟอรัสในมวลน้ำมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำต่ำลง ฟอสฟอรัสจากดินบางส่วนจะละลายออกมา (Correll, 1998) ฟอสฟอรัสจะละลายได้ดีที่สุดเมื่อพีเอชของดินมีค่าเท่ากับ 6.5 (ภาพที่ 5) ซึ่งจะถูกใช้โดยแพลงก์ตอนพืช (Boyd and Tucker, 1998) นอกจากนี้ฟอสฟอรัสจะจับกับแคทชั่นไอออน เช่น เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม และอลูมิเนียม ตกตะกอนอยู่ที่พื้นบ่อ (Lin et al., 1997) นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังถูกดูดซับได้ดีจากดินโคลนที่มีความเป็นกรด (Boyd and Musig, 1981; Boyd and Tucker, 1998)

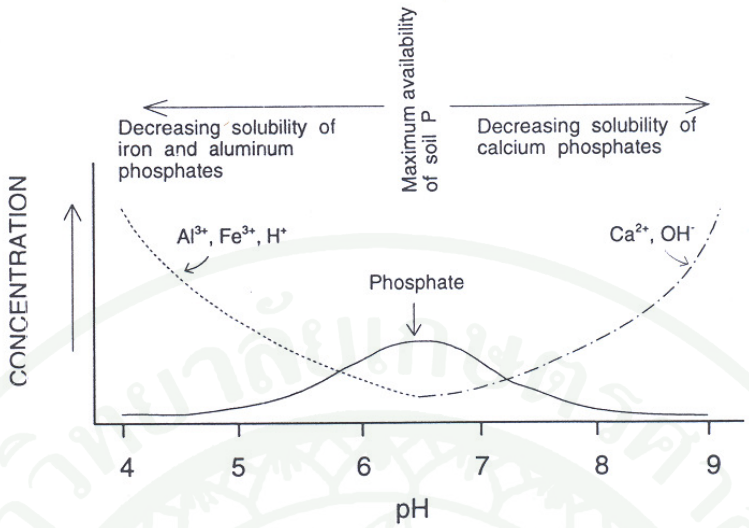


ภาพที่ 4 ที่มาของฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ที่มา: Funge-Smith and Briggs (1998)

ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยจำกัดสำหรับแพลงก์ตอนกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้เอง (Rydin *et al*., 2002) โดยเฉพาะแพลงก์ตอนในกลุ่มที่สร้างพิษได้แก่ Oscillatoria, Microcystis ที่มีการเจริญเติบโตแปรผันตรงกับปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำ (Oh *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ต่อการละลายของฟอสฟอรัสในบ่อที่ปริมาณออกซิเจนเพียงพอ

ซิลิเกตเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของแพลงก์ตอนในกลุ่มของไดอะตอมเพื่อสร้างผนังเซลล์หรือ siliceous cell wall ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตแบบปกติ (ลัดดา, 2543; ยุวดี, 2549; Sunda *et al*., 2005) ในขณะที่ปริมาณไดอะตอมเกิดขึ้นจำนวนมากปริมาณซิลิเกตในน้ำจะลดลง และในสภาวะที่ขาดแคลนซิลิเกตจะส่งผลกระทบต่อการแบ่งตัว และพัฒนาเซลล์ของไดอะตอม (Darlay, 1974)

สำหรับกลุ่มธาตุอาหารรอง เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นแต่แพลงก์ตอนต้องการในปริมาณน้อย (micronutrient element) ส่วนใหญ่จะเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ (ลัดดา, 2543) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอลต์ ทองแดง โมลิดินัม นิเกิล แคดเมียม และซีลิเนียม นอกจากนี้ยังมีอิออนกลุ่มหลัก ได้แก่ โซเดียมอิออน (Na^{+}) โปแตสเซียมอิออน (K^{+}) แมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) แคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) คลอไรด์ (Cl^{-}) และซัลเฟตอิออน (SO_4^{2-}) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไบคาร์บอเนต (HCO^{3-}) โซเดียม (Na^{+}) แมกนิเซียม (Mg^{2+}) แคลเซียม (Ca^{2+}) โปแทสเซียม (K^{+}) คลอไรด์ (Cl^{-}) และซัลเฟต (SO_4^{2-}) (Sunda *et al*., 2005) ธาตุอาหารรอง และอิออนเหล่านี้จะเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโต และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของประชาคมแพลงก์ตอน (Kaplan *et al*., 1986; Sunda *et al*., 2005)

เหล็กมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนทุกชนิด เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ ซี (ลัดดา, 2543) ช่วยในกระบวนการส่งผ่านอิเล็กตรอนในระบบสังเคราะห์แสง การหายใจ กระบวนการไนเตรท ไนไตรท์รีดักชั่น และกระบวนการตรึงไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Sunda *et al*., 2005) ความต้องการเหล็กของแพลงก์ตอนจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง (Sunda and Huntsman, 2004) และแตกต่างกันไปตามแหล่งไนโตรเจนที่แพลงก์ตอนดึงมาใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเซลล์ที่ใช้ไนเตรทจะมีความต้องการเหล็กสูงกว่าเซลล์ที่ใช้แอมโมเนียม (Maldonado and Price, 1996) โดยเหล็กจะเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียม (Vuorio *et al*., 2005) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหล็กจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของประชาคมแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำจืด โดยปริมาณเหล็กจะเป็นตัวควบคุมการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำจืดที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง (Evans and Prepas, 1997) และความต้องการเหล็กของแพลงก์ตอนบริเวณชายฝั่งทะเล และทะเลลึกจะมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิด ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบประชาคม และโครงสร้างของแพลงก์ตอนในพื้นที่ (Crawford *et al*.,2003)

แมงกานีสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการแตกตัวของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง และมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนทุกชนิด (Sunda *et al*., 2005) แมงกานีสจะถูกใช้มากเพื่อเจริญเติบโตในสภาพที่มีแสงน้อย (Sunda and Huntsman, 1998)

สังกะสีเป็นธาตุที่แพลงก์ตอนต้องการสำหรับกระบวนการเมตาบอลิค สังกะสีจะถูกใช้ในกระบวนการตรึงและส่งผ่านคาร์บอนไดออกไซด์โดยเอนไซม์คาร์บอนิค (Morel *et al*, 1994) ความต้องการของเอนไซม์และแพลงก์ตอนต่อสังกะสีจะมีมากเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง หรืออยู่สภาวะที่จำกัด ส่วนใหญ่สังกะสีจะทำงานร่วมกับโคบอลต์ และแคดเมียม (Sunda *et al*., 2005)

ทองแดงเป็นธาตุอาหารที่ถูกใช้เป็นองค์ประกอบในกระบวนการไซโตโครมออกซิเดส และเป็นองค์ประกอบของโปรตีนในการส่งผ่านอิเลกตรอนในกระบวนการหายใจ โมลิดินัม และนิกเกิลจะมีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึมไนโตรเจนเข้าสู่เซลล์ (Sunda *et al*., 2005)

นิกเกิลจะเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ยูรีเอส ซึ่งพบในแพลงก์ตอนที่ใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนในการเจริญเติบโต (Price and Morel, 1991)

โมลิดินัมจะทำงานร่วมกับเหล็กในเอนไซม์ไนเตรท รีดักเตส และไนโตรจีเนสในกระบวนการเปลี่ยนไนเตรท และการตรึงไนโตรเจน (Raven, 1988)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โคบอลต์เป็นส่วนประกอบสำคัญของวิตามินบี 12 ซึ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนหลายชนิด โดยเฉพาะแพลงก์ตอนกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน (O'Kelly, 1974) และกลุ่ม Prymnesiophytes (ลัดดา, 2543; Sunda *et al*., 2005)

ซัลเฟอร์เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อแพลงก์ตอนเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกรดอมิโน แพลงก์ตอนพืชใช้ในรูปของสารอนินทรีย์ ได้แก่ ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และซัลไฟด์ (HS^-) (Kaplan *et al*., 1986) นอกจากนี้ซัลเฟอร์ยังเป็นส่วนประกอบของวิตามินบี 1 ไบโอตินและโคเอนไซม์ เอ อีกด้วย (Lovell, 1989; Silva and Williams, 2001)

ซิลิเนียมเป็นธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนทั้งในน้ำจืด และน้ำเค็ม (Harrison et al., 1988) โดยเฉพาะแพลงก์ตอนทะเลที่ต้องการซิลิเนียมเป็นองค์ประกอบของเซลล์ และมีบทบาทต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์แพลงก์ตอน (Sunda *et al*., 2005)

โซเดียมเป็นธาตุอาหารที่ Division Cyanophyta เช่น *Anabaena, Anacystis, Nostoc* ต้องการในการเจริญเติบโต

4. แนวทางการจัดการแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล

ดังที่กล่าวมาข้างต้นแพลงก์ตอนมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ และคุณภาพดินภายในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล รวมทั้งส่งผลต่อผลผลิต ซึ่งการจัดการแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลสามารถจัดการได้ดังต่อไปนี้

4.1 การเตรียมบ่อ ก่อนที่จะมีการเลี้ยง การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารภายในบ่อเลี้ยงจะเกิดขึ้นระหว่างสององค์ประกอบหลัก ได้แก่ น้ำในบ่อ และดินตะกอน (Funge-Smith and Briggs, 1998) กระบวนการในดินที่กระทบต่อคุณภาพน้ำได้แก่ ดิน ดินตะกอน และสารอินทรีย์ที่เกิดจากการเลี้ยงและส่งผลต่อการขาดออกซิเจนในระหว่างการเลี้ยง (Boyd, 1995) ปฏิกิริยาการย่อยสลายของแบคทีเรียจะเกิดขึ้นในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และแพร่ผ่านจากช่องว่างระหว่างเม็ดดินขึ้นสู่ผิวหน้าดินได้ (จารุมาศ, 2548) ซึ่งส่วนใหญ่ชั้นผิวหน้าดินในบ่อเลี้ยงกุ้งจะมีการสะสมซากแพลงก์ตอนที่ตาย อาหารเหลือ สิ่งขับถ่าย จุลินทรีย์ และอนุภาคขนาดเล็ก (Boyd, 1995) ทำให้กิจกรรมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ย่อยสลายของแบคทีเรียเกิดขึ้นสูง และทำให้ออกซิเจนที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินหมดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปัญหาการรีดิวซ์ซัลเฟตเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งพบได้ในระหว่างการเลี้ยง (จารุมาศ, 2548) นอกจากนี้ในสภาพที่ขาดออกซิเจนบริเวณพื้นบ่อยังเกิดการแพร่ของไนไตรท์ เฟอร์รัส ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซมีเทนขึ้นในบ่อและเป็นอันตรายต่อกุ้ง (Boyd, 1995) ดังนั้นการตากบ่อ และการไถพรวนเปิดหน้าดินจะสามารถลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่อยู่ในดิน (Seo and Boyd, 2001) สำหรับบ่อที่มีสภาพพื้นบ่อเป็นกรด ซึ่งเกิดจากการแบคทีเรียในกลุ่มซัลเฟอร์เปลี่ยนรูปซัลเฟอร์เป็นซัลไฟด์ ซึ่งเกิดในสภาวะไร้ออกซิเจน (สมการที่ 1) ซัลไฟด์จะรวมกับเหล็กเป็นเหล็กซัลไฟด์ (สมการที่ 2) และเปลี่ยนรูปเป็นไพไรท์ในดิน (สมการที่ 3) ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะไม่เกิดปฏิกิริยา แต่เมื่อถูกระบายออกหรือสัมผัสอากาศจะเกิดปฏิกิริยาเป็นเฟอริกซัลเฟต และกรดกำมะถัน (สมการที่ 4) (Boyd, 1995) ดังสมการ

$$\text{Organic matter} + SO_4 \text{ ----------> } H_2S + 2HCO_3 \quad \text{..... (1)}$$

$$Fe(OH)_2 + H_2S \text{ ----------> } FeS + 2H_2O \quad \text{..... (2)}$$

$$FeS + S \text{ ----------> } FeS_2 \text{ (pyrite)} \quad \text{..... (3)}$$

$$4FeS_2 + 15O_2 + 2H_2O \text{ ----------> } 2Fe_2()_3 + 2H_2SO_4$$

$$2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O \text{ ----------> } 2Fe_2(OH)\,SO_4 + 2H_2SO_4 \quad \text{..... (4)}$$

ในน้ำที่เป็นกรดจะมีเหล็กและอลูมิเนียมมาก ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและยังมีผลต่อการตกตะกอนของฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ ทำให้แพลงก์ตอนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Lin *et al*., 1997) การจัดการบ่อที่เป็นกรดสามารถทำได้โดยฉีดเลน ใส่ปูน หรือปรับสภาพบ่อด้วยสารอินทรีย์ และควรเตรียมน้ำทันที โดยไม่ตากบ่อเพราะจะทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น (ชลอและพรเลิศ, 2547) โดยปูนที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งทะเลแบ่งเป็น 4 กลุ่ม (พรเลิศ, 2538) คือ

1. ปูนมาร์ล หรือ ดินมาร์ล เป็นวัสดุปูนที่มีองค์ประกอบหลักเป็นพวกแคลเซียมคาร์บอเนต มีปฏิกิริยาการทำงานจะเป็นไปอย่างช้าๆ อัตราการใช้ในการเตรียมบ่อจะขึ้นอยู่กับสภาพของความเป็นกรดของดิน โดยทั่วไปจะใช้ในอัตรา 100 - 200 กิโลกรัม/ ไร่ และอาจสูงถึง 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ถ้าดินเป็นกรดจัดมาก ส่วนในระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำอาจใช้เป็นระยะๆ เพื่อรักษาสภาพความเป็นด่างของน้ำโดยอาจจะใช้ครั้งละ 30 - 50 กิโลกรัม/ไร่ ทุกๆ 1 - 2 สัปดาห์ หรือทุกครั้งหลังจากการถ่ายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปูนขาว เป็นวัสดุปูนที่เกิดจากการนำหินปูนมาเผาที่ความร้อนสูงถึง 600 - 900 องศาเซลเซียสขึ้นไป เมื่อได้ที่แล้วก็จะมีการพรมน้ำลงไปตามส่วน ปูนที่ได้จะมีลักษณะเป็นผงละเอียด ปูนชนิดนี้จะมีอำนาจในการทำลายกรดสูงกว่าปูนมาร์ล และปูนโดโลไมท์ ปฏิกิริยาของปูนชนิดนี้จะค่อนข้างรุนแรง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชค่อนข้างเร็วและมีค่าสูง เกษตรกรนิยมใช้เพื่อปรับพีเอชของดินและน้ำในบ่อที่สร้างขึ้นในบริเวณที่ดินเป็นกรด อัตราการใช้ปูนขาวใช้ครั้งละประมาณ 30 - 50 กิโลกรัม/ไร่ แต่ถ้าค่าพีเอชในบ่อต่ำมากก็อาจใช้ปูนขาวในปริมาณ 100 - 200 กิโลกรัม/ไร่ได้

3. ปูนเปลือกหอยหรือปูนเผาได้จากการนำหินปูนหรือเปลือกหอย (สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต) มาเผาที่ความร้อนสูงแล้วปล่อยให้เย็นลงปูนที่ได้จะเป็นผงละเอียดสีขาว วัสดุปูนกลุ่มนี้จะเกิดปฏิกิริยารุนแรงและทำลายกรดได้สูงที่สุด ปูนชนิดนี้จะเกิดความร้อนสูงในระหว่างการใช้ทำให้คุณภาพน้ำโดยเฉพาะค่าพีเอชจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วอัตราการใช้ไม่ควรจะสูงกว่า 30 กิโลกรัม/ไร่

4. ปูนโดโลไมท์ เป็นสารประกอบปูนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เมื่อสลายตัวจะให้สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต การทำปฏิกิริยาของปูนชนิดนี้จะเกิดอย่างช้า ๆ และจะให้แมกนีเซียมเพิ่มขึ้นมา ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากกับพวกแพลงค์ตอนพืชในน้ำ จึงนิยมใช้ใส่ในบ่อเพื่อเร่งให้แพลงค์ตอนเจริญเร็วขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดไม่รุนแรง การใช้ปูนชนิดนี้จึงไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชอย่างรวดเร็ว อัตราการใช้ปูนชนิดนี้เพื่อเพิ่มการเจริญของแพลงค์ตอนควรใช้ในปริมาณ 20 - 30 กิโลกรัม/ไร่ ต่อครั้ง

4.2 การควบคุมการให้อาหารในระหว่างการเลี้ยง ปัญหาที่เกิดจากแพลงก์ตอนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลส่วนใหญ่มาจากการเจริญเติบโต และมีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนมากในระหว่างการเลี้ยง ซึ่งเกิดจากอาหารที่เหลือ และการขับถ่ายของกุ้งเป็นส่วนใหญ่ เมื่อแพลงก์ตอนบางส่วนตาย ก็จะเกิดการสะสมของของเสียภายในบ่อเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเกษตรกรควรควบคุมการให้อาหารตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากอาหารที่ให้เป็นแหล่งของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่มากเพียงพอต่อการเจริญเติบโต และการบลูมของแพลงก์ตอนภายในบ่อ และควรมีการจัดการของเสียภายในบ่อ โดยการใช้เครื่องดูดเลน หรือใช้ท่อระบายของเสียกลางบ่อ (central drain) (พรเทพ, 2538) และควรกำหนดตำแหน่งเครื่องให้อากาศในบ่อให้เหมาะสม ให้เกิดการหมุนเวียนน้ำไปใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิศทางเดียวกัน และพัดแรงพอที่จะรวมเอาตะกอนของเสียไปรวมที่บริเวณกลางบ่อ นอกจากจะสามารถกำจัดของเสียภายในบ่อได้ดีแล้ว ยังทำให้บริเวณแนวให้อาหารสะอาดอีกด้วย (ชลอและพรเลิศ, 2547)

4.3 การเปลี่ยนถ่ายน้ำ เป็นการจัดการป้องกันไม่ให้แพลงก์ตอนมีความหนาแน่นมากจนเกิดการตายอย่างรวดเร็ว (พรเทพ, 2538) การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเป็นการชะล้างซากแพลงก์ตอน ตะกอนแขวนลอย และช่วยลดของเสียในน้ำที่เกิดจากการให้อาหาร และการขับถ่ายภายในบ่อเลี้ยง (Jaw-Kai, 1990) ส่วนใหญ่การเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนาจะไม่ค่อยเปลี่ยนถ่ายน้ำ เนื่องจากป้องกันการเกิดโรคหัวเหลือง (Yellow head virus : YHV) หรือโรคตัวแดงดวงขาว (White Spot Syndrome virus : WSSV) และหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำมักจะเกิดสีน้ำส้ม เกิดการเปลี่ยนแปลงที่พื้นบ่อ ซึ่งจะกระตุ้นทำให้เกิดโรคแบคทีเรียตามมา (Funge-Smith and Briggs, 1998) Chanratchakool *et al*. (1993) กล่าวว่า การประเมินความเหมาะสมต่อการเปลี่ยนถ่ายน้ำ สามารถประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในรอบวันที่มากกว่า 0.5 ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อมีค่ามากกว่า 80 เซนติเมตร หรือน้อยกว่า 30 เซนติเมตร น้ำในบ่อมีสีดำ สารอนินทรีย์แขวนลอยในน้ำเพิ่มมากขึ้น และเกิดฟองจำนวนมากที่ผิวหน้าน้ำ น้ำที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำควรพักในบ่อพักน้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมง มีพีเอชของน้ำอยู่ระหว่าง 7.8-8.2 มีความเค็มใกล้เคียงกับบ่อเลี้ยง และมีปริมาณของสารอินทรีย์น้อย การเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่ละวันไม่ควรเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ แต่การเปลี่ยนถ่ายน้ำเหมาะสำหรับการเติมเข้ามาในบ่อ แต่ถ้าต้องการเติมน้ำมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ควรคลุกเคล้ามวลน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำกับมวลน้ำให้เข้ากันทั้งบ่อ หรือเติมเข้าทีละน้อยเพื่อลดความเครียดของกุ้ง

4.4 การใช้สารเคมีในการควบคุมแพลงก์ตอนภายในบ่อ ช่วงที่มีการบลูมของแพลงก์ตอนภายในบ่อ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และพีเอชในรอบวันมากกว่า 0.5 การควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนอาจจะใช้ฟอร์มาลีนในอัตรา 25-40 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่ ระดับน้ำลึก 1 เมตร สาดบริเวณท้ายลม การใช้ฟอร์มาลีนทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง ดังนั้นควรใช้ในช่วงเวลากลางวัน หรือเปิดเครื่องตีน้ำเต็มที่ หลังจากใช้ฟอร์มาลีนไปแล้ว 4-6 ชั่วโมงจึงเปลี่ยนถ่ายน้ำ สำหรับสีน้ำที่มีความเข้มมากสามารถใช้บีเคซี (Benzalkoniumchloride : BKC) ในอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำ 1 ไร่ ความลึกน้ำ 1 เมตร (ชลอ, 2535)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ฟาร์มที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำในจังหวัดราชบุรี และฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีรายละเอียดในแต่ละฟาร์มดังต่อไปนี้

1.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

ฟาร์มตั้งอยู่ที่อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี มีพื้นที่ 198 ไร่ ประกอบด้วย พื้นที่บ่อพักน้ำประมาณ 50 ไร่ พื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งประมาณ 84 ไร่ แบ่งเป็น 15 บ่อ (ภาพที่ 6) น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเป็นน้ำที่มีความเค็มต่ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 7-15 psu ระบบการเลี้ยงจะเป็นการเลี้ยงระบบปิดน้ำหมุนเวียน น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะถูกบำบัดก่อนนำกลับมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรอบการเลี้ยง บ่อที่ทำการทดลองมีขนาดประมาณ 5 ไร่ มีความลึกประมาณ 1.5 เมตร จำนวน 6 บ่อ ใช้เป็นตัวแทนของบ่อที่มีปัญหาในเรื่องของตะกอนแขวนลอยในน้ำมาก ทั้ง 6 บ่อมีการจัดการที่เหมือนกันตลอดระยะเวลาการศึกษา

การเตรียมบ่อเริ่มจากการนำดินเลนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรอบการเลี้ยงที่ผ่านมาและตากบ่อให้แห้งเป็นเวลา 3 สัปดาห์ และปรับสภาพพื้นบ่อให้แน่น(ภาพที่ 7A-C) สูบน้ำจากบ่อพักน้ำมีความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 5-10 psu เข้าสู่บ่อเลี้ยงโดยผ่านถุงกรองไนลอนเพื่อป้องกันสัตว์น้ำต่าง ๆ เข้าไปในบ่อจนมีระดับน้ำสูงประมาณ 1.20 เมตร(ภาพที่ 7D) ใส่สารเคมีเพื่อกำจัดพาหะ ใส่ปูนขาว และโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) เพื่อปรับพีเอชของน้ำให้เหมาะสม เปิดเครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าบ่อละ 8 เครื่อง แต่ละเครื่องมี 1 แขน แต่ละแขนมีใบพัดตีน้ำ 14 วง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนปล่อยลูกกุ้ง (ภาพที่ 7E) ในระหว่างการเลี้ยงจะมีการเติมน้ำจากบ่อพักน้ำเข้ามาทดแทนส่วนที่ระเหยหรือซึมออกไป และเริ่มเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อมีคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยง โดยเริ่มเปลี่ยนถ่ายน้ำภายหลังกุ้งขาวมีอายุประมาณ 60 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 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) และปรับระดับความเค็มจากโรงเพาะฟักที่ 10 psu เมื่อลูกกุ้งลำเลียงมาถึงฟาร์มในเวลาประมาณ 16.00 น. แล้วจึงนำลูกกุ้งที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกลงในบ่อเพื่อปรับอุณหภูมิเป็นเวลา 20 นาที ก่อนปล่อยลูกกุ้งลงไปในบ่อเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 100,000 ตัวต่อไร่ (62.5 ตัวต่อตารางเมตร) (ภาพที่ 7E) การให้อาหารจะใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมที่มีปริมาณโปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และใยอาหาร (fiber) 4 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารวันละ 4 ครั้ง คือ 7.00, 11.00, 16.00 และ 22.00 น. ตามวิธีของชลอและพรเลิศ (2547) (ภาพที่ 7F)

1.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

ฟาร์มตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ทั้งหมด 300 ไร่ ประกอบด้วยพื้นที่บ่อพักน้ำใหญ่ 20 ไร่ และบ่อพักน้ำขนาด 15 ไร่ จำนวน 2 บ่อ พื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งประมาณ 78 ไร่ แบ่งเป็น18 บ่อ แต่ละบ่อมีขนาดประมาณ 4 ไร่ครึ่ง ถึง 5 ไร่โดยประมาณ บ่อลึก 2.5 เมตร (ภาพที่ 8) น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเป็นน้ำที่มีความเค็มปกติ มีความเค็มอยู่ระหว่าง 30-35 psu โดยสูบน้ำจากทะเลเข้ามาพักในบ่อพักน้ำประมาณ 1 เดือนก่อนเปิดประตูน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยง น้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และน้ำที่ระบายออกระหว่างการจับจะสูบกลับไปบำบัดยังบ่อพักน้ำเพื่อใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรอบต่อไป ในพื้นที่นี้จะพบปัญหาการเปลี่ยนของสีน้ำระหว่างการเลี้ยง บ่อทดลองทั้ง 6 บ่อจะแบ่งเป็นบ่อที่มีสีน้ำคงที่ 3 บ่อ และบ่อที่มีสีน้ำล้ม ในระหว่างการเลี้ยง จำนวน 3 บ่อ โดยเลือกจากรอบการเลี้ยงที่ผ่านมา ปริมาณแพลงก์ตอน คุณภาพดิน คุณภาพน้ำ รวมทั้งการเจริญเติบโต และผลผลิตนำมาเปรียบเทียบกันในระหว่าง 2 กลุ่ม

การเตรียมบ่อจะเริ่มจากนำดินเลนจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมาออก (ภาพที่ 9A-B) จากนั้นตากบ่อเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนไถพรวนเพื่อเปิดหน้าดิน (ภาพที่ 9C) และตากบ่อให้แห้งสนิทอีกครั้งใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ (ภาพที่ 9D) หลังจากนำน้ำจากบ่อพักน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยงจนมีความสูงของน้ำประมาณ 2-2.5 เมตร (ภาพที่ 9E) เติมปูนขาวเพื่อปรับพีเอชของน้ำให้เหมาะสม เติมปุ๋ย เพื่อสร้างอาหารธรรมชาติ เปิดเครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ความเร็วรอบ 120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

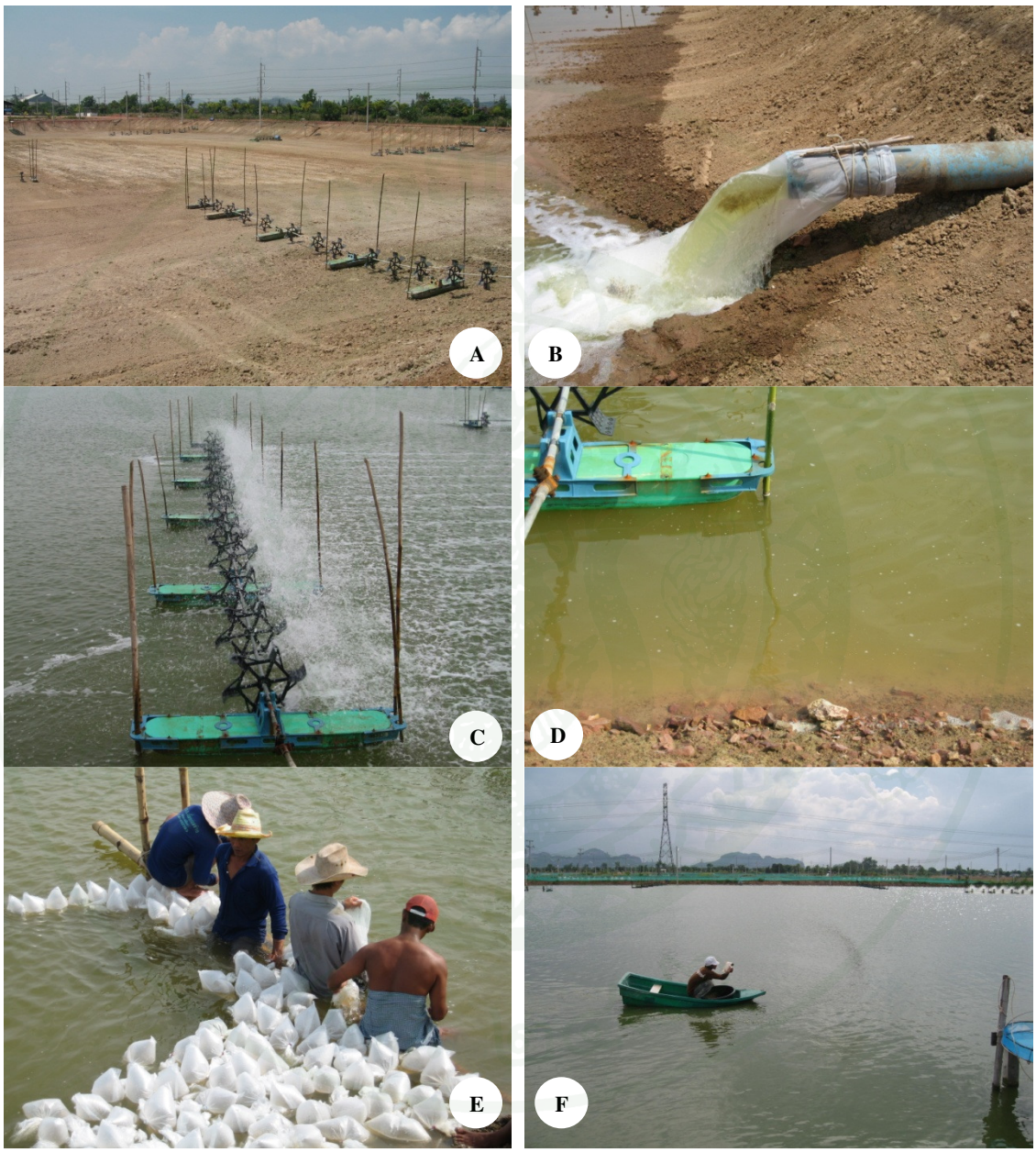
รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าบ่อละ 8 เครื่อง แต่ละเครื่องมี 1 แขน แต่ละแขนมีใบพัดตีน้ำ 14 วง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในระหว่างการเลี้ยงมีการเติมน้ำจากบ่อพักน้ำเข้ามาทดแทนส่วนที่ระเหยหรือซึมออกไป และเริ่มเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อมีคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยง โดยจะเริ่มเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมเริ่มมีอายุ 60 วัน

ภาพที่ 6 บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม นครพงษ์ฟาร์ม อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี

ปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (พี12) ที่ผ่านการตรวจด้วยเทคนิคพีซีอาร์ ว่าปลอดเชื้อไวรัสดวงขาว ไวรัสหัวเหลือง ไวรัสทอร่า และไวรัสตัวพิการ เมื่อลูกกุ้งมาถึงฟาร์ม นำลูกกุ้งที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกใส่ลงในถังไฟเบอร์กลาสซึ่งภายในบรรจุน้ำในบ่อเลี้ยงปริมาตรประมาณ 400 ลิตร พร้อมทั้งเปิดเครื่องให้อากาศตลอดเวลา เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำในบ่อและในถุงที่บรรจุลูกกุ้งให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันประมาณ 20 นาที หลังจากนั้นปล่อยลูกกุ้งผ่านทางสายยางที่ต่ออยู่กับถังไฟเบอร์กลาสลงสู่บ่อเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 200,000 ตัวต่อไร่ (125 ตัวต่อตารางเมตร) (ภาพที่ 9F) ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมที่มีปริมาณโปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และใยอาหาร (fiber) 4 เปอร์เซ็นต์ ให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารวันละ 4 ครั้ง คือ 7.00, 11.00, 16.00 และ 22.00 น. โดยใช้เรือในการหว่านอาหาร ตามวิธีของชลอและพรเลิศ (2547)



ภาพที่ 7 การเตรียมบ่อและเตรียมน้ำ การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมและการให้อาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาคุณภาพดิน คุณภาพน้ำ และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำและความเค็มปกติ

2.1.1 เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนโดยใช้ถังพลาสติก ตักน้ำที่สะพานเช็คยอ ในระดับลึกจากผิวหน้าน้ำ 30 เซนติเมตร จำนวน 10 ลิตร ทุก 7-10 วัน ตั้งแต่เตรียมบ่อจนกระทั่งจับกุ้ง ตัวอย่างน้ำจะกรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนที่มีขนาดตา 20 ไมโครเมตร ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างให้แพลงก์ตอนที่ติดตามถุงแพลงก์ตอนลงสู่กระบอกเก็บตัวอย่าง ก่อนถ่ายตัวอย่างน้ำลงในขวดขนาด 135 มิลลิลิตร บรรจุด้วยสารละลายฟอร์มาลีน 4 เปอร์เซ็นต์ และระบุวัน-เดือน-ปี และตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างกลับไปวิเคราะห์ชนิด และปริมาณที่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.2 วิเคราะห์กลุ่มและชนิดแพลงก์ตอนตามวิธีของลัดดา (2543, 2544) มาลินี และชิดชัย (2548) และ Yamagishi (1992) การจัดลำดับอนุกรมวิธานแพลงก์ตอนพืชจัดตามระบบ Blod and Wynne (1987) การจัดกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์จัดตาม ลัดดา (2543) ปริมาณแพลงก์ตอนประเมินตามวิธีของ ลัดดา และโสภณา (2546) โดยหน่วยนับเป็นหน่วยต่อมิลลิลิตร คือ นับเซลล์ของชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว และนับเป็นโคโลนีหรือสายของชนิดที่เป็นโคโลนี หรือสายคละกันไป (1 เซลล์ = 1 หน่วย และ 1 โคโลนี/สาย = 1 หน่วย) ดังสูตร

$$\text{ปริมาณแพลงก์ตอนต่อลิตร}^{-1} = \frac{A \times B}{C}$$

A = ปริมาตรน้ำที่อยู่ในขวดตัวอย่าง A (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณแพลงก์ตอนที่นับได้ (unit cell/l)

C = ปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน (ลิตร)

2.1.3 ผลจากการศึกษาในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำจะรายงานชนิด แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมของทั้งพื้นที่ ผลที่ได้จากฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ จะเปรียบเทียบชนิด ปริมาณแพลงก์ตอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

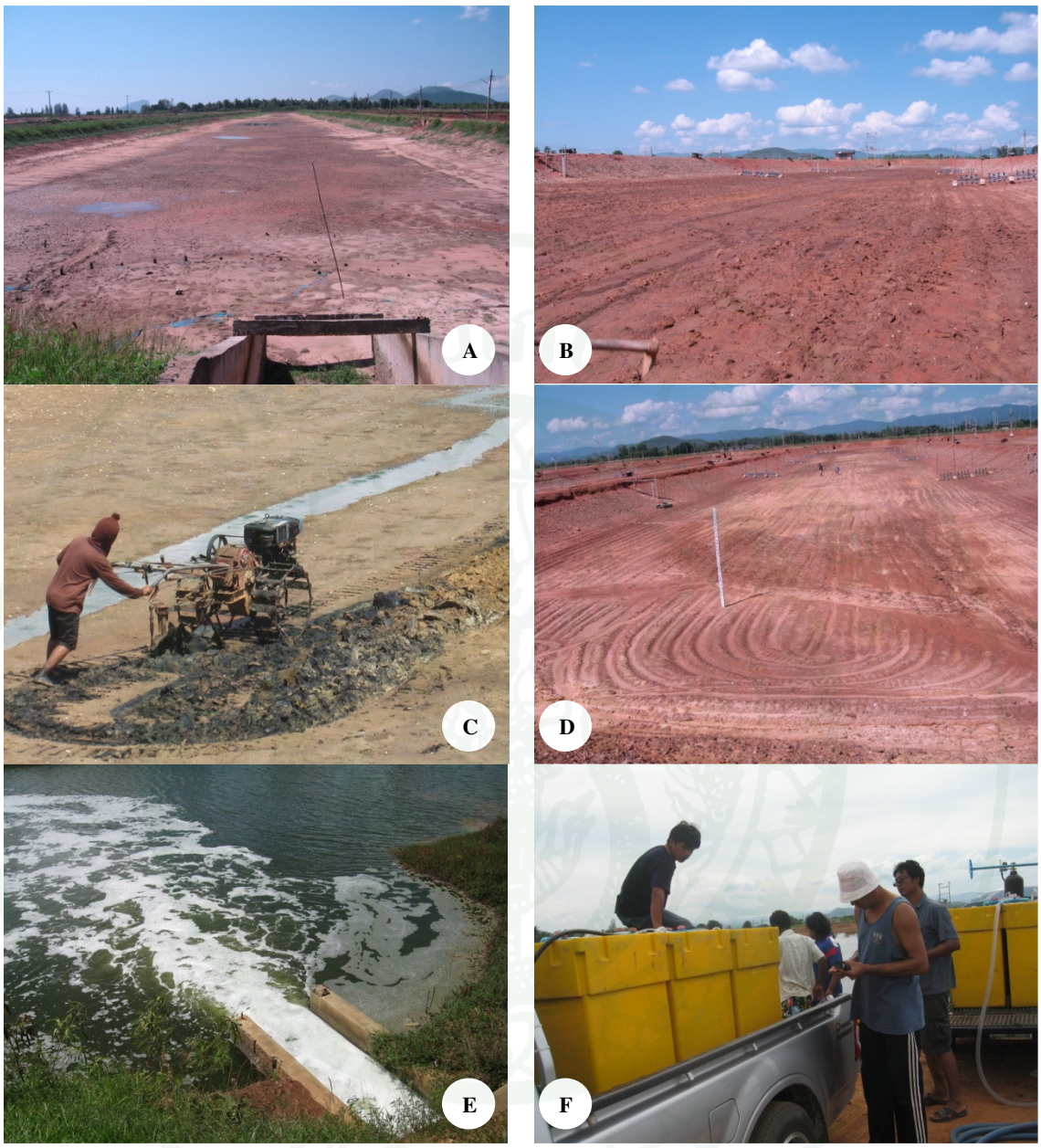
ระหว่างบ่อที่มีสีน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมาก และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Independent-sample T-Test

ภาพที่ 8 ทวีพงษ์ฟาร์ม อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2.2 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนทุก ๆ 3 ชั่วโมง เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 30, 60 และ 90 วัน โดยประมาณ โดยการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน วิเคราะห์ชนิดและคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนเช่นเดียวกับหัวข้อ 2.1 ผลที่ได้จากทั้งสองพื้นที่นำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 การเตรียมบ่อและเตรียมน้ำ การปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมและการให้อาหาร

2.3 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มที่กุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

การศึกษาชนิดและประมาณแพลงก์ตอนเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 60, 90 และ 120 วัน โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำทั้งบ่อพักน้ำและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บ่อเลี้ยง เมื่อการเปลี่ยนถ่ายน้ำเสร็จสิ้นจึงเริ่มเก็บตัวอย่างในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในชั่วโมงแรก ชั่วโมงที่ 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 และ 48 การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน วิเคราะห์ชนิด และคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนเช่นเดียวกับหัวข้อ 2.1 ผลที่ได้นำปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในทั้งสองฟาร์ม

2.4 การศึกษาคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่มีความเค็มต่ำและความเค็มปกติ

การศึกษาคุณภาพน้ำดำเนินการตั้งแต่เตรียมน้ำก่อนการเลี้ยงจนกระทั่งจับกุ้ง รวมทั้งในช่วงที่มีการศึกษาแพลงก์ตอนในรอบวัน และช่วงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยสังเกตและประเมินสีของน้ำด้วยสายตา บันทึกภาพสีน้ำด้วยกล้องถ่ายรูปเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบ วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พีเอชน้ำ และวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M วัดความโปร่งแสงของน้ำโดยใช้ Secchi disk วัดความเค็มโดยเครื่อง Salinometer บริเวณสะพานเช็คยอ และใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 มิลลิลิตร (ภาพที่ 7A-B) แช่ตัวอย่างน้ำลงในถังน้ำแข็งก่อนนำกลับไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธีของ APHA et al. (1995) ได้แก่

1. ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypochloride
2. ไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี Colorimetric Method
3. ไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี Cadmium Reduction
4. ฟอสเฟต (Total Phosphate) ใช้วิธี Ascorbic Acid Method
5. ความกระด้างรวม (Total hardness) ใช้วิธี Tritation Method
7. ความเป็นด่างรวม (Total alkalinity) ใช้วิธี Tritation Method
8. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ วิเคราะห์โดยกรองน้ำปริมาณ 30 มิลลิลิตรผ่านชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วกรองน้ำที่มีกระดาษ GF/F บรรจุอยู่ ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองและเก็บไว้ในหลอดตัวอย่างที่บรรจุด้วยอะซิโตนความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และนำมาผ่านเครื่องอุลตร้าโซนิคเป็นเวลา 10 นาที ทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที ดูดน้ำที่อยู่ส่วนบนออกใส่ลงในคิวเวท ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ปริมาตร 3 มิลลิลิตร วัดสารละลายที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1.2 N ลงไป 0.1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ และทำการวัดอีกครั้ง นำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{Chlorophyll a } (mg/m^3) = \frac{26.7(665o-665a)\ v}{VxL}$$

665o = ค่าที่วัดได้ก่อนทำการเติมกรด 665a = ค่าที่วัดได้หลังจากเติมกรด

v = ปริมาณอะซิโตน (ml) V = ปริมาณน้ำที่กรอง (liters)

L = ความสูงของคิวเวทแก้ว (cm)

9. ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Total Suspended Solids : Tss) จะใช้กระดาษกรอง GF/C (Whatman, 45 mm) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนจะนำกระดาษกรองกรองน้ำตัวอย่างปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำตัวอย่างกระดาษกรองที่มีสารแขวนลอยกลับไปเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงอีกครั้ง หลังจากนั้นชั่งกระดาษกรองเพื่อหาน้ำหนักแห้งของสารแขวนลอยที่กรองได้และนำมาคำนวณหาปริมาณสารแขวนลอยในหน่วยของมิลลิกรัมต่อลิตร ดังสูตร

$$\text{Total Suspended Solids} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็ง} - \text{น้ำหนักกระดาษกรอง} \times 10^6}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

ผลการศึกษาในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำจะรายงานคุณภาพน้ำ และแนวโน้มของคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง คุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในรอบวัน และในช่วงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในพื้นที่โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Correlation ตามวิธีของ Pearson สำหรับการวิเคราะห์ผลในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ จะเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Independent-sample T-Test รวมทั้งวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในพื้นที่โดยใช้ Correlation ตามวิธีของ Pearson คุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในรอบวัน และช่วงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะรายงานผลในภาพรวมของทั้งฟาร์ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 การศึกษาคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

2.5.1 เก็บตัวอย่างดินบริเวณแนวหว่านอาหาร เดือนละ 1 ครั้ง 1 จุด ตั้งแต่เตรียมบ่อจนกระทั่งจับ เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน เก็บตัวอย่างดินในถุงเก็บตัวอย่างที่เขียนวัน เดือน ปีและตำแหน่งที่เก็บ นำกลับมาวิเคราะห์ผลที่ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ภาพที่ 10 C)

2.5.2 นำตัวอย่างดินที่ได้ผสมให้เข้ากัน และตากให้แห้งสนิท หลังจากนั้นตำให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาดตา 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าพีเอชในดิน ปริมาณสารอินทรีย์รวมด้วยวิธี wet oxidation (Allison, 1965) ปริมาณไนโตรเจนรวมด้วยวิธี semi-micro Kjeldahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) และวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสรวมโดยใช้ $HClO_4$ และวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer (Olsen and Sommer,1982)

ผลการศึกษาคุณภาพดินในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำจะรายงานคุณภาพดิน และแนวโน้มของคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอน คุณภาพดินและคุณภาพน้ำโดยใช้ Correlation ตามวิธีของ Pearson สำหรับการวิเคราะห์ผลในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติจะเปรียบเทียบคุณภาพดินระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Independent-sample T-Test รวมทั้งวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอน คุณภาพดินและคุณภาพน้ำโดยใช้ Correlation ตามวิธีของ Pearson

2.6 การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำและความเค็มปกติ

สุ่มตัวอย่างกุ้งเพื่อชั่งวัดน้ำหนักเมื่อกุ้งมีอายุ 60, 90, 120 วันโดยประมาณ เพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตตลอดระยะเวลาการเลี้ยง หลังจากจับกุ้งนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตาย อัตราแลกเนื้อ ผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ (ภาพที่ 10 D-F)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไม อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราแลกเนื้อ ผลผลิตในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำจะรายงานในภาพรวมของพื้นที่ สำหรับฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จะเปรียบเทียบน้ำหนักกุ้งขาวแวนนาไม อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราแลกเนื้อ ผลผลิตระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก

3. **ระยะเวลาทำการศึกษา**

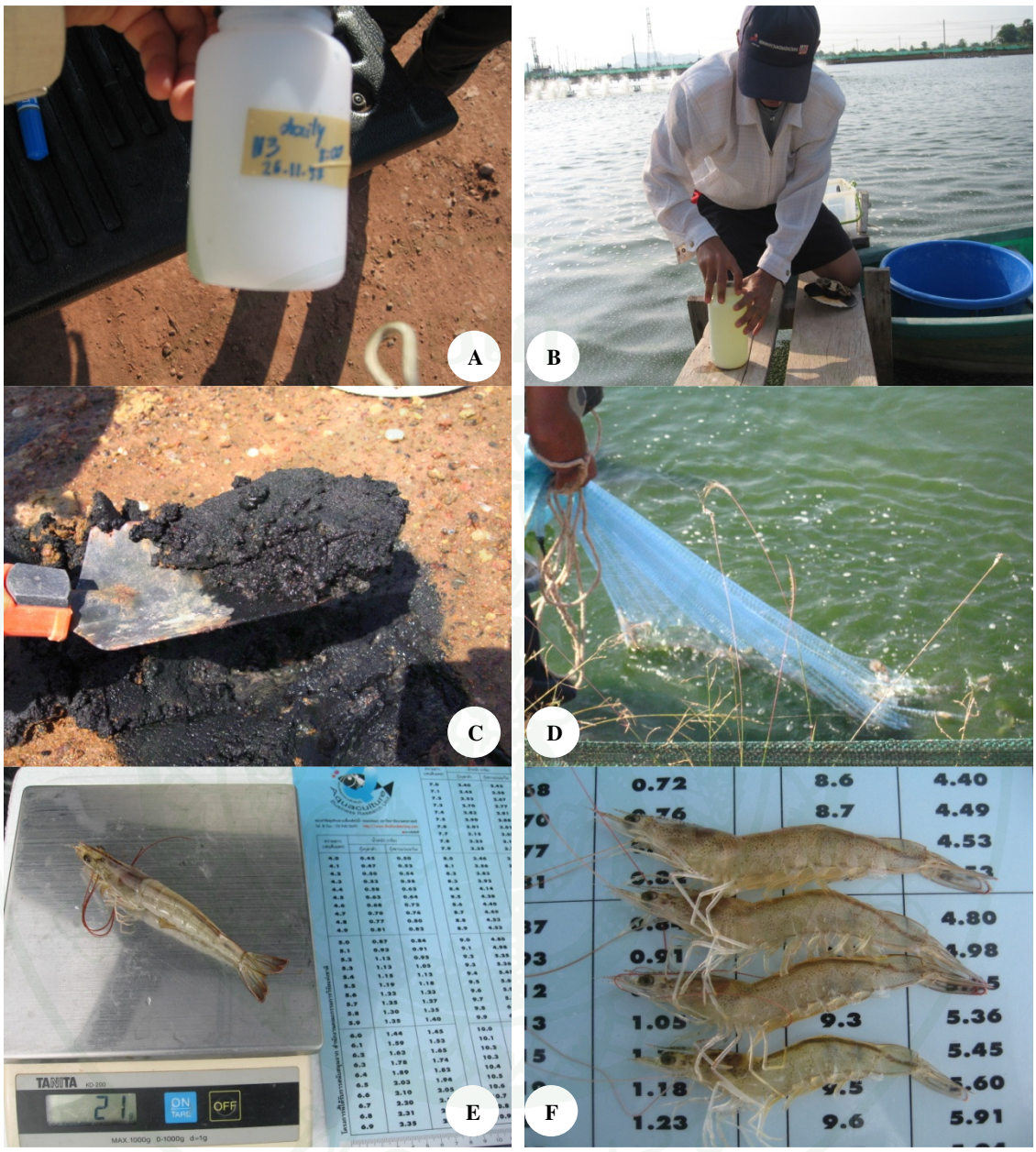
การศึกษาผลของธาตุอาหาร คุณภาพดิน และคุณภาพน้ำต่อองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบพัฒนาในแต่ละพื้นที่ มีระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1. ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ แบ่งออกเป็น 2 รอบการเลี้ยง คือ
   รอบการเลี้ยงที่ 1 : เดือนพฤษภาคม- สิงหาคม 2551
   รอบการเลี้ยงที่ 2 : เดือนสิงหาคม 2552 - เดือนมกราคม 2553
2. ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ แบ่งออกเป็น 2 รอบการเลี้ยง คือ
   รอบการเลี้ยงที่ 1 : เดือนมีนาคม - เดือนกรกฎาคม 2551
   รอบการเลี้ยงที่ 2 : เดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม 2552

4. **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง นอกจากจะนำมาใช้เป็นคู่มือ และเกณฑ์ในการควบคุมชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในพื้นที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำและความเค็มปกติแล้ว เกษตรกรยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการคุณภาพน้ำคุณภาพดินให้เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มศักยภาพในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยได้อย่างยั่งยืนตลอดไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ A: ขวดเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน; B: การเก็บตัวอย่างน้ำจากสะพานเช็คยอ; C: การเก็บตัวอย่างดิน; D: การสุ่มกุ้ง; E-F: ชั่งน้ำหนัก วัดความยาวกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์ผล

1. ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

1.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ

ชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ในช่วงเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่แตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ 1) โดยพบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta และแพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda (ตารางผนวกที่ 2) แพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบในช่วงเตรียมบ่อทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่มีแพลงก์ตอนกลุ่มใดเป็นกลุ่มเด่น หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง พบว่าชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่มีความแตกต่างกัน โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria, Merismopedia , Trachelomonas Nitzschia, Pleurosigma/Gyrosigma* แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบเป็นกลุ่มเด่น ได้แก่ *Tintinopsis, Brachionus*, copepod และ nauplii copepod (ภาพผนวกที่ 1)

ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในช่วงเตรียมบ่อทั้งสองรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.4±0.6 ถึง 9.5±2.5×10^3 unit cell/l แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบ ได้แก่ สกุล *Merismopedia Chroococcus, Chlorella* และไดโนแฟลกเจลเลต สำหรับปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 138-200 unit cell/l ส่วนใหญ่พบเป็น nauplii copepod และ *Brachionus* เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในช่วงเตรียมบ่อทั้ง 6 บ่อ พบว่าในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีปริมาณแพลงก์ตอนมากกว่าในรอบการเลี้ยงแรก และพบการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนสกุล *Merismopedia* ในบ่อที่ 6 มีความหนาแน่น 2.0×10^4 unit cell/l (ภาพที่ 11A)

หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม พบแพลงก์ตอนพืช สกุล *Merismopedia, Oscillatoria, Trachelomonas* และไดอะตอมเป็นกลุ่มเด่น แพลงก์ตอนสัตว์พบสกุล *Tintinopsis* และ *Brachionus* เป็นกลุ่มเด่น ปริมาณแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงที่สองจะมีค่ามากกว่าในรอบการเลี้ยงแรกในทุกบ่อ (ภาพที่ 11B) ปริมาณแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงแรกมีค่าอยู่ระหว่าง 4.23- 8.9 ×10^5 unit cell/l

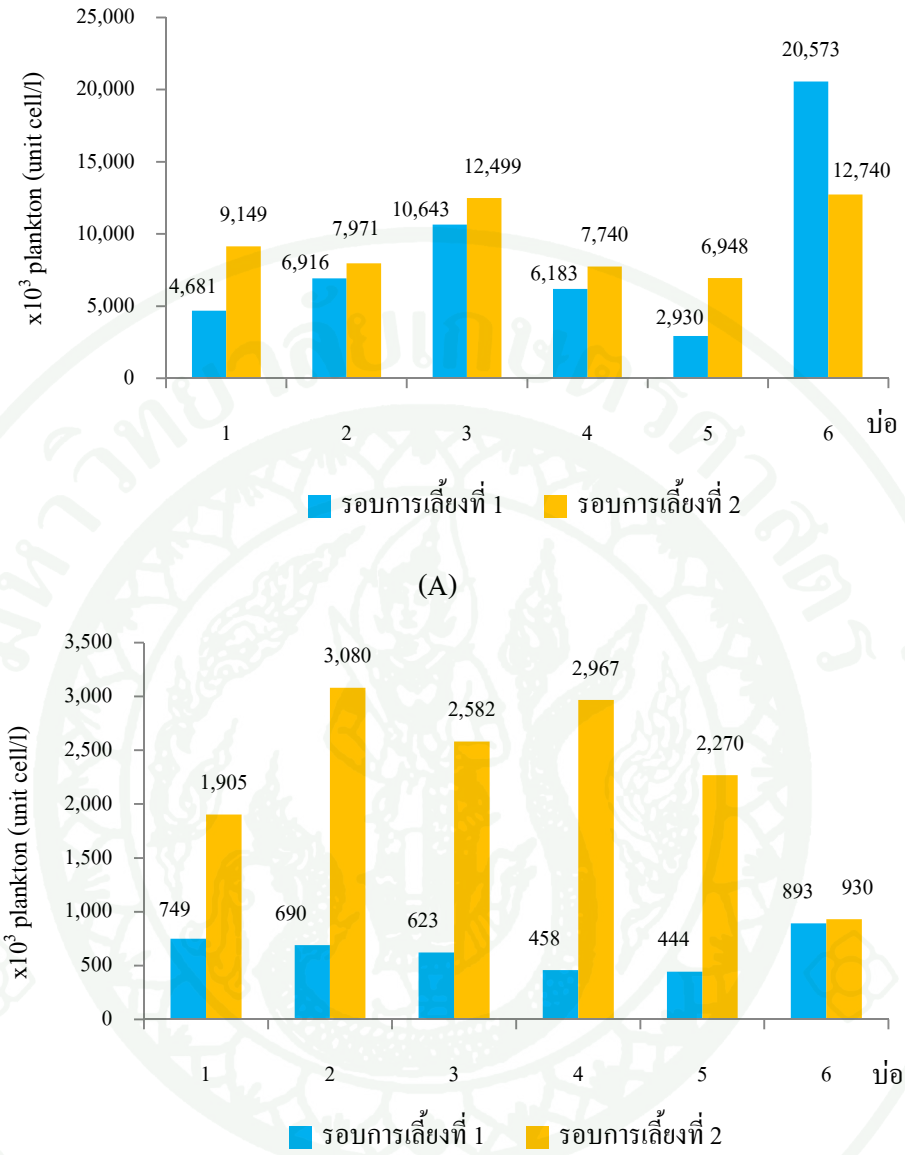
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนพืชมีสัดส่วนมากถึง 89 - 94 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพียง 0.5-2 เปอร์เซ็นต์ รอบการเลี้ยงที่ 2 ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวม 9.3×10^{5}- 3.0×10^{6} unit cell/l แพลงก์ตอนพืชมีสัดส่วน 85.7- 98.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วน 1.2-14.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นมากกว่า 10^{6} unit cell/l

แนวโน้มปริมาณแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้นในช่วง 30 วันแรกของการเลี้ยง (ภาพที่ 12) แพลงก์ตอนส่วนใหญ่ที่พบเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia, Oscillatoria* และ *Trachelomonas* มีสัดส่วนมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงที่กุ้งมีอายุประมาณ 60-70 วันโดยประมาณ แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบ คือ แพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia* และ *Oscillatoria* มีสัดส่วนมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนรวมเฉลี่ยของพื้นที่ระหว่างสองรอบการเลี้ยง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยตลอดระยะการเลี้ยงในรอบการเลี้ยงที่ 2 (2.2×10^{6} unit cell/l) มีความหนาแน่นสูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1 (6.2×10^{5}unit cell/l) (ภาพที่ 13)

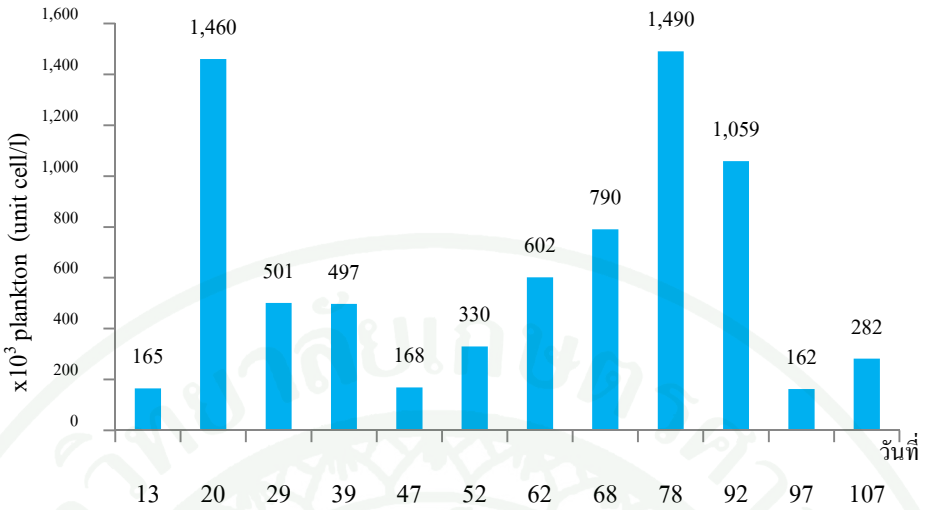
จากการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่า ชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะพบ *Merismopedia* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่น มีความหนาแน่นสูงมาก 10^{4}-10^{6} unit cell/l ตั้งแต่ช่วง 30 วันหลังจากปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไม สำหรับแพลงก์ตอนพืชสกุล *Trachelomonas, Pleurosigma/Gyrosigma* และ *Nitzschia* เป็นกลุ่มที่พบตลอดระยะเวลาการเลี้ยง มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 10^{4} unit cell/l แต่มีปริมาณไม่มากพอที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอน นอกจากนี้ปริมาณแพลงก์ตอนที่เพิ่มขึ้นในรอบการเลี้ยงที่ 2 เป็นเพราะระบบการเลี้ยงของฟาร์มเป็นระบบปิด และใช้น้ำหมุนเวียน จึงมีปริมาณสารอินทรีย์สะสมในระบบมากขึ้น (สุธี, 2549) น้ำที่ใช้เลี้ยงในรอบการเลี้ยงแรกที่ถูกหมุนเวียนมาในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีตะกอนแขวนลอย สารอินทรีย์ และธาตุอาหารคงเหลือในน้ำมาก ทำให้แพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะ *Merismopedia* และ *Oscillatoria* ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่มีโคโลนีเป็นชีทเมือกหุ้ม (ภาพที่ 14 A-B) เมื่อมีความหนาแน่นมาก แพลงก์ตอนพืชที่ตาย และยังไม่ตายบางส่วนจะถูกพัดมายังมุมบ่อ หรือบริเวณอับลม จับเป็นเมือก หรือฟองจำนวนมากลอยที่ผิวหน้าน้ำ (ภาพที่ 14 C-D) และแพลงก์ตอนส่วนใหญ่ภายในบ่อตาย สีน้ำเป็นสีน้ำตาลดำ หรือสีน้ำตาลขุ่น ร่วมกับการเกิดฟองที่ผิวหน้าน้ำ (ภาพที่ 14 E-F) สีน้ำระหว่างการเลี้ยงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเดียวกันตลอดการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

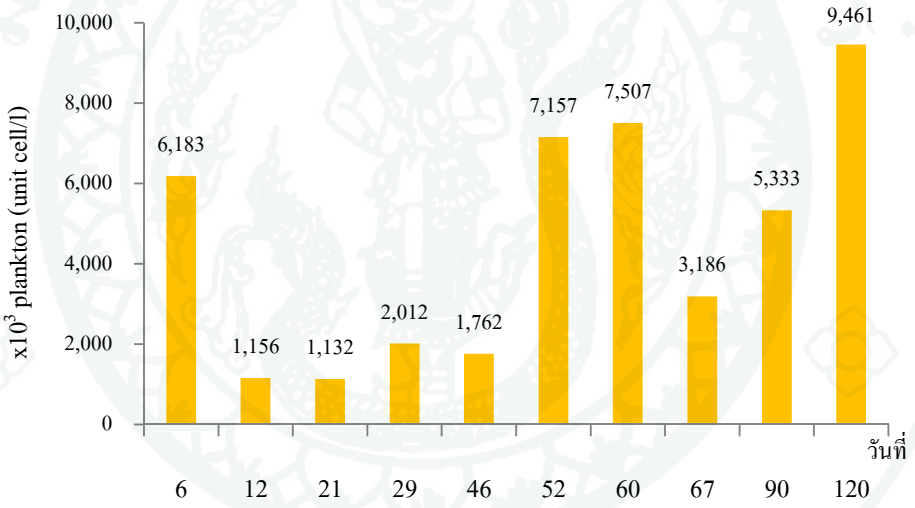


ภาพที่ 11 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำแต่ละบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดย A: ปริมาณแพลงก์ตอนในช่วงเตรียมบ่อ B: ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



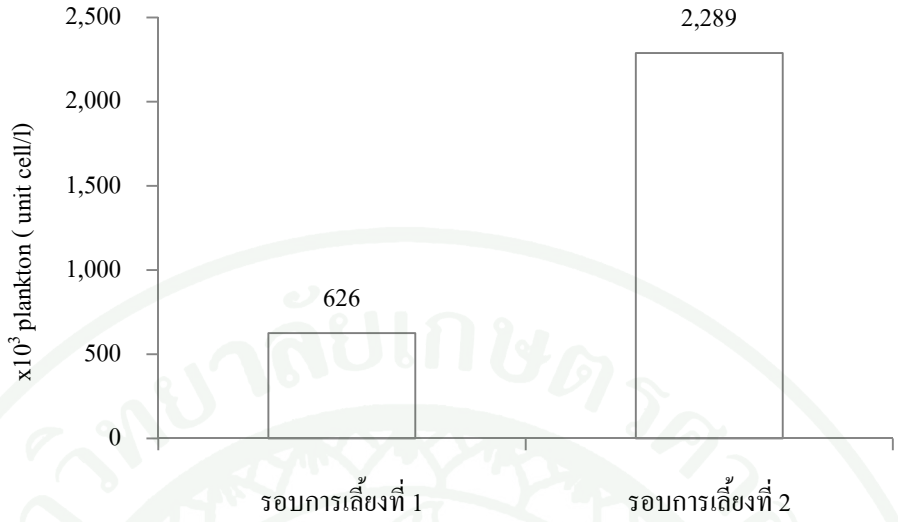
(A)



(B)

ภาพที่ 12 แนวโน้มแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ
A: รอบการเลี้ยงที่ 1 B: รอบการเลี้ยงที่ 2

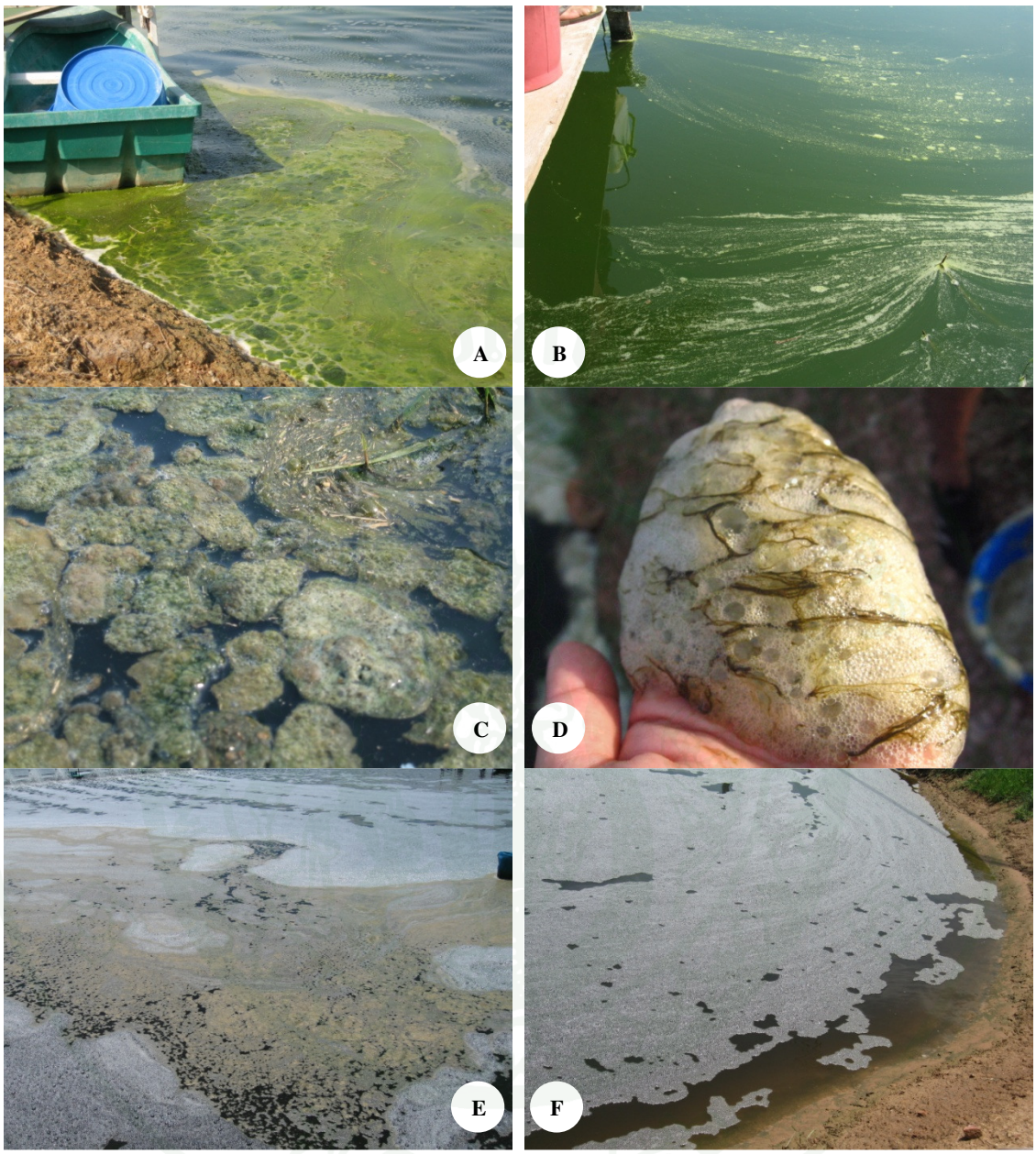
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในรอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2 ในบ่อที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

สีน้ำส่วนใหญ่เป็นสีเขียวใส หรือสีเขียวอมน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 15 A-B) เป็นสีน้ำที่พบในช่วงเตรียมบ่อ และจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวตอง (ภาพที่ 15 C) เป็นแพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia* และสีเขียวแก่ (ภาพที่ 15 D) เป็นแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* ในช่วงที่มีการตายของแพลงก์ตอน สีน้ำจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ เมื่อแพลงก์ตอนภายในบ่อตายอย่างรุนแรง (สีน้ำล้ม) (ภาพที่ 15 E-F)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



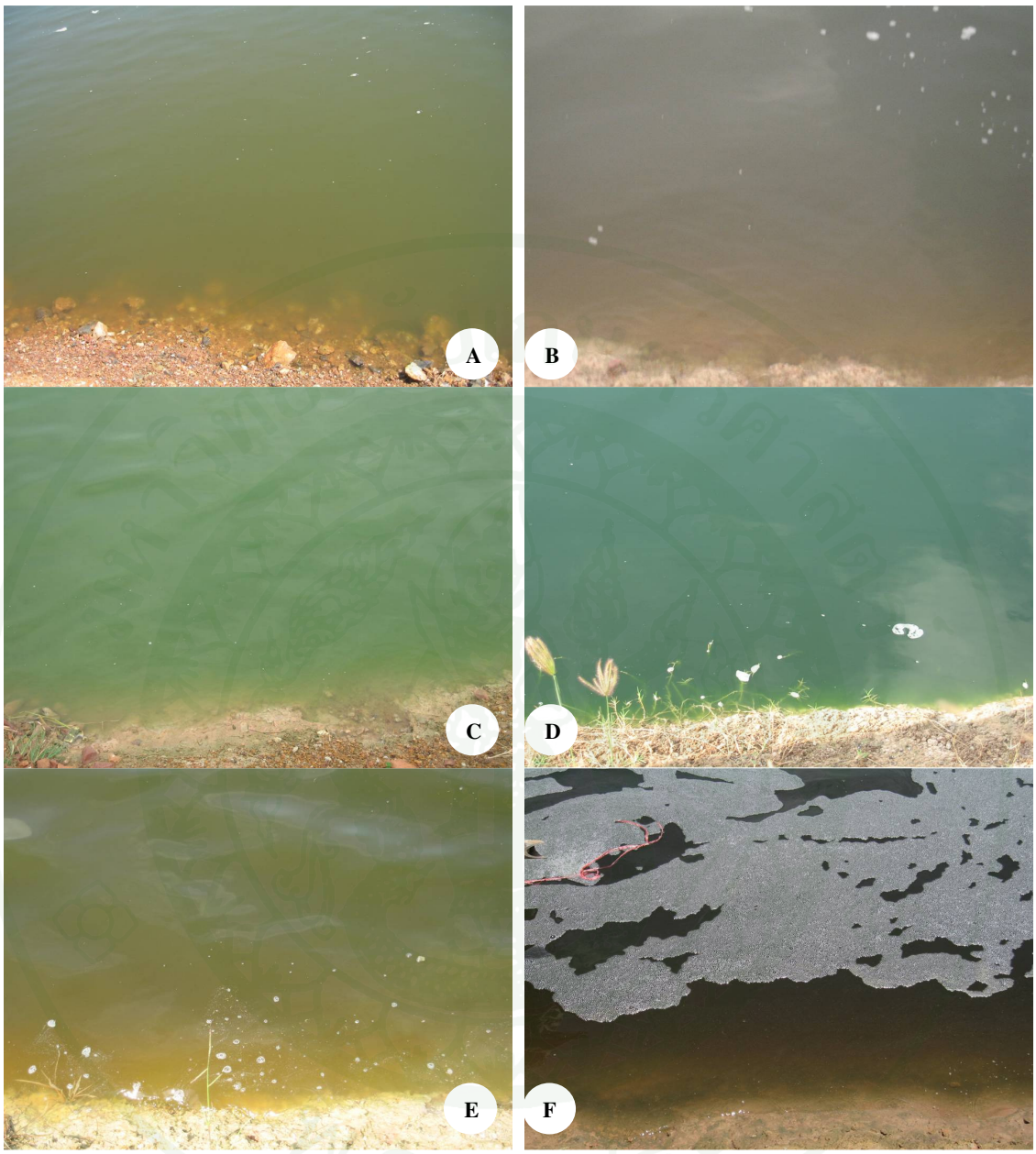
ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของสภาพบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อเกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอน และการตายของแพลงก์ตอนในระหว่างการเลี้ยง

A-B: การบลูมของแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Merismopedia* ร่วมกับ *Oscillatoria*

C-D: กลุ่มแพลงก์ตอนที่พัดมายังมุมบ่อ หรือบริเวณอับลม จับกลุ่มเป็นเมือก

E-F: การเปลี่ยนแปลงสีของสีน้ำเมื่อแพลงก์ตอนในบ่อตายลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 สีน้ำที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

A-B: สีน้ำสีเขียวอมน้ำตาล และสีน้ำขุ่น

C-D: สีน้ำสีเขียวอ่อน และสีเขียวเข้ม

E-F: สีน้ำสีน้ำตาลเหลือง และน้ำสีน้ำตาลดำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

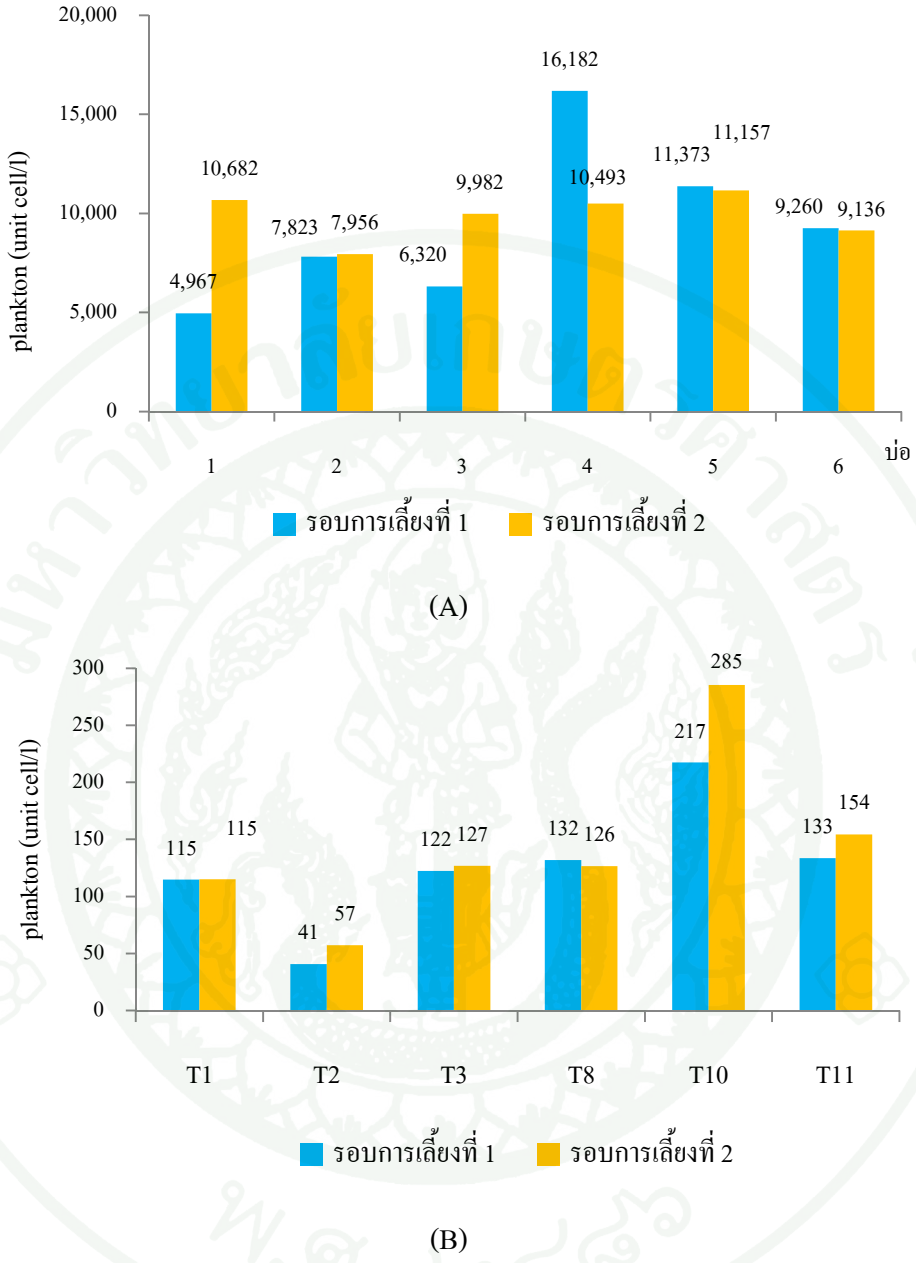
ชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ ในช่วงเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่แตกต่างกัน (ตารางผนวกที่ 3) ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 4 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera Arthropoda และหอยสองฝาเป็นกลุ่มหลัก (ตารางผนวกที่ 4)

แพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบในช่วงเตรียมบ่อทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่มีแพลงก์ตอนกลุ่มใดเป็นกลุ่มเด่น หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่มีความแตกต่างกัน โดยแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบ ได้แก่ *Cyclotella, Nitzschia* และ *Pleurosigma/Gyrosigma* แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบเป็นกลุ่มเด่น ได้แก่ *Tintinopsis*, *Brachionus*, copepod และ nuplii copepod (ภาพผนวกที่ 1)

ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในช่วงเตรียมบ่อทั้งสองรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันในเกือบทุกบ่อ (ภาพที่ 16A) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.3×10^{3}-1.1×10^{4} unit cell/l *Cyclotella, Pleurosigma/Gyrosigma* และ *Nitzschia* พบเป็นกลุ่มเด่นในช่วงต้นของการเลี้ยง สกุล *Oscillatoria* พบเป็นกลุ่มเด่นในช่วงปลายของการเลี้ยง พบแพลงก์ตอนสัตว์ สกุล *Tintinopsis* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลัก แพลงก์ตอนพืชจะมีสัดส่วนมากถึง 94-96 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพียง 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม ปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นในทุกบ่อ (ภาพที่ 16B) และปริมาณแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่แตกต่างกันมาก รอบการเลี้ยงที่ 1 มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 4.0×10^{4} ถึง 1.3×10^{5} unit cell/l รอบการเลี้ยงที่ 2 มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 5.7×10^{4} ถึง 2.8×10^{5} unit cell/l

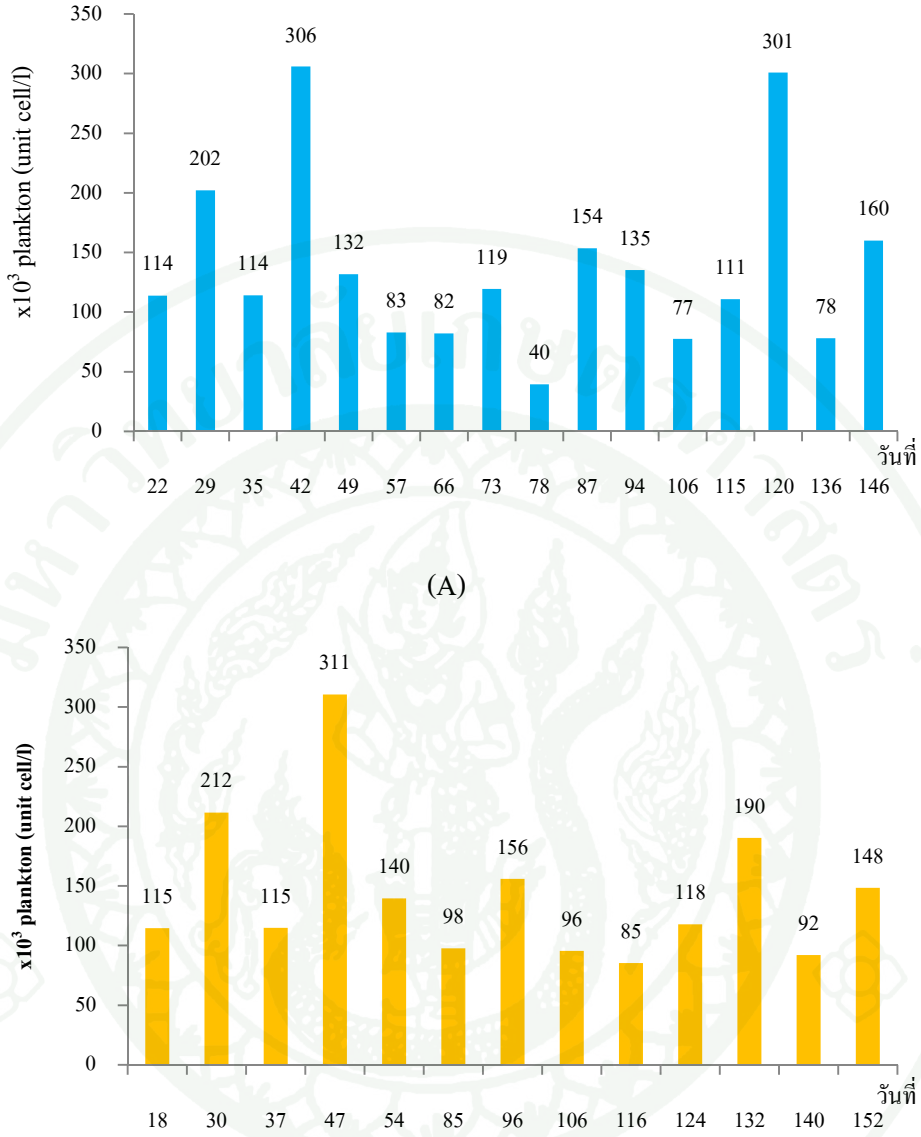
แนวโน้มปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 40-50 วันของการเลี้ยง (ภาพที่ 17) และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายของการเลี้ยง ช่วงที่ปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นจะพบแพลงก์ตอนพืช สกุล *Oscillatoria* เป็นกลุ่มเด่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติแต่ละบ่อตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดย A: ปริมาณแพลงก์ตอนในช่วงเตรียมบ่อ B: ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

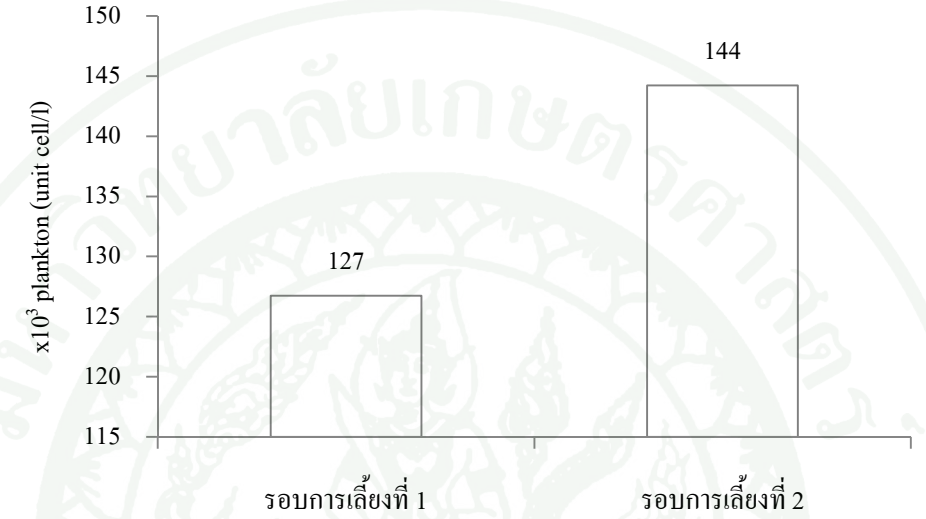


ภาพที่ 17 แนวโน้มแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ
A: รอบการเลี้ยงที่ 1 B: รอบการเลี้ยงที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีปริมาณมากกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1 (ภาพที่ 18) มักพบ *Oscillatoria Cyclotella, Nitzschia* หรือ pennate diatom เป็นกลุ่มเด่น และอาจจะพบไดโนแฟลกเจลเลตร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม ชนิดของแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงแรก ส่วนใหญ่จะพบ *Cyclotella, Nitzschia* หรือ pennate diatom มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 10^4 unit cell/l ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนอยู่ระหว่าง 50-60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากผ่านการเลี้ยงไป 45-60 วัน พบ *Oscillatoria* เข้ามาแทนที่ และมีปริมาณสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง มีความหนาแน่นสูงถึง 10^6 unit cell/l คิดเป็นสัดส่วน 50-60 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของ Division Bacillariophyta ลดลงเหลือเพียง 20-30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น



ภาพที่ 18 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในรอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2 ในพื้นที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

ในขณะที่การเลี้ยงในรอบที่ 2 พบ *Oscillatoria* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่น มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 10^4-10^6 unit cell/l ร่วมกับแพลงก์ตอนในสกุล *Cyclotella, Nitzschia* หรือ pennate diatom สัดส่วนของ *Oscillatoria* อยู่ระหว่าง 50-60 เปอร์เซ็นต์ และ Division Bacillariophyta 20-30 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าไม่ว่าแพลงก์ตอนกลุ่มใดที่เป็นกลุ่มเด่นในบ่อสัดส่วนของแพลงก์ตอนกลุ่มนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 50-60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แพลงก์ตอนกลุ่มที่มีปริมาณรองลงมาจะมีสัดส่วนอยู่ที่ 20-30 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนเหล่านี้มีผลต่อสีของน้ำ สีน้ำที่พบในช่วงเตรียมบ่อส่วนใหญ่มีสีเขียวใส (ภาพที่ 19A)สีน้ำที่พบตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีสีเขียวอมน้ำตาล หรือสีน้ำตาลอมเขียว (ภาพที่ 19B) และเปลี่ยนแปลงไปเป็นสีเขียวอมเหลือง สีเขียว-เหลืองอมน้ำตาล แพลงก์ตอนกลุ่มหลักที่พบเป็นกลุ่มของ *Trachelomonas* ร่วมกับ *Oscillatoria* หรือ *Cyclotella* (ภาพที่ 19C-D) ในขณะที่สีน้ำเป็นสีเขียวตอง แสดงว่ามีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนในสกุล *Cyclotella* หรือสีเขียวเข้มแสดงว่ามีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน (ภาพที่ 19D) ในช่วงท้ายของการเลี้ยงสีน้ำจะเป็นสีน้ำตาลปนสีเขียว หรือสีน้ำตาลของดินตะกอนเนื่องจากแพลงก์ตอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายในบ่อตายลงพร้อมๆ กัน อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ไม่พบเพอริดิเนียม(*Peridinium*) จิมโนดิเนียม (*Gymnodinium*) และอเล็กแซนเดรียม (*Alexandrium*) ที่มีการรายงานพบในบ่อที่เลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มปกติ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีอากาศร้อนจัดเป็นเวลานาน แพลงก์ตอนกลุ่มนี้ผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่ปัญหาที่พบในระหว่างการเลี้ยง ได้แก่ การตายของแพลงก์ตอนภายในช่วงท้ายของการเลี้ยง ซึ่งมีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนมากทำให้แพลงก์ตอนบางส่วนตายลงเกิดเป็นฟองที่ผิวหน้าน้ำ (ภาพที่ 20) และจะพบมากบริเวณจุดอับลม และการตายลงของแพลงก์ตอนเนื่องจากฝนตกหนักเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดฟองที่จุดอับลมเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 21) เกษตรต้องแก้ไขด้วยการตักฟองที่ลอยหน้าผิวน้ำออก หรือเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียที่อาจเกิดตามมาหลังจากแพลงก์ตอนตายเป็นจำนวนมาก

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแพลงก์ตอนระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมากทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อ และปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีค่าในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยมากกว่าในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมากในระหว่างการเลี้ยง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) แต่ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณแพลงก์ตอน แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก

รอบการเลี้ยง	Plankton (unit cell/l)	ปริมาณแพลงก์ตอน (unit cell/l)	
		บ่อที่มีสีน้ำคงที่	บ่อที่มีสีน้ำไม่คงที่
รอบการเลี้ยงที่ 1	plankton	177,351±6,242 [a]	98,641±6,423 [b]
	phytoplankton	170,920±3,470 [a]	92,581±6,890 [b]
	zooplankton	6,431 [a]	6,060 [a]
รอบการเลี้ยงที่ 2	plankton	257,365±7,214 [a]	127,451±4,213 [b]
	phytoplankton	247,165±5,924 [a]	119,121±2,973 [b]
	zooplankton	10,200 [a]	8,330 [a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 19 สีน้ำที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 20 ฟองเกิดขึ้นจากการตายของแพลงก์ตอนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม
ด้วยน้ำความเค็มปกติ

ภาพที่ 21 ฟองเกิดขึ้นจากการตายของแพลงก์ตอนหลังจากฝนตกเป็นระยะเวลานาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในรอบวัน ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

2.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในรอบวัน รอบการเลี้ยงที่ 1 เริ่มทำการศึกษาเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 35, 70 และ 114 วัน มีรายละเอียดของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนดังต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 35 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนกลุ่มเด่น คือ สกุล *Merismopedia* และ *Trachelomonas* มีความหนาแน่น $1.02\pm0.1\times10^5$ และ $2\pm1.3\times10^3$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น $2.3\pm0.8\times10^3$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $1.2\pm0.14\times10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $1.1\pm0.14\times10^5$ unit cell/l (98.8 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ $1.4\pm0.5\times10^3$ unit cell/l (1.2 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเย็น คือ 15:00-18:00 ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่เพิ่มขึ้นเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ สกุล *Brachionus* และกลุ่ม copepod (ภาพที่ 22A)

2) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 70 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 4 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Mollusca แพลงก์ตอนกลุ่มเด่น คือ *Merismopedia, Oscillatoria* และ *Trachelomonas* มีความหนาแน่น $4.3\pm2.6\times10^5$, $5.1\pm3.1\times10^4$ และ 3.8 ± 1.9 unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น $9.5\pm8.7\times10^3$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $7.74\pm0.6\times10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $7.72\pm0.59\times10^5$ unit cell/l (99.72 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ $1.4\pm0.5\times10^3$ unit cell/l (0.28 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเย็น คือ 15:00-18:00 แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่เพิ่มขึ้นเป็นแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Brachionus* (ภาพที่ 22B)

3) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 110วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบได้แก่ *Merismopedia, Oscillatoria* และ *Trachelomonas* มีความหนาแน่น $2.8\pm0.6\times10^{6}$, $2.6\pm1.6\times10^{5}$ และ $3.9\pm1.7\times10^{4}$ unit cell/l และพบแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น $4.5\pm2.9\times10^{4}$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $2.89\pm0.4\times10^{6}$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $2.86\pm0.2\times10^{6}$ unit cell/l (99.31 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ $1.4\pm0.5\times10^{3}$ unit cell/l (0.69 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเย็น คือ 15:00-18:00 แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ได้แก่ สกุล *Brachionus* และ *Epiphaneus* (ภาพที่ 22C)

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในรอบวันรอบการเลี้ยงที่ 2 เริ่มทำการศึกษาเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 35, 70 และ 114 วัน มีรายละเอียดของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนดังต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 35 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบตลอดวันได้แก่ *Merismopedia* และ *Oscillatoria* มีความหนาแน่น $5.3\pm5.5\times10^{5}$ และ $9.0\pm1.1\times10^{5}$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น $4.5\pm2.9\times10^{4}$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $4.4\pm0.6\times10^{5}$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $4.3\pm0.6\times10^{5}$ unit cell/l (99.63 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ $1.6\pm1.4\times10^{3}$ unit cell/l (0.37 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเย็น คือ 17:00 แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่เพิ่มขึ้นได้แก่ *Brachionus* , *Epiphaneus* และcopepod (ภาพที่ 23A)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 70 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 4 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบเพียง 1 Phylum ได้แก่ Protozoa แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบตลอดรอบวันได้แก่ *Merismopedia, Oscillatoria* และ pennate diatom มีความหนาแน่น $7.9\pm2.3\times10^5$, $5.0\pm4.6\times10^5$ และ $7.2\pm6.4\times10^3$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น $1.6\pm2.2\times10^4$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $8.9\pm1.3\times10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $8.7\pm1.2\times10^5$ unit cell/l (98.66 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ $1.1\pm1.4\times10^4$ unit cell/l (1.34 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 08:00 แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่เพิ่มขึ้นคือ *Brachionus* , *Epiphaneus* และcopepod (ภาพที่ 23B)

3) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 114วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบตลอดวันได้แก่ *Merismopedia* มีความหนาแน่น $1.2\pm0.3\times10^5$unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Zoothamnium* มีความหนาแน่น $1.02\pm7.6\times10^5$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $1.8\pm0.4\times10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $1.4\pm0.3\times10^5$ unit cell/l (79.12 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ $3.8\pm4.3\times10^5$ unit cell/l (20.88 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเย็น คือ 14:00 23:00 และ ชั่วโมงที่ 24 ของการศึกษา (ภาพที่ 23C)

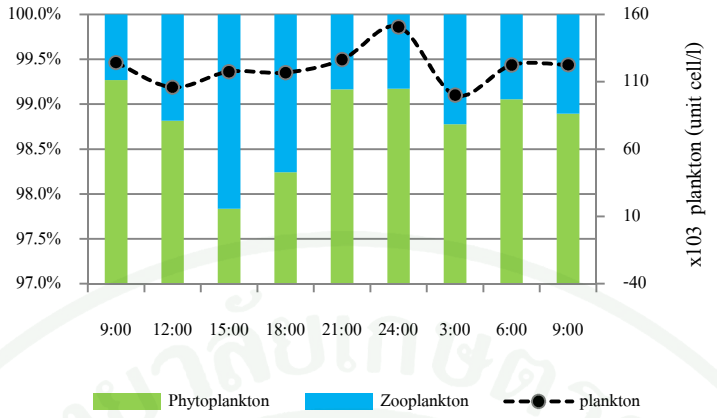
การเปลี่ยนแปลงระหว่างแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบวันไม่แน่นอน มีความแตกต่างกันทุกช่วงเวลา แต่มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ที่พบตลอดวันจะเป็นแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะในสกุล *Merismopedia* และ *Oscillatoria* สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ สกุล *Tintinopsis* เป็นกลุ่มเด่นที่พบตลอดรอบวัน *Tintinopsis* จะพบอยู่บริเวณพื้นบ่อเป็นส่วนใหญ่ เมื่อพบอยู่ในมวลน้ำแสดงว่าจะมาจากการฟุ้งกระจายเนื่องจากเครื่องให้อากาศ หรือการคุ้ยของกุ้งขาวแวนนาไม สัดส่วนของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นช่วงเวลา 15: 00 - 18:00 เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ในสกุล *Brachionus*, *Epiphaneus* และ copepod

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

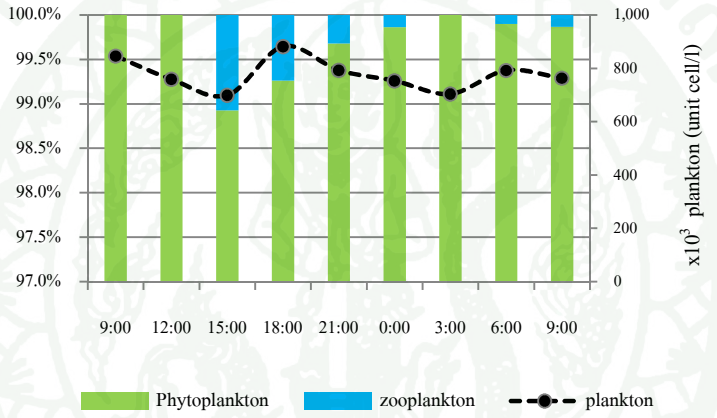
คุณภาพน้ำในรอบวันส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งสองรอบการเลี้ยง (ตารางผนวกที่ 5) แนวโน้มของคุณภาพตลอดทั้งวัน พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความโปร่งแสง ค่าอัลคาไลน์ ความกระด้างน้ำ ปริมาณตะกอนแขวนลอย และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าใกล้เคียงกันในรอบวัน ในขณะที่พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และอุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงกลางวัน และมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย (15:00-18:00) (ภาพผนวกที่ 2 และ 3) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ไนไตร์ท และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา และแต่ละรอบการเลี้ยง ปริมาณแอมโมเนียในช่วงท้ายก่อนการจับ (110 และ 114 วัน) จะมีปริมาณมากกว่าในช่วงอายุอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียในรอบวันจะมีความความสัมพันธ์กับปริมาณไนไตรท์ในน้ำ ปริมาณแอมโมเนียที่ลดลงจะสัมพันธ์กับปริมาณไนไตร์ทที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่น เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพียงพอ (ชลอ และพรเลิศ, 2545)

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนรวม แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ร่วมกับคุณภาพน้ำในรอบวัน พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนรวม และแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับพีเอช และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงทำให้พีเอชน้ำเพิ่มสูงขึ้น (Boyd, 1982) และทำให้ปริมาณออกซิเจนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางผนวกที่ 6)

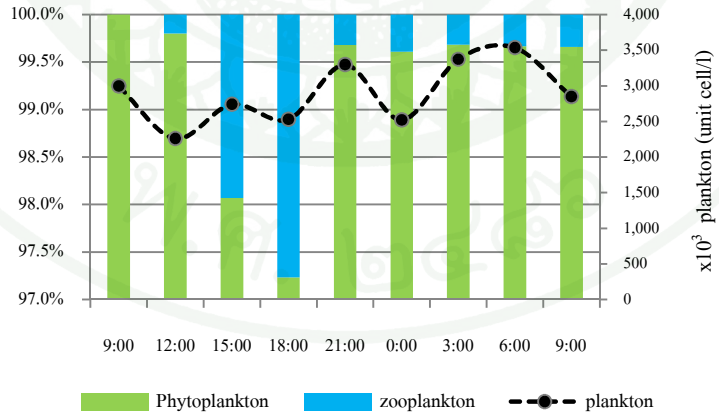
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



A



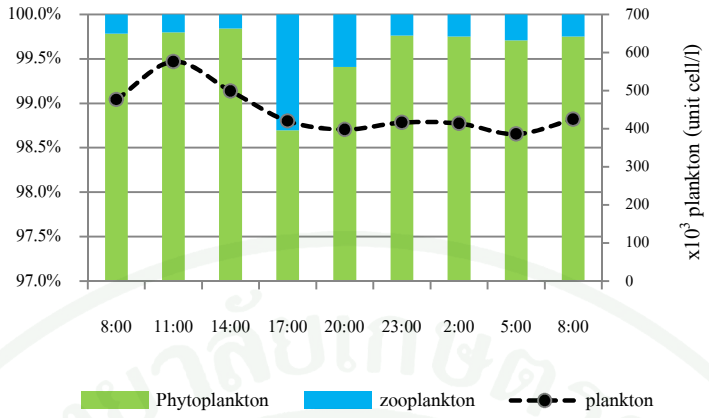
B



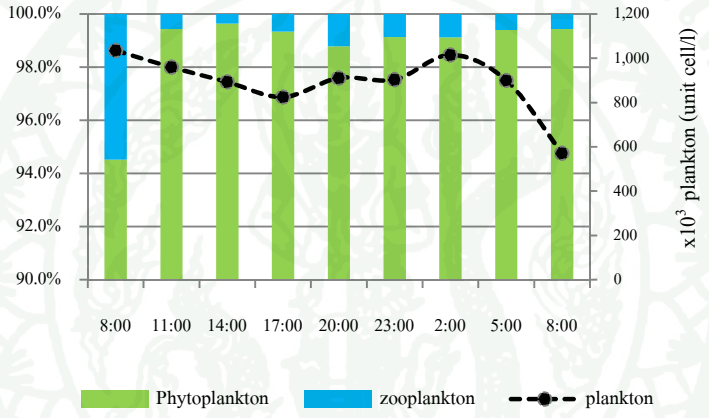
C

ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 35 วัน B: 70 วัน และ C: 110 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 1

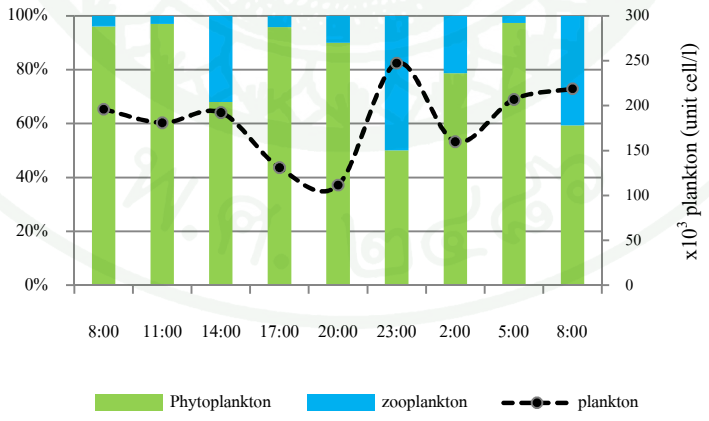
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



A



B



C

ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 35 วัน B: 70 วัน และ C: 110 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในรอบวันรอบการเลี้ยงที่ 1 เริ่มทำการศึกษาเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 50, 80 และ 120 วัน มีรายละเอียดของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนดังต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 50 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบได้แก่ *Oscillatoria, Cyclotella* และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต มีความหนาแน่น $3.8\pm0.5\times10^4$, $4.3\pm2.1\times10^3$ และ $2.7\pm3.1\times10^3$ unit cell/l ตามลำดับ แพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น 3.8×10^3 unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง มีความหนาแน่นเฉลี่ย $5.0\pm0.7\times10^4$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $4.9\pm0.7\times10^4$ unit cell/l (98.8 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ 152±194 unit cell/l (1.2 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนต่อแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 99.1-100 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.7 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเย็น คือ 15:00-18:00 แพลงก์ตอนสัตว์ที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ *Brachionus* และ copepod (ภาพที่ 24A)

2) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 80 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 4 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera Arthropoda และ Mollusca แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบตลอดวันได้แก่ *Oscillatoria, Cyclotella* และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตเป็นกลุ่มเด่น มีความหนาแน่น $6.8\pm1.4\times10^4$, $8.1\pm0.8\times10^3$ และ $2.0\pm0.5\times10^3$ unit cell/l ตามลำดับ สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ไม่พบกลุ่มใดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $8.69\pm1.4\times10^4$ unit cell/l มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดทั้งรอบวัน แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $8.68\pm1.4\times10^4$ unit cell/l (99 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ 393±561 unit cell/l (1.0 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีค่าอยู่ระหว่าง 99.4-100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.6 เปอร์เซ็นต์ แพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเย็น คือ 15:00-18:00 โดย *Brachionus* และ copepod เป็นกลุ่มเด่นที่พบ (ภาพที่ 24B)

3) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 120 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 4 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera, Arthropoda และ Mollusca พบแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria, Cyclotella* และ *Nitzschia* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น มีความหนาแน่น $6.5\pm0.4\times10^{4}$, $1.2\pm0.1\times10^{5}$ และ $3.6\pm0.2\times10^{4}$ unit cell/l ตามลำดับ สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่นเฉลี่ย $0.6\pm1.2\times10^{3}$ unit cell/l พบ *Brachionus* เป็นกลุ่มเด่น ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $2.36\pm0.2\times10^{5}$ Unit cell/l และมีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดทั้งรอบวัน แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $2.35\pm0.2\times10^{3}$ unit cell/l (99.8 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ 152±194 unit cell/l (0.2 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีค่าอยู่ระหว่าง 99.6-100 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.4 เปอร์เซ็นต์ แพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเย็น คือ 15:00-18:00 พบ *Brachionus* และ copepod เป็นกลุ่มเด่น (ภาพที่ 24C)

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในรอบวัน รอบการเลี้ยงที่ 2 เริ่มทำการศึกษาเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 40 70 และ 110 วัน ระหว่างเดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม 2552 มีรายละเอียดของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนดังต่อไปนี้

1) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 40 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, n Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Rotifera, Arthropoda และ Mollusca แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Cyclotella* และ *Nitzschia* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น มีความหนาแน่น $3.4\pm0.1\times10^{4}$ และ $3.2\pm0.2\times10^{4}$ Unit cell/l ตามลำดับ สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่นเฉลี่ย $0.6\pm1.3\times10^{3}$ unit cell/l ไม่พบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มใดเป็นกลุ่มเด่น ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย $8.1\pm0.3\times10^{4}$ unit cell/l มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดทั้งรอบวัน แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $8.0\pm0.3\times10^{4}$ unit cell/l (99.0 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0.6±1.3×10^3 unit cell/l (0.8 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีค่าอยู่ระหว่าง 99.3-100 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.7เปอร์เซ็นต์ แพลงก์ตอนสัตว์สัดส่วนเพิ่มขึ้นในช่วงเวลากลางคืน คือ 03:00 แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่เพิ่มขึ้นเป็นแพลงก์ตอนสัตว์สกุล *Brachionus* (ภาพที่ 25A)

2) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 70 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta Chlorophyta, Division Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 4 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera Arthropoda และ Mollusca พบ *Oscillatoria, Cyclotella*, กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต และ *Nitzschia* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น มีความหนาแน่น 6.3±0.6×10^4, 1.8±0.1×10^4, 2.7±0.3×10^3 และ 6.5±0.7×10^3 unit cell/l ตามลำดับ สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 210±143 unit cell/l โดยไม่พบกลุ่มใดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย 9.2±0.6×10^4 unit cell/l มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดทั้งรอบวัน แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช 9.2±0.6×10^4 unit cell/l (99.6 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ 210±143 unit cell/l (0.4 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีค่าอยู่ระหว่าง 99.6-100 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.4 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนของปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเวลากลางคืน (ภาพที่ 25 B)

3) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 110 วัน

พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น ได้แก่ *Oscillatoria, Cyclotella* และไดโนแฟลกเจลเลต มีความหนาแน่น 1.0±0.3×10^5, 4.7±0.7×10^3 และ 1.1±0.2×10^3 unit cell/l ตามลำดับ สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 152±194 Unit cell/l ไม่พบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มใดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ปริมาณแพลงก์ตอนตลอดวันมีความหนาแน่นเฉลี่ย 1.05±0.1×10^5 unit cell/l มีปริมาณใกล้เคียงกันตลอดทั้งรอบวัน แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช 1.04±0.1×10^5 unit cell/l (99.8 เปอร์เซ็นต์) และแพลงก์ตอนสัตว์ 152±194 unit cell/l (0.2 เปอร์เซ็นต์) สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีค่าอยู่ระหว่าง 99.6-100 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.4 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วงเย็น คือ 15:00-18:00 พบ *Brachionus* และ copepod เป็นกลุ่มเด่น (ภาพที่ 25 C)

การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนตลอดรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติสองรอบการเลี้ยง ชนิดของแพลงก์ตอนในแต่ละบ่อมีความคล้ายคลึงกัน โดยพบ *Oscillatoria, Cyclotella* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นร่วมกับกลุ่มของ pennate diatom หรือไดโนแฟลกเจลเลต สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันไม่พบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มใดเป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีสัดส่วนมากกว่า 99.1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วน 0-0.9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากในฟาร์มมีการเปิดเครื่องให้อากาศตลอดเวลา ทำให้ไม่ค่อยพบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในเวลากลางวันและเวลากลางคืน

คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งสองรอบการเลี้ยง (ตารางผนวกที่ 7) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน พบว่า แพลงก์ตอนโดยรวมจะมีความสัมพันธ์กับพีเอช ความเค็ม ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความโปร่งแสง ความเป็นด่างของน้ำ แพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณพีเอชของน้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความโปร่งแสง ความเป็นด่าง และความกระด้างของน้ำ ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิน้ำ ความเป็นด่าง และความกระด้างของน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้าม (ตารางผนวกที่ 8) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนภายไม่คงที่และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับคุณภาพน้ำในรอบวัน เมื่อเปรียบเทียบพีเอชของน้ำในบ่อที่มีอายุของกุ้งขาวแวนนาไมที่ 40-50 วัน พบว่าพีเอชของน้ำจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงบ่าย (15:00) และจะมีค่าสูงสุดในเวลากลางคืน (21:00) ในขณะที่บ่อที่มีอายุการเลี้ยงตั้งแต่ 70 วันขึ้นไป พบว่าพีเอชของน้ำเริ่มลดลงในช่วงเวลาบ่าย และลดลงต่ำสุดในช่วงเวลากลางคืน (21:00) (ภาพที่ 26 A) การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถอธิบายได้ว่าในช่วงเวลากลางวัน แพลงก์ตอนเป็นผู้สังเคราะห์แสงและสร้างออกซิเจนให้แก่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้พีเอชสูงขึ้นในเวลากลางวันและลดต่ำลงในเวลากลางคืนเนื่องจากการหายใจและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของสิ่งมีชีวิตออกมาในเวลากลางคืน และเริ่มเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า เพราะการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอน

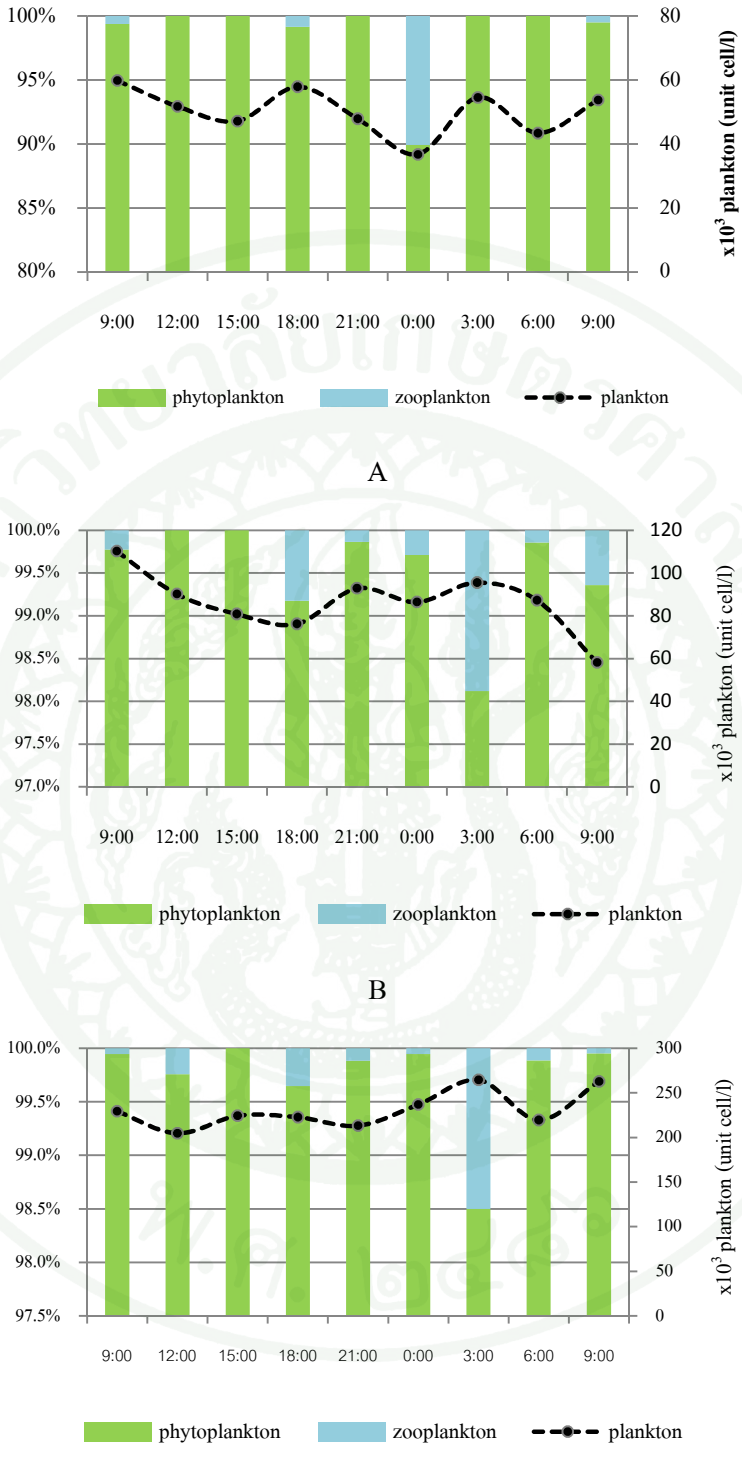
สำหรับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งขาวเป็นเวลา 40-50 วัน จะมีปริมาณสูงกว่าในบ่อที่อายุมากกว่า 70 วันและมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันไม่มาก ในขณะบ่อที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อายุการเลี้ยง 70 วันขึ้นไป ออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลงตั้งแต่ช่วงบ่าย (15:00-18:00) และจะมีค่าลดลงต่ำสุดในช่วง 03:00 (ภาพที่ 26 B) อาจจะมาจากมีแพลงก์ตอนบางส่วนตาย จึงไม่มีการสังเคราะห์แสงมาก ในขณะที่ออกซิเจนจะถูกใช้ในการหายใจของของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดภายในบ่อ และการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) โดยเฉพาะในช่วงท้ายของการเลี้ยง อาหารที่เหลือ และซากแพลงก์ตอนที่ตายจะมีการสะสมบริเวณพื้นบ่อ ทำให้ต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายในปริมาณมาก ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนมีค่าลดต่ำลง (ชวลิต, 2552)

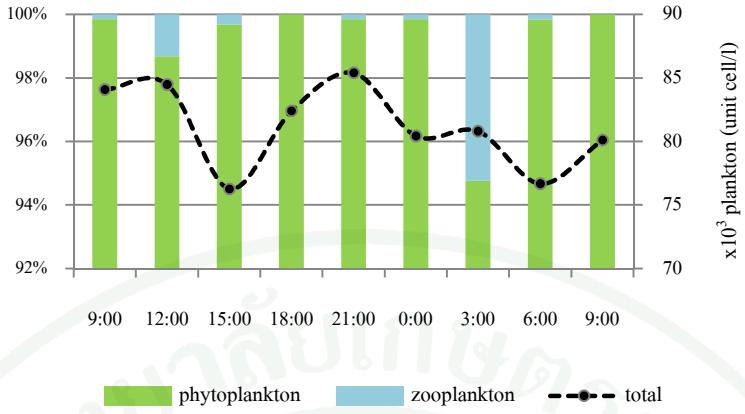
เมื่อเปรียบเทียบความโปร่งแสงของน้ำในแต่ละช่วง พบว่า ในช่วงอายุกุ้ง 40-50 วันจะมีค่ามากกว่าในช่วงที่ผ่านการเลี้ยงไปมากกว่า 70 วัน ความโปร่งแสงของน้ำจะลดลงในช่วงบ่าย โดยเฉพาะที่ช่วงที่กุ้งมีอายุ 110 วัน พบว่าความโปร่งแสงจะลดลงมากกว่าในช่วงอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงของความโปร่งแสงของน้ำจะเริ่มลดลงในช่วงบ่าย (15:00) เนื่องจากมีปริมาณสารแขวนลอย โดยเฉพาะตะกอนในปริมาณมาก และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเช้า (6:00-9:00) (ภาพที่ 26 B) การเปลี่ยนแปลงของความโปร่งแสงไม่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในรอบวัน แต่จะสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอย และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ลดลงในรอบวัน ความโปร่งแสงของน้ำโดยปกติจะสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอน ตะกอนแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์ที่ลอยอยู่ในมวลน้ำ (Boyd, 1998) ความโปร่งแสงของน้ำที่ลดลงเนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์ที่หากินในเวลากลางคืน และมีพฤติกรรมคุ้ยหาอาหารที่พื้นบ่อ ทำให้เกิดการฟุ้งของตะกอนในเวลากลางคืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

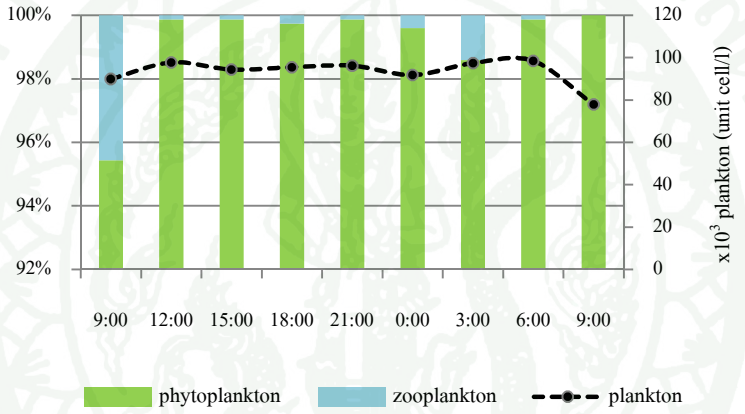


ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 50 วัน B: 80 วัน และ C: 120 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 1

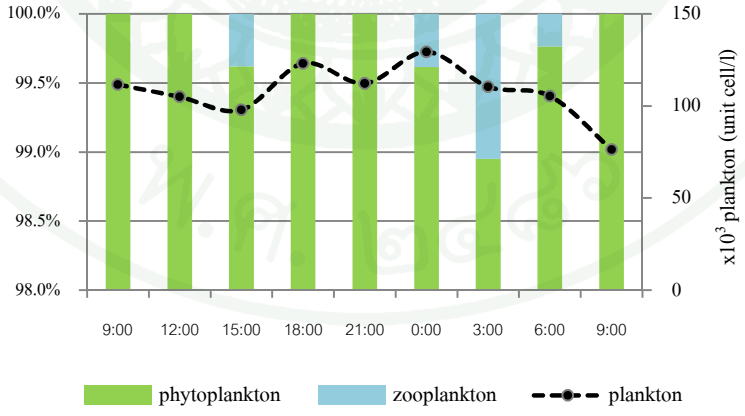
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



A



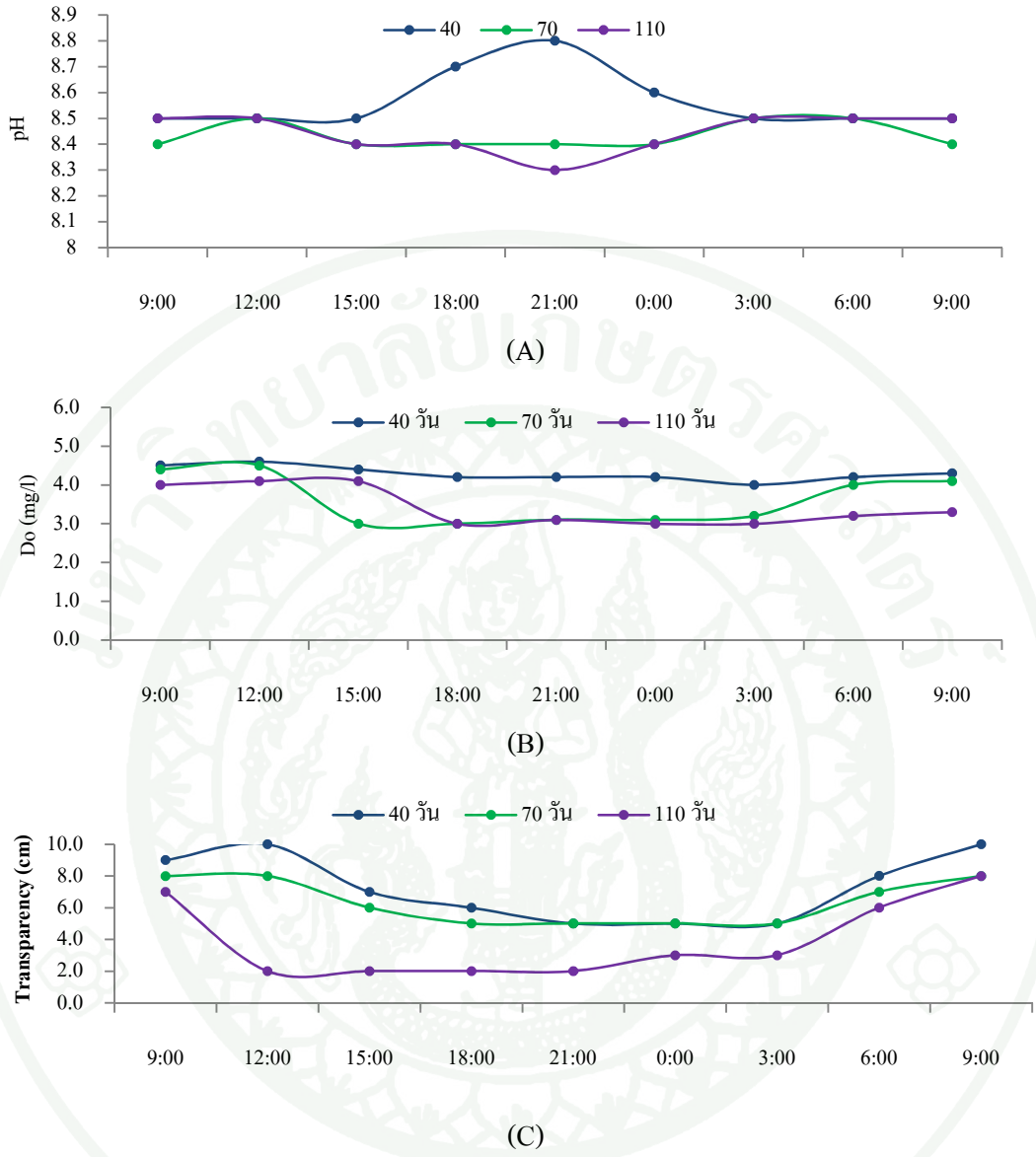
B



D

ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ เมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ A: 40 วัน B: 70 วัน และ C: 110 วัน ในรอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 แนวโน้มพีเอช (A) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (B) และความโปร่งแสง(C) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนหลังจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

3.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ

การเปลี่ยนถ่ายน้ำในพื้นที่จะเริ่มเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวมีอายุประมาณ 60 วัน การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเลือกบ่อที่มีแพลงก์ตอนหนาแน่น และมีคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะต่อการเลี้ยง น้ำในบ่อจะถูกถ่ายออกสู่คลองพักน้ำ และสูบน้ำจากบ่อพักน้ำเข้าไปในบ่อในเวลาเดียวกัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 10-15 เซนติเมตร หรือประมาณ 12.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) ซึ่งแต่ละครั้งที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

อายุกุ้ง (วัน)	ขนาดบ่อ (ไร่)	ปริมาตรน้ำในบ่อ (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาตรน้ำที่เปลี่ยนถ่าย (ลูกบาศก์เมตร)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่าย(%)
60-70	5	9,600	1,200	12.5
90-100	5	9,600	1,200	12.5
120	5	9,600	1,200	12.5

3.1.1 การเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 60-70 วัน

ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อพักน้ำ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 4 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta มีความหนาแน่น $4.5x10^3$ unit cell/l พบแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* และ *Nitzschia* เป็นกลุ่มเด่น พบแพลงก์ตอนสัตว์ 2 Phylum มีความหนาแน่น 799 unit cell/l แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น ได้แก่ *Tintinopsis* และ nauplii copepod คุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางผนวกที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อมีความหนาแน่น $9.33x10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $9.32x10^5$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ $1.25x10^3$ unit cell/l โดยพบ Oscillatoria และ Merismopedia เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่น ชนิดของแพลงก์ตอนที่พบหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta และ Pyrrophyta แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* และ *Merismopedia* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์พบ 4 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera, copepod และหอยสองฝา

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงลดลงในชั่วโมงที่ 6 และชั่วโมงที่ 21 หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ภาพที่ 27A และ27 B) ส่วนปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำใน 6 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 18 และ 21 เพียง 0.02-0.03 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 27C และ 27D) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ 24 ชั่วโมง ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมลดลง 7.26 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ลดลง 7.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ลดลง 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวม และแพลงก์ตอนพืชลดลง 15.84 และ 15.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีการเปลี่ยนแปลง 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 9)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพน้ำภายในบ่อพบว่า การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของคุณภาพน้ำได้แก่ พีเอช อุณหภูมิน้ำ ความเค็มน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความนำไฟฟ้า ความโปร่งแสง แอมโมเนียจะลดลงในชั่วโมงที่ 24 และลดลงมากขึ้นในชั่วโมงที่ 48 สำหรับปริมาณไนไตรท์ ปริมาณตะกอนแขวนลอย และคลอโรฟิลล์ เอ ที่ลดลงในช่วง 24 ชั่วโมงแรก และเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 48 นอกจากนี้ความเค็มของน้ำ และความกระด้างของน้ำจะลดลงใน 24 ชั่วโมงแรกหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำเท่านั้น และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในชั่วโมงที่ 48 (ตารางผนวกที่ 9)

3.1.2 การเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 90-100 วัน

ในบ่อพักน้ำพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta มีความหนาแน่น $1.0x10^4$ unit cell/l แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pleurosigma/Gyrosigma เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น แพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่น 660 unit cell/l พบ *Tintinopsis* และ *Brachionus* เป็นกลุ่มเด่นคุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางผนวกที่ 10)

ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำมีความหนาแน่น $6.34x10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $6.28x10^5$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ $5.8x10^3$ unit cell/l *Oscillatoria, Merismopedia* และ *Trachelomonas* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบ หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta และ Pyrrophyta แพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นได้แก่ สกุล *Oscillatoria, Merismopedia* และ *Trachelomonas* สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์พบ 2 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa และ Rotifera ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมและปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณลดลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ 3 ชั่วโมง แต่ปริมาณแพลงก์ตอนไม่มีความเปลี่ยนแปลงมาก (ภาพที่ 28 A และ 28 B) ส่วนปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำใน 6 ชั่วโมง และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในชั่วโมง 9 มีปริมาณคงที่จนกระทั่งชั่วโมงที่ 48 (ภาพที่ 28 C และ 28 D)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ปริมาณแพลงก์ตอนลดลง 15.57-15.40 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับแพลงก์ตอนพืชที่ลดลง 14.95-14.79 เปอร์เซ็นต์ แพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณลดลง 82.28-80.74 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพที่สำคัญได้แก่ ความโปร่งแสงที่เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 62.5-75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 10)

3.1.3 การเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 120 วัน

ในบ่อพักน้ำพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 4 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta มีความหนาแน่น $7.7x10^3$ unit cell/l แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* และ pennate diatom เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น แพลงก์ตอนสัตว์พบ 2 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa สกุล Tintinopsis และ nauplii copepod ใน Phylum Arthropoda แพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่น $1.0x10^3$ unit cell/l คุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางผนวกที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อมีความหนาแน่น $7.7x10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $7.69x10^5$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ $3.3x10^3$ unit cell/l แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria, Merismopedia* และ *Trachelomonas* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่น หลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบแพลงก์ตอนใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta พบแพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และ Arthropoda ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมและปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณลดลงเล็กน้อยหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ 6 ชั่วโมงแรก เริ่มคงที่ก่อนลดลงเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 48 (ภาพที่ 29 A และ 29 B) ส่วนปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำใน 3 ชั่วโมงแรก และมีปริมาณคงที่ (ภาพที่ 29 C และ 29 D) การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อ และปริมาณแพลงก์ตอนพืช มีการเปลี่ยนแปลง 19.8 เปอร์เซ็นต์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำใน 24 ชั่วโมงแรก และลดลง 32.24-32.38 เปอร์เซ็นต์ในชั่วโมงที่ 48 แพลงก์ตอนสัตว์เปลี่ยนแปลง 69.73-70.77 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงของความโปร่งแสง ปริมาณตะกอนแขวนลอย และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากว่า 50 เปอร์เซ็นต์ในชั่วโมงที่ 48 แล ปริมาณแอมโมเนียมีลดลงมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 11)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 12.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำสามารถลดปริมาณแแพลงก์ตอนได้ ส่วนใหญ่ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำจะมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 700,000-950,000 unit cell/l แต่การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนภายในบ่อ ชนิดของแพลงก์ตอนส่วนใหญ่จะพบสกุล *Merismopedia* และ *Oscillatoiria* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น แพลงก์ตอนสัตว์ได้แก่ สกุล *Tintinopsis* ซึ่งหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำแล้ว ทั้งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์จะลดลงภายใน 6 ชั่วโมงแรกหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนส่วนใหญ่ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก หรือ 1 วัน หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชจะลดลงอยู่ระหว่าง 7-21 เปอร์เซ็นต์ และมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ในชั่วโมงที่ 48 ยกเว้นช่วงที่กุ้งขาวแวนนาไมมีอายุประมาณ 110 วัน พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ น่าจะมีสาเหตุมาจากอาจจะเป็นช่วงที่แพลงก์ตอนภายในบ่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่ เมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำได้นำเอาปริมาณแพลงก์ตอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บางส่วนออกไป และมีน้ำใหม่เติมเข้ามาจึงส่งผลกระทบให้สิ่งแวดล้อมในบ่อเปลี่ยนแปลง จึงทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนลดลงในชั่วโมงที่ 48

3.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเริ่มเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวมีอายุประมาณ 60 วัน การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเลือกบ่อที่มีคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยง การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะถ่ายน้ำออกสู่คลองพักน้ำ และสูบปล่อยน้ำเข้าจากบ่อพักน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยงในเวลาเดียวกันโดยเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 20 เซนติเมตร หรือประมาณ 7. 5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) ซึ่งแต่ละครั้งที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

วันที่	ขนาดบ่อ (ไร่)	ปริมาตรน้ำในบ่อ (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาตรน้ำที่เปลี่ยนถ่าย (ลูกบาศก์เมตร)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนถ่าย(%)
50-60	5	16,000	1,200	7.50
90-110	5	16,000	1,200	7.50
130-150	5	16,000	1,200	7.50

3.2.1 การเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 50-60 วัน

ในบ่อพักน้ำพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta มีความหนาแน่น $4.7x10^3$ unit cell/l แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* และ pennate diatom เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น พบ *Tintinopsis* เพียงกลุ่มเดียว แพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่น 501 unit cell/l คุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางผนวกที่ 12)

ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อมีความหนาแน่น $3.198 x10^4$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $3.195 x10^4$ unit cell/l พบ *Oscillatoria*, *Cyclotella* และ *Trachelomonas* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่น หลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำพบแพลงก์ตอนพืช ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Division Cyanophyta,Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta พบแพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Protozoa, Rotifera และกลุ่ม copepod และตัวอ่อน copepod ใน Phylum Arthropoda

ปริมาณแพลงก์ตอนหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนลดลง (ภาพที่ 30 A และ 30 B) ส่วนปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะพบในชั่วโมงที่ 3, 6, 21 และ 24 (ภาพที่ 30 C) เมื่อเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่เพิ่มขึ้นในบางช่วงเวลา ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนกลุ่ม *Tintinopsis* (ภาพที่ 30 D) สำหรับการเปลี่ยนแปลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อ และปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง 19.29 - 22.73 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ลดลง 32 เปอร์เซ็นต์ ใน 24 ชั่วโมง ปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลง 61 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณตะกอนแขวนลอยลดลง 15 - 26 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง17-19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 12)

3.2.2 การเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 90-110 วัน

ในบ่อพักน้ำพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta และ Pyrrophyta มีความหนาแน่น $9.5x10^3$ unit cell/l พบ *Oscillatoria* เป็นกลุ่มเด่น แพลงก์ตอนสัตว์พบเพียงกลุ่มเดียว คือ สกุล *Tintinopsis* แพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่น 2.0 $x10^3$ unit cell/l คุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางผนวกที่ 13)

ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำมีความหนาแน่น $1.15x10^6$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $1.12x10^6$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ 124 unit cell/l พบ *Oscillatoria*, pennate diatom และ *Trachelomonas* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่น ชนิดของแพลงก์ตอนหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta พบแพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Protozoa, Rotifera และกลุ่ม copepod และตัวอ่อน copepod ใน Phylum Arthropoda

ปริมาณแพลงก์ตอนหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมและปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลงในชั่วโมงที่ 3 และคงที่ในชั่วโมงที่ 6 (ภาพที่ 31Aและ 31B) สำหรับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนสัตว์จะพบในชั่วโมงที่ 12 และหลังจากชั่วโมงที่ 18 (ภาพที่ 31 C) แพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อ และปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง 35 เปอร์เซ็นต์ แพลงก์ตอนสัตว์ลดลง 32 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลง 84 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนไตรท์ลดลง 66-73 เปอร์เซ็นต์ ความโปร่งแสง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และคลอโรฟิลล์ เอ เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 30-40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 13)

3.2.3 การเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 130-140 วัน

ในบ่อพักน้ำพบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta และ Pyrrophyta มีความหนาแน่น $5.2x10^3$ unit cell/l pennate diatom เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบ พบแพลงก์ตอนสัตว์เพียงกลุ่มเดียว ได้แก่ สกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่น $4.1x10^3$ unit cell/l คุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางผนวกที่ 14)

ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อมีความหนาแน่น $9.76x10^5$ unit cell/l แบ่งเป็นแพลงก์ตอนพืช $9.73x10^5$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ 32 unit cell/l แพลงก์ตอนกลุ่มเด่น ได้แก่ สกุล *Oscillatoria* และ pennate diatom หลังจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta พบแพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และกลุ่ม copepod และตัวอ่อน copepod ใน Phylum Arthropoda ปริมาณแพลงก์ตอนหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำพบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมและปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีปริมาณลดลงในชั่วโมงที่ 3 และคงที่ในชั่วโมงที่ 6 (ภาพที่ 32 A และ 32 B) ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 3, 9, 18 และลดลงในชั่วโมงที่ 21 และ 24 (ภาพที่ 32 C) เมื่อเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ พบว่าสัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 32 D)

หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในบ่อ และปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง 22.75-23.56 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ลดลง 32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกทที่ 14) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง 42 -45 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียในน้ำลดลง 55.24 เปอร์เซ็นต์ หลังเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 48 ชั่วโมง ไนไตรท์ลดลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีค่าอยู่ระหว่าง 31.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าความโปร่งแสง และปริมาณตะกอนแขวนลอยลดลงเล็กน้อย หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 20-25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีการเปลี่ยนแปลงเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 14)

Funge-Smith and Briggs (1998) กล่าวว่า การถ่ายน้ำเป็นส่วนหนึ่งการจัดการซึ่งมีผลต่อสภาพแวดล้อมในบ่อ การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเป็นการจัดการ ป้องกันการเพิ่มขึ้นแพลงก์ตอนชะล้างซากแพลงก์ตอนที่ตาย และควบคุมคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยง การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำและความเค็มปกติ พบว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำในปริมาณ 7-12 เปอร์เซ็นต์สามารถลดปริมาณแพลงก์ตอน และของเสียในกลุ่มไนโตรเจน และตะกอนแขวนลอย ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่พบในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Jaw-Kai, 1990) แอมโมเนียในน้ำจะมาจากการการขับถ่าย อาหารเหลือ และเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อ (Paerl and Tucker, 1995) อาหารที่ให้ในปริมาณมากจะทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอาหาร (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995) และเพิ่มสารอินทรีย์แขวนลอยที่ย่อยสลายแล้วในมวลน้ำ ในบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีสารแขวนลอยในน้ำ 140-220 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกอนหนักจะจมอยู่ที่ก้นบ่อ ถ้ามีการสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ อาจจะทำให้บริเวณนั้นและกลายเป็นชั้นที่ไม่มีออกซิเจนได้ (anoxic layer) (Jaw-Kai, 1990)

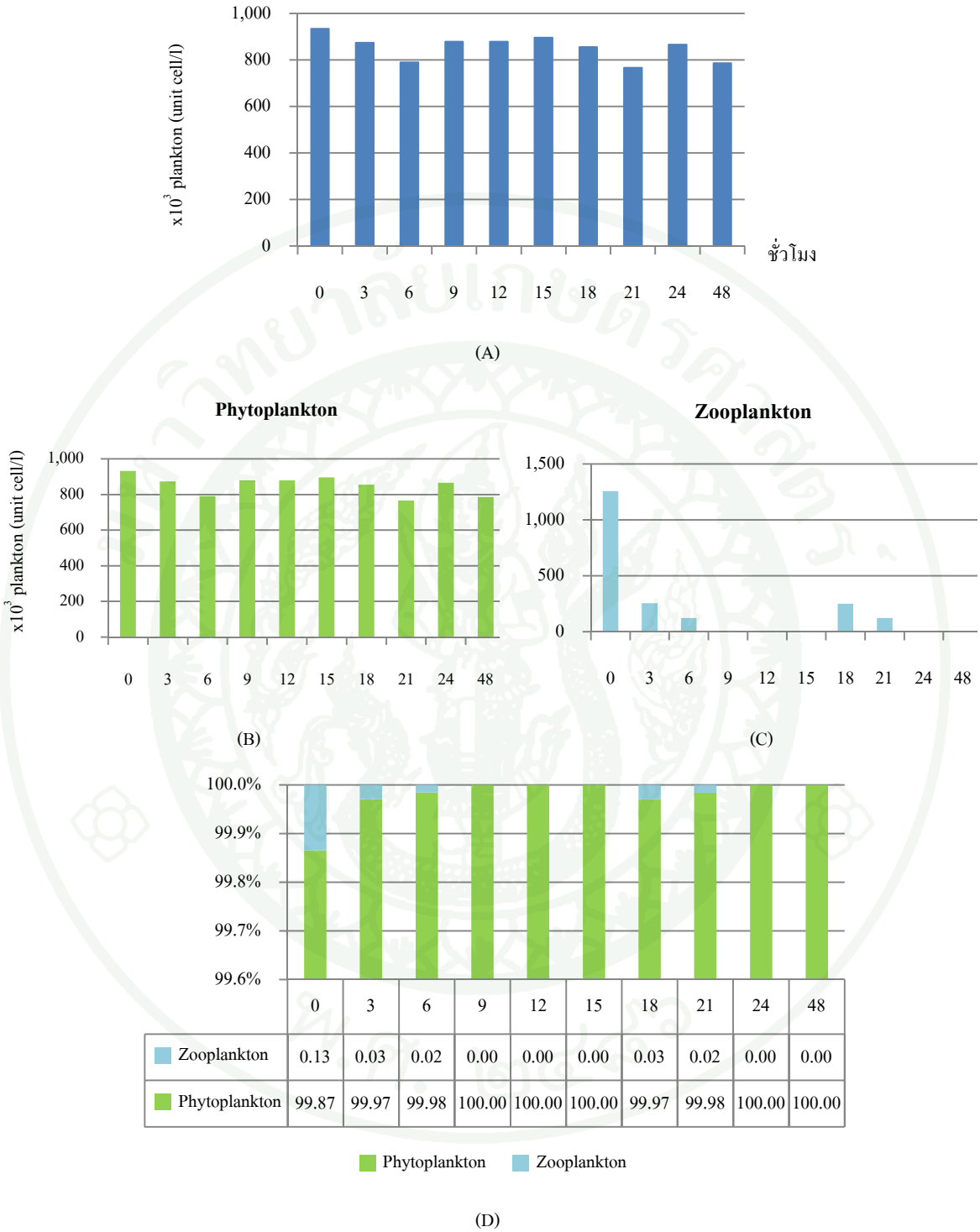
การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำพบว่าการไม่มีผลต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบของแพลงก์ตอน แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอนพืช ซึ่งลดลงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ พบว่าปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ ในน้ำลดลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 1 วัน ส่วนใหญ่ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์ จะลดลงประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ มักพบในบ่อที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นมาก และผ่านการเลี้ยงมากกว่า 120 วัน หรือว่าใกล้จับกุ้ง แอมโมเนียในน้ำจะมาจากการการขับถ่าย อาหารเหลือ ซากแพลงก์ตอนพืช และเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อ (Paerl and Tucker, 1995) รวมทั้งที่ฟาร์มใช้น้ำหมุนเวียนทำให้มีการสะสมสารอินทรีย์ภายในบ่อมากขึ้น (สุธี, 2549) แอมโมเนียจะเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ ซึ่งชลอ (2535) กล่าวว่าปริมาณไนไตรท์ที่สูงขึ้น เนื่องมาจาก 1) อาหารเหลือเพราะเกษตรกรจะให้อาหารมากเพื่อเร่งการเจริญเติบโต สีน้ำจะมีสีเข้ม เกิดฟองที่ผิวหน้าน้ำ 2) เกิดจากแพลงก์ตอนตายลงพร้อมๆ กันในบ่อ แอมโมเนียในน้ำจะสูงขึ้นและต่อมาจะเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ในช่วง 5-7 วันถัดมา 3) ในบ่อที่มีกุ้งตายที่พื้นบ่อจำนวนมาก หรือ 4) มีกุ้งตายที่พื้นบ่อ ทำให้อาหารส่วนหนึ่งเหลือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หรือเกิดจากสภาพบ่อที่มีเลนกระจายมาก ทำให้กุ้งไม่เข้าไปกินอาหารในแนวที่มีการสะสมเลน แต่กลับเข้าไปกินอาหารในยอแทน อาหารส่วนหนึ่งจึงเหลือและกลายเป็นแอมโมเนียในน้ำนอกจากนี้ ปริมาณตะกอนแขวนลอยและความโปร่งแสงยังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่ปริมาณตะกอนแขวนลอยจะลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความโปร่งแสงที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อกุ้งมีอายุ 110 วัน จะพบว่าทั้งตะกอนแขวนลอยและความโปร่งแสงมีการเปลี่ยนแปลงมากทั้งสองพารามิเตอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะมีผลต่อการลดปริมาณตะกอนแขวนลอย และปริมาณแพลงก์ตอนภายในบ่อพร้อมกัน อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับความโปร่งแสงของน้ำไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนในช่วงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเมื่อกุ้งขาวมีอายุ 30 และ 60 วัน

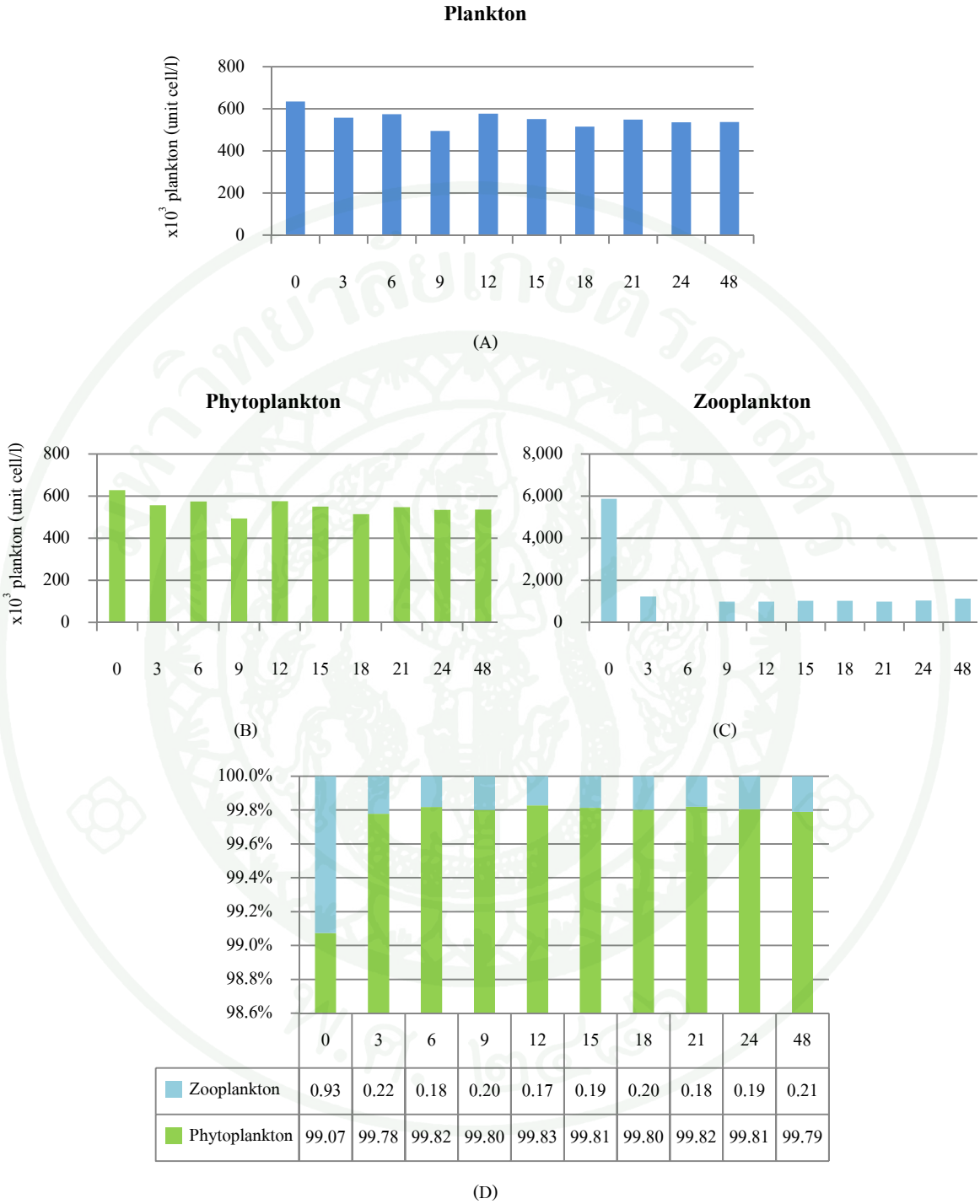
การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบของแพลงก์ตอนภายในบ่อ แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอน โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชโดยเฉพาะสกุล *Oscillatoiria* และ *Cyclotella* ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำแล้ว ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อจะลดลงภายใน 3 ชั่วโมงแรก ในขณะที่ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะลดลงอย่างชัดเจน หรือไม่พบเลยหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะมีผลต่อการลดลงของแพลงก์ตอนพืช มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 31,911-1,132,400 unit cell/l การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนส่วนใหญ่ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก หรือ 1 วันหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ เปอร์เซ็นต์การลดลงของแพลงก์ตอนพืชจะอยู่ระหว่าง 19-35 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากผ่าน 48 ชั่วโมง หรือ 2 วัน ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ 22.73 - 34.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อนั้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ ในน้ำจะพบการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 1 วัน ส่วนใหญ่ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์จะลดลงประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกับการเลี้ยงด้วยความเค็มต่ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอย และความโปร่งแสงในน้ำพบว่าไม่มีความสัมพันธ์มากนัก เมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อที่ปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมาก พบว่าความโปร่งแสงของน้ำลดลง ในขณะที่ปริมาณตะกอนแขวนลอยเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แสดงว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอนมากกว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยภายในบ่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 60-70 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

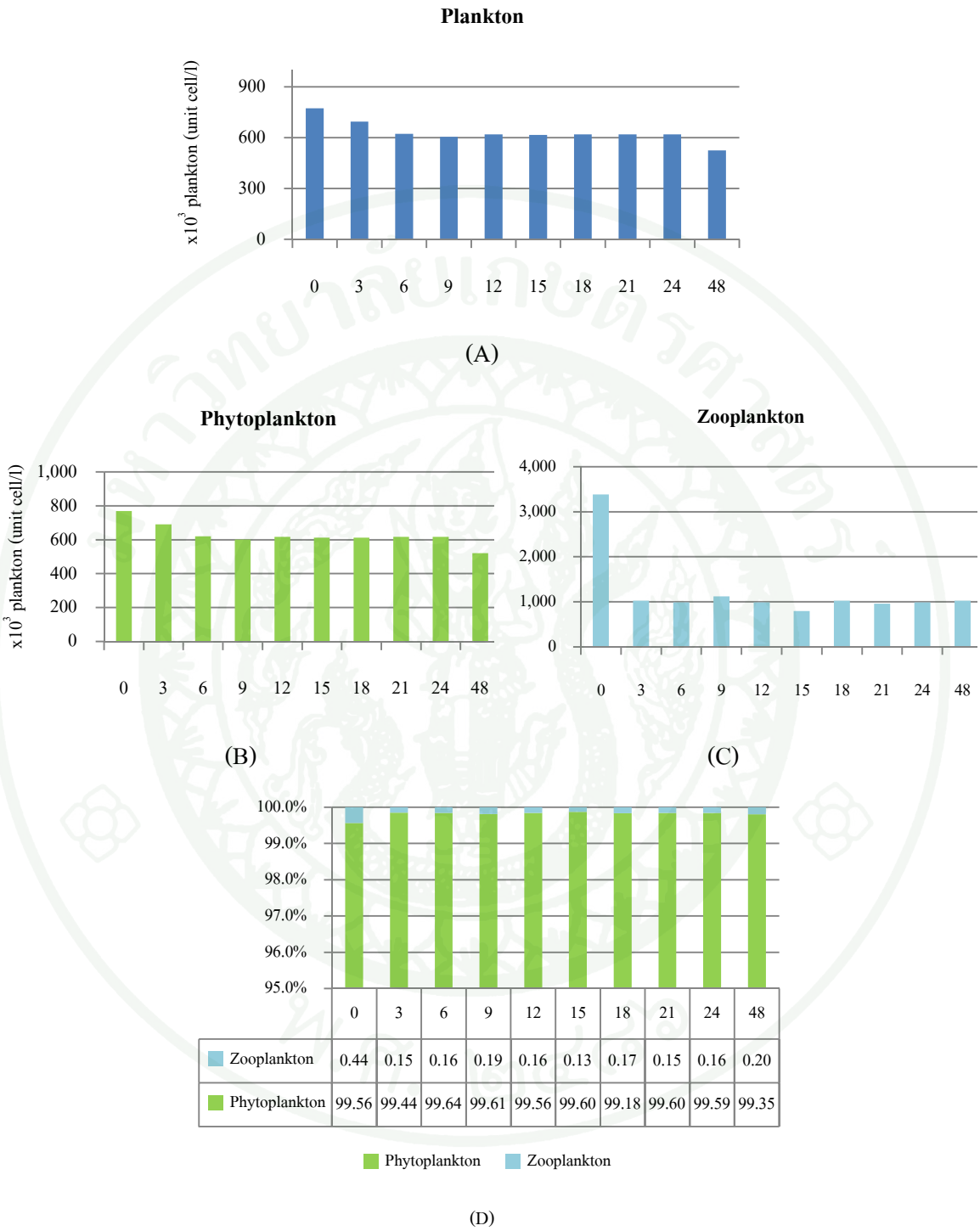
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



	0	3	6	9	12	15	18	21	24	48
Zooplankton	0.93	0.22	0.18	0.20	0.17	0.19	0.20	0.18	0.19	0.21
Phytoplankton	99.07	99.78	99.82	99.80	99.83	99.81	99.80	99.82	99.81	99.79

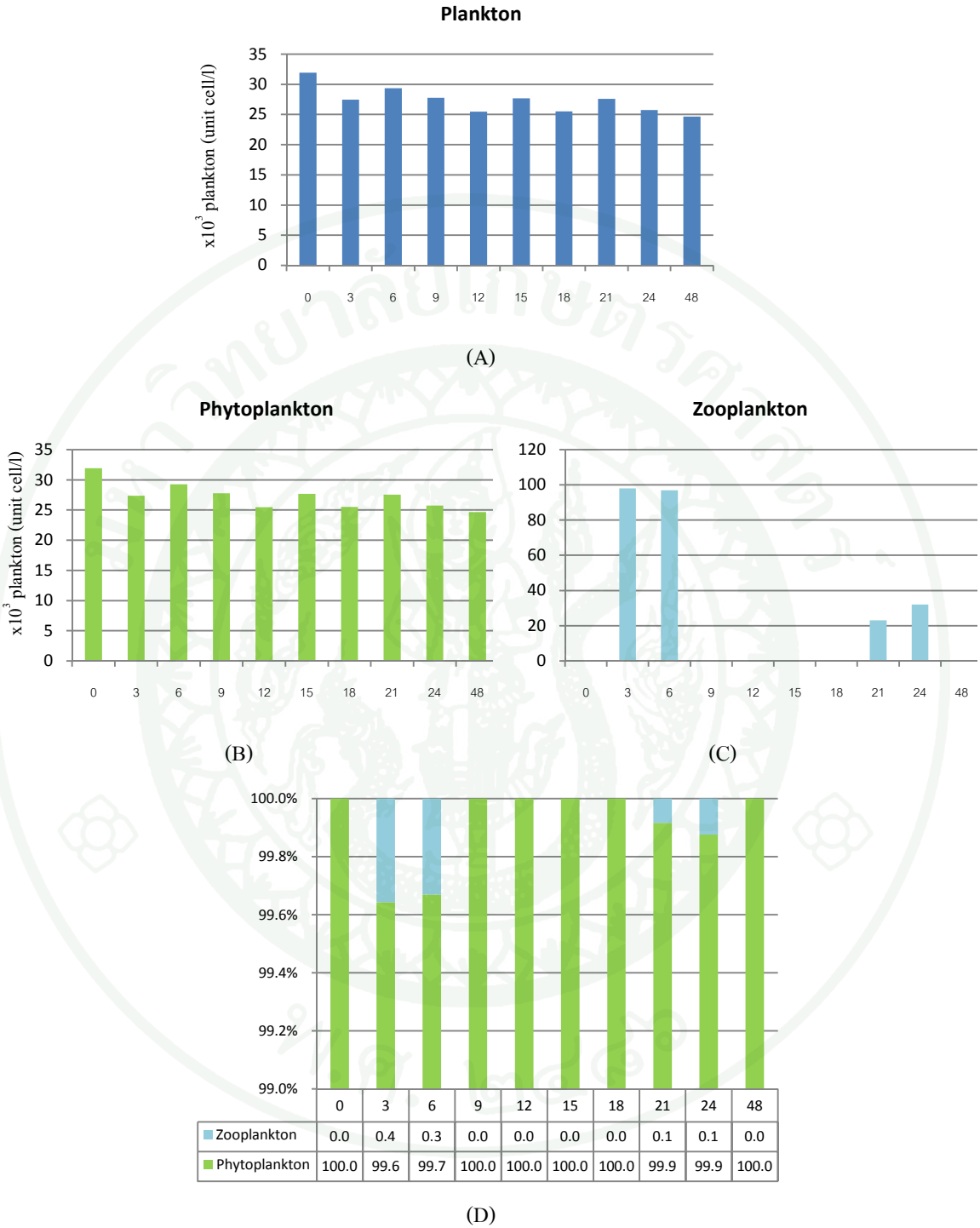
ภาพที่ 28 ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ หลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 90-100 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



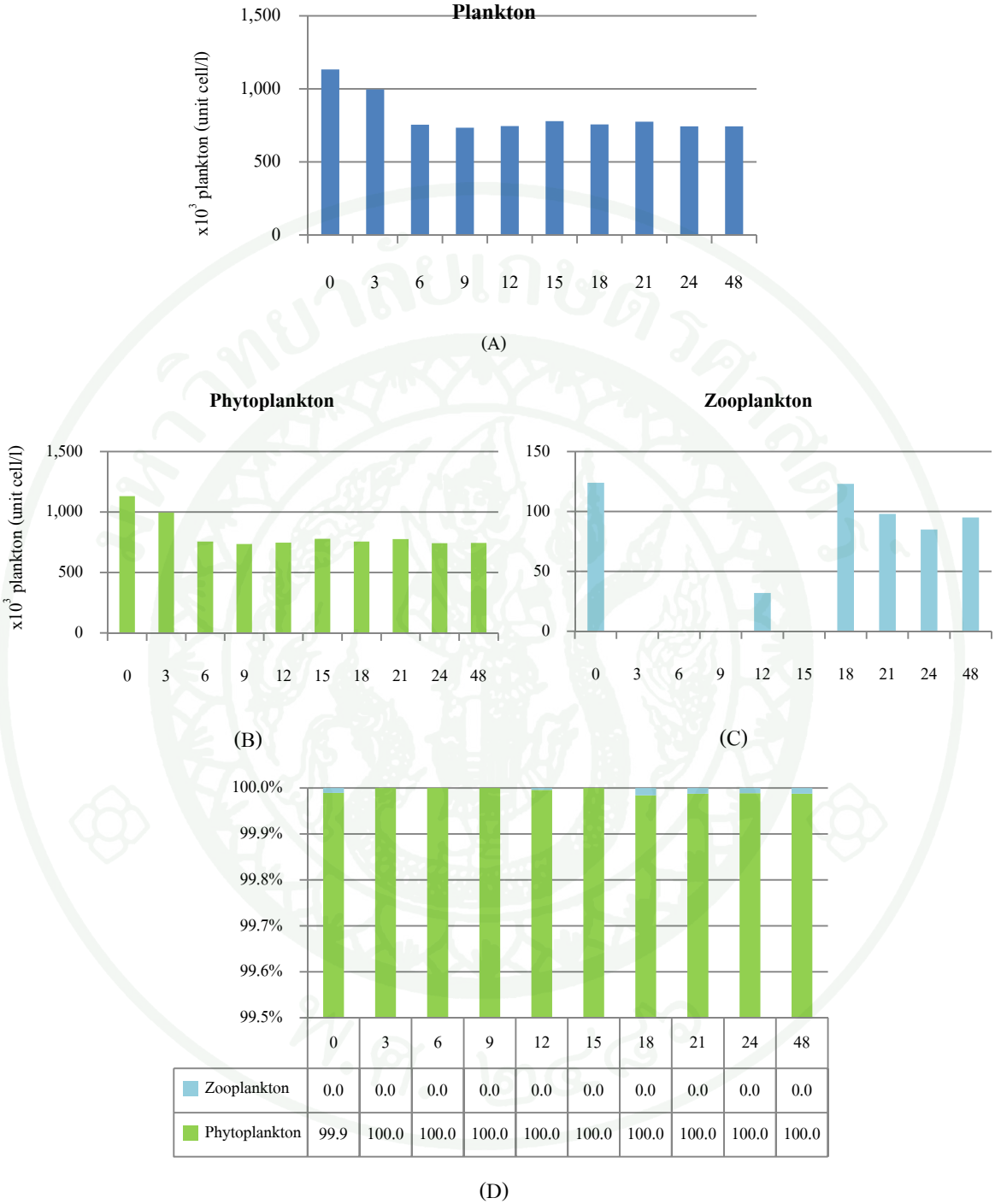
ภาพที่ 29 ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 120 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



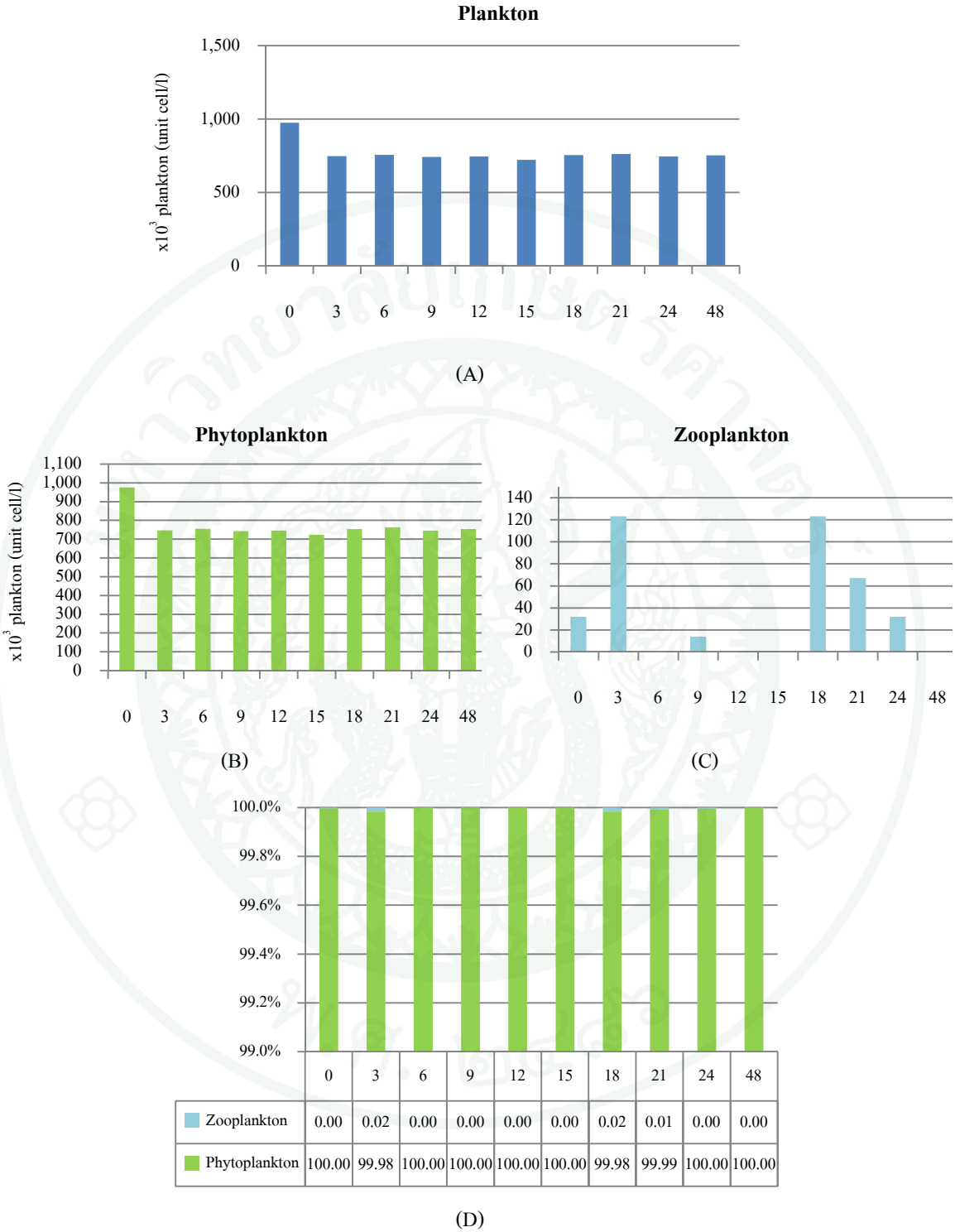
ภาพที่ 30 ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 60 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 ปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 90-100 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ หลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อกุ้งขาวมีอายุ 130-140 วัน, (A): ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมเฉลี่ย, (B): ปริมาณแพลงก์ตอนพืช, (C): ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์, (D): สัดส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การศึกษาคุณภาพน้ำ ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

4.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ

คุณภาพน้ำในช่วงเตรียมบ่อในรอบการเลี้ยงที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางที่ 8) ยกเว้น ปริมาณแอมโมเนีย และไนเตรทในน้ำมีค่าสูง เนื่องจากเป็นฟาร์มที่เลี้ยงโดยใช้ระบบปิดน้ำหมุนเวียน หลังจากจับกุ้งจะสูบน้ำไปเก็บไว้ในบ่อพักน้ำแล้วเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ ทำให้มีสารอินทรีย์หลงเหลือในน้ำอยู่มากจึงมีผลทำให้คุณภาพน้ำบางพารามิเตอร์อยู่ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 8 คุณภาพน้ำเฉลี่ยระหว่างเตรียมบ่อในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

คุณภาพน้ำ	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
pH	8.07±0.15	8.5±0.12
Temperature (° C)	30.03±0.14	28.03±0.15
Salinity (psu)	8.5±0.6	7.9±0.7
Do (mg/l)	6.18±0.13	5.20±0.03
Ec (ms/cm)	17±1.2	15.2±0.2
Transparency (cm.)	46.50±3.56	55.50±3.56
Total alkalinity (mg/l)	133.67±11.1	120.67±12.1
Total hardness(mg/l)	1786.50±102.6	2,086±78.9
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.11±0.03	0.25±0.10
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.06±0.02	0.12±0.01
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	0.59±0.06	0.47±0.16
Total phosphorus (mg/l)	1.05±0.17	1.55±0.07
Tss (mg/l)	61.41±10.6	74.6±13.7
Chlorophyll a (mg/l)	42.67±3.01	55.8±2.01

คุณภาพน้ำหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงพบว่าค่าคุณสมบัติของน้ำในพารามิเตอร์ต่าง ๆ อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมสอดคล้องกับรายงานของ ชะลอและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรเลิศ (2547) โดยค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำโดยรวมในพื้นที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พีเอชของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.8±0.2 พีเอชของน้ำมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นใน 47 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงจนวันที่ 97 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 33)พีเอชของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.9±0.27 มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 30 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง พีเอชน้ำในบ่อเลี้ยงรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าพีเอชสูงกว่าในรอบการเลี้ยงแรก และมีค่ามากกว่าช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง (7.3-8.5) (ภาพที่ 33 A) เนื่องจากแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีปริมาณมากกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1 มาก ทำให้มีพีเอชสูง พีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 7.3-8.8 (Chiang *et al*.,1989)

อุณหภูมิน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยตลอดการเลี้ยง 29.54±1.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 33 B) อุณหภูมิน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30.1±2.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 ต่ำลงหลังจากผ่านการเลี้ยงไปได้ 60 วัน เนื่องจากเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว (ภาพที่ 33 B)

ความเค็มของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1โดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.15±1.3 psu มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ความเค็มของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 7.9±0.8 psu มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกและเริ่มลดลงเช่นกับการเลี้ยงในรอบแรก (ภาพที่ 33 C) เนื่องจากในช่วงท้ายของการเลี้ยงมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ แต่เนื่องจากน้ำที่เติมเป็นน้ำจากบ่อพักซึ่งมีความเค็มของน้ำใกล้เคียงกับในบ่อเลี้ยงทำให้ความเค็มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.5±1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11.4±2.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่าการเลี้ยงในรอบที่ 2 สูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1 มาก เนื่องจากในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในรอบการเลี้ยงแรก และเมื่อสังเคราะห์แสงจึงเกิดออกซิเจนในระบบออกมามาก (Boyd, 1990) ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 สูงมากในช่วงเวลากลางวัน (ภาพที่ 33 D)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 12.6±2.1 ms/cm รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.5±1.52 ms/cm ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงและใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 34 A) ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความเค็มซึ่งเป็นปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของอิออนที่ละลายในน้ำ และความกระด้างของน้ำซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณอิออนในกลุ่มที่มีประจุ +2 ได้แก่ $Ca2^{+}$, $Mg2^{+}$, Na^{+}, K^{+}, Fe^{2+} และ Fe^{3+} (ลวไมย, 2545)

ความโปร่งแสงในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 27.8±22.3 เซนติเมตร ความโปร่งแสงของน้ำในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงส่วนใหญ่จะมีค่าตั้งแต่ 20-100 เซนติเมตร หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม ค่าความโปร่งแสงของน้ำลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากผ่านการเลี้ยงไปแล้ว 60 วัน และเหลือเพียง 5 เซนติเมตรในช่วงก่อนจับกุ้ง (ภาพที่ 34 B) ความโปร่งแสงในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 10.2±4.2 เซนติเมตร ในช่วงเริ่มต้นการเลี้ยงมีความโปร่งแสงเพียง 20 เซนติเมตร ลดลงอย่างรวดเร็วใน 20 วัน และลดลงถึงระดับที่มีความโปร่งแสง 5 เซนติเมตร (ภาพที่ 34 B) ซึ่งความโปร่งแสงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 25-50 เซนติเมตร (Brock and Main, 1994) ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นซึ่งเกิดจากตะกอนดินหรือสารแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์อาจส่งผลทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงได้ (ยนต์, 2530) นอกจากนี้ตะกอนที่กระจายอยู่ในมวลน้ำถ้ามีมากเกินไปจะส่งผลให้กุ้งมีปัญหาเหงือกดำ หนวดกุด หางกร่อนตามมา (ชลอ, 2535) เกษตรกรต้องแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยงมากขึ้น (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

ความเป็นด่างของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 163±41 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 171±36 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มความเป็นด่างของน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกัน และเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายของการเลี้ยง (ภาพที่ 34 C) อย่างไรก็ตามค่าความเป็นด่างที่พบในการศึกษาครั้งนี้ถือว่ามีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่าความเป็นด่างที่พบในฟาร์มเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำทั่วๆไป ซึ่งมักมีค่าประมาณ 130-180 มิลลิกรัมต่อลิตร (พจมาน, 2549) เนื่องจากการเลี้ยงเป็นระบบน้ำหมุนเวียน ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ยังคงเหลือในน้ำที่นำกลับมาใช้เลี้ยงใหม่ และสภาพบ่อที่มีการสะสมของซากแพลงก์ตอนพืชที่ตายในระหว่างการเลี้ยง การย่อยสลาย และการหายใจของแบคทีเรียจึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อมากขึ้น และส่งผลให้ความเป็นด่างรวมของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความกระด้างของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 1,592±273 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 1,691±260 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มความกระด้างของน้ำมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 34 D) ความกระด้างของน้ำส่วนใหญ่มีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งในการเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยน้ำความเค็มต่ำที่ให้ผลผลิตสูง ความกระด้างของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอและคณะ, 2547)

ปริมาณแอมโมเนียในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 2.8±6.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณแอมโมเนียลดลงหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม และเพิ่มขึ้นเมื่อกุ้งขาวมีอายุประมาณ 60 วันมีค่าสูงสุดในวันที่ 78 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 35A) อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำมีค่าลดลงในวันที่ 97 ของการเลี้ยงเนื่องจากมาจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณแอมโมเนียในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 1.04±0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการเลี้ยงไปแล้ว 30 วันก่อนที่จะลดลงในวันที่ 68 ของการเลี้ยง อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งตามปกติแล้วปริมาณแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd and Tucker, 1998; ชลอและพรเลิศ, 2547)

ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.96±1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนไตรท์จะคล้ายคลึงกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำ คือปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงหลังจาก 60 วันของการเลี้ยง และมีความเข้มข้นสูงสุดในวันที่ 68 (ภาพที่ 35 B) ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 1.18±0.87 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 35 B)

ปริมาณไนเตรทในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.7±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.4±0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเพียงพอ ทำให้แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้อย่างสมบูรณ์ จึงเกิดการสะสมของไนเตรทตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ชลอและพรเลิศ, 2547) (ภาพที่ 35 C)

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.96±0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มทั้งสองรอบการเลี้ยงมี

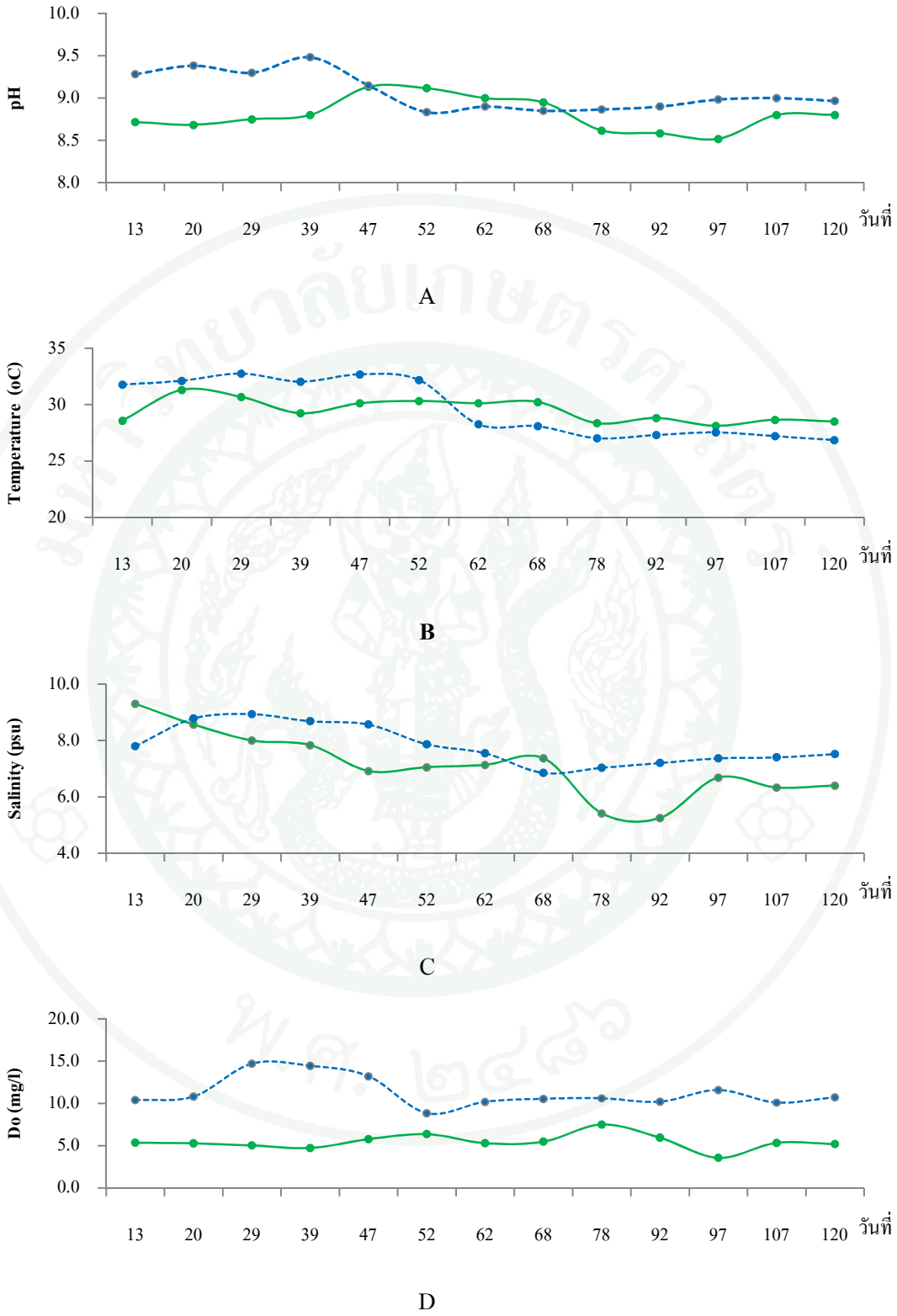
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในรอบการเลี้ยงที่ 2 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำสูงกว่าในรอบการเลี้ยงแรก (ภาพที่ 35 D) ฟอสฟอรัสในน้ำส่วนใหญ่จะมาจากจากอาหารที่เกษตรกรให้ตลอดการเลี้ยง และจะมีปริมาณมากขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995) ฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดินตะกอนพื้นบ่อ (Funge-Smith and Briggs, 1998) และละลายขึ้นสู่มวลน้ำ สุดท้ายจะถูกแพลงก์ตอนพืชใช้ในการเจริญเติบโต (Boyd and Tucker, 1998) การตากบ่อไถพรวนเพื่อเปิดหน้าดินอย่างน้อย 10 เซนติเมตรจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในดินลดลง (Seo and Boyd, 2001) และลดปริมาณการละลายฟอสฟอรัสจากดินสู่มวลน้ำในช่วงเตรียมบ่อ ทำให้เกษตรกรสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในช่วงแรกของการเลี้ยงได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Kaplan *et al*., 1986)

ปริมาณตะกอนแขวนลอยในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงไปได้ 50 วัน โดยปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่ามากที่สุดในวันที่ 78 ของการเลี้ยง และลดลงในช่วงวันที่ 90 เนื่องจากเป็นช่วงหลังจากที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ภาพที่ 36 A) ปริมาณตะกอนแขวนลอยในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12±0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งแตกต่างจากรอบการเลี้ยงที่ 1 (ภาพที่ 36 A)

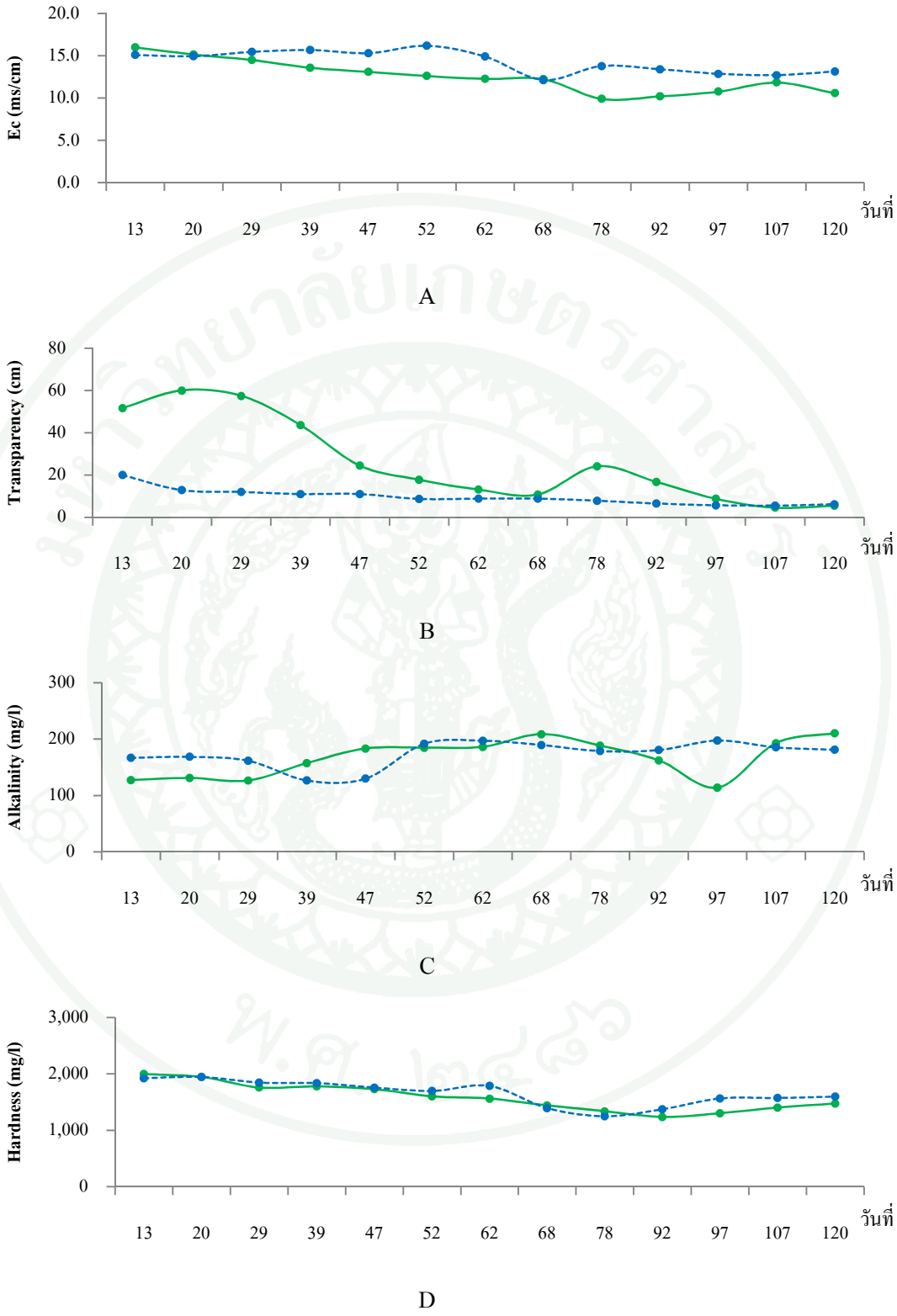
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 141±127 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 40 วันแรก และเพิ่มอีกครั้งในวันที่ 78 ของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 107 ของการเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 10 วัน (ภาพที่ 36 B) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 153±82 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงในวันที่ 52 ของการเลี้ยง และเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 78 และลดลงก่อนที่จะคงที่ในช่วงท้ายของการเลี้ยง (ภาพที่ 36 B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



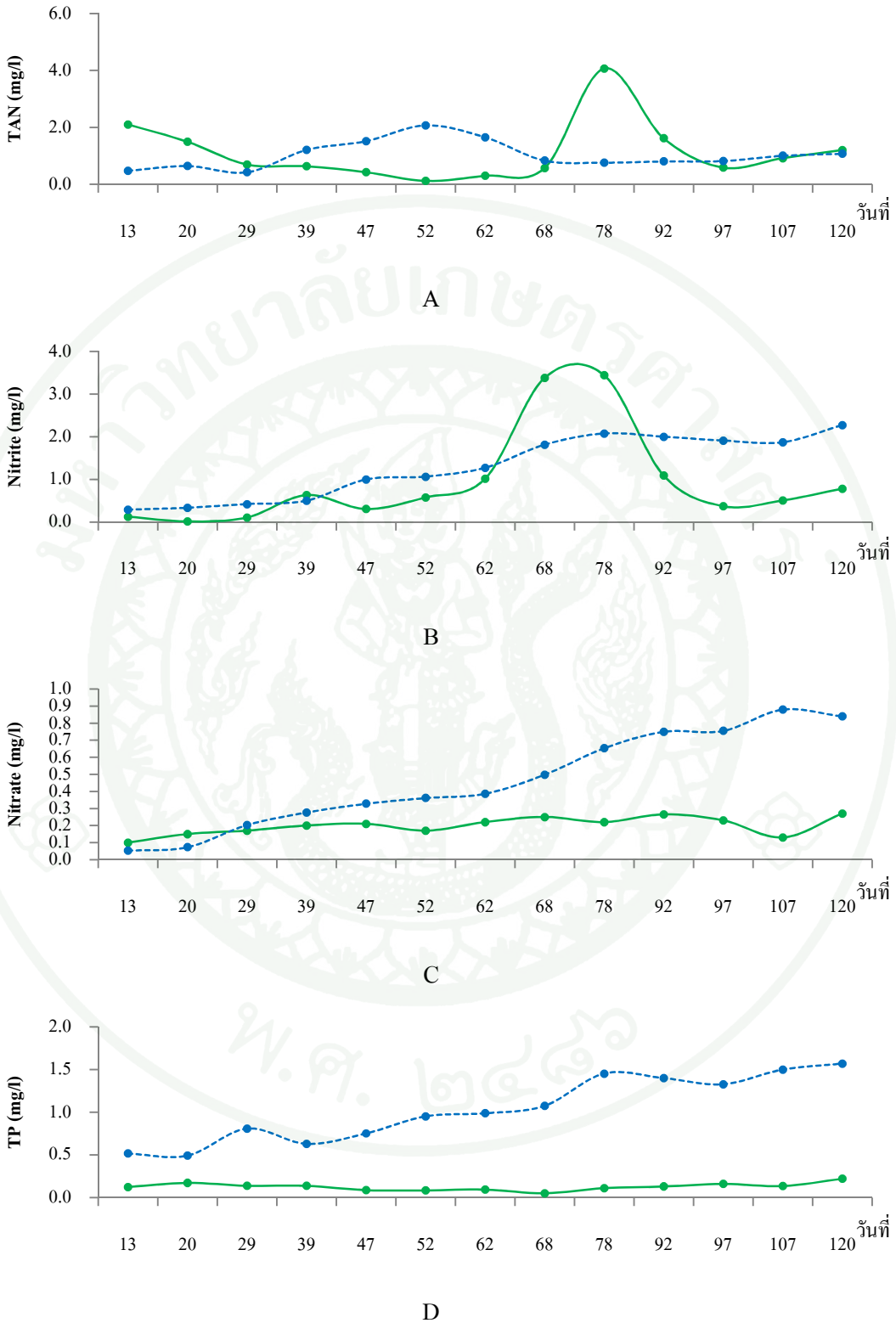
ภาพที่ 33 พีเอช (A) อุณหภูมิ (B) ความเค็ม (C) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (D) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



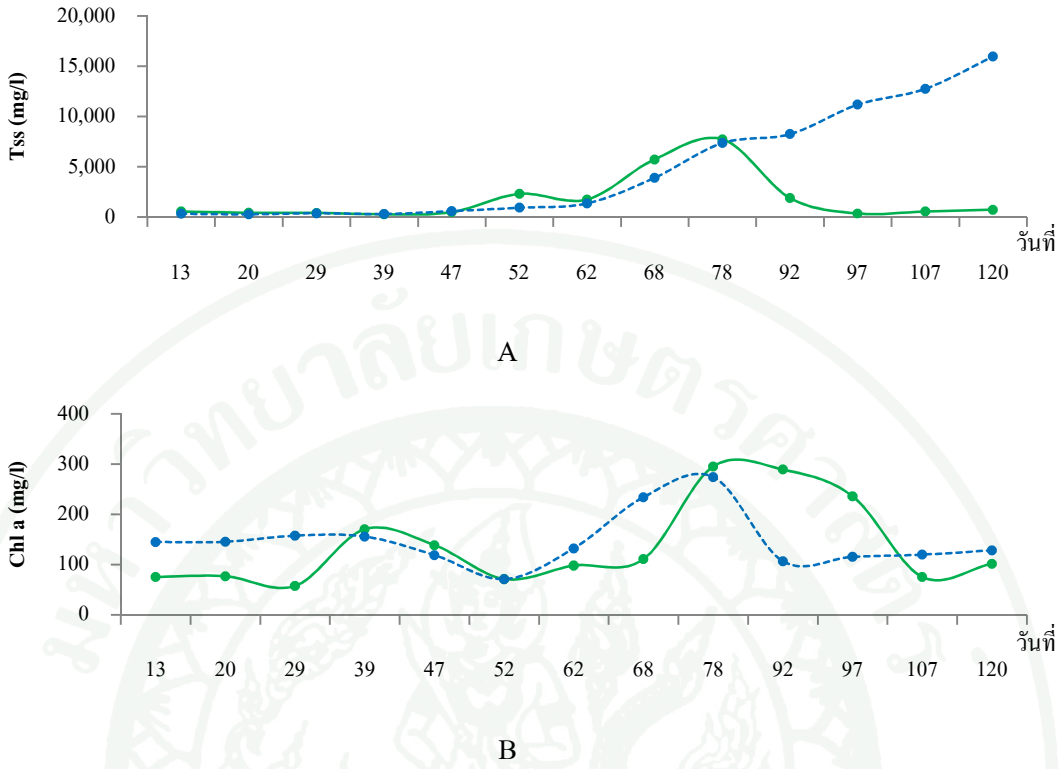
ภาพที่ 34 ค่าการนำไฟฟ้า (A) ความโปร่งแสง (B) ความเป็นด่าง (C) ความกระด้าง (D) ของน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 35 ปริมาณแอมโมเนียรวม (A) ไนไตรท์ (B) ไนเตรท (C) และฟอสฟอรัสรวม (D) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 36 ปริมาณตะกอนแขวนลอย (A) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (B) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในช่วงเตรียมบ่อระหว่างสองรอบการเลี้ยง พบความแตกต่างของคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ พีเอช ความเค็มของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นด่างรวมของน้ำ และปริมาณตะกอนแขวนลอย ที่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในรอบแรก (ตารางที่ 9) เนื่องจากการเลี้ยงในรอบที่ 2 เป็นการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมผ่านฤดูหนาว ทำให้การเตรียมบ่อ และน้ำที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงรอบต่อไปใช้เวลาสั้นกว่ารอบการเลี้ยงอื่น เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง เกษตรกรควรปล่อยกุ้งอย่างน้อย 60 วันก่อนที่จะเลี้ยงผ่านในช่วงฤดูหนาว ทำให้รอบการเลี้ยงที่ 2 มีสารอินทรีย์ค้างอยู่ในระบบการเลี้ยงค่อนข้างมากกว่าปกติ

ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ค้างอยู่ในดินตะกอนก้นบ่อ และน้ำที่หมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ ทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ความโปร่งแสงของน้ำลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเตรียมบ่อ และทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีมากกว่าในรอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลี้ยงแรก (ภาพที่ 37) แพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงและปล่อยออกซิเจนออกมา และมากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์ เป็นแพลงก์ตอนพืชทำให้พีเอชและปริมาณออกซิเจนในน้ำของรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าสูงมากกกว่าในรอบการเลี้ยงแรกมาก นอกจากนี้ สภาพบ่อที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณมาก ทำให้แบคทีเรียใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในบ่อ คาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาในระบบ ทำให้ความเป็นด่างของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 สูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1 และมีค่าสูงมากในช่วงท้ายของการเลี้ยง

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 และ2 ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

คุณภาพน้ำ	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
pH	8.8±0.2	9.1±0.2
Temperature (° C)	29.6±1.1	30.1±2.5
Salinity (psu)	7.3±1.3	7.9±0.7
Do (mg/L)*	5.5±1.1	11.5±1.9
Ec (ms/cm)	12.9±2.2	14.5±1.3
Transparency (cm.)*	28.4±16.6	11.4±4.3
Total alkalinity (mg/l)	161.5±32.1	171.9±24.8
Total hardness(mg/l)	1,644±257	1,691±220
Total ammonia nitrogen (mg/ l)*	2.8±1.0	1.0±0.5
Total nitrite- nitrogen (mg/ l)*	0.9±1.3	1.2±0.7
Total nitrate-nitrogen (mg/ l)*	0.7±0.04	0.4±0.3
Total phosphorus (mg/ l)*	0.12±0.04	1.0±0.4
Tss (mg/ l)*	2,418±4,090	3,856±5,376
Chlorophyll a (mg/ l)	142.8±122.3	152.8±56.3

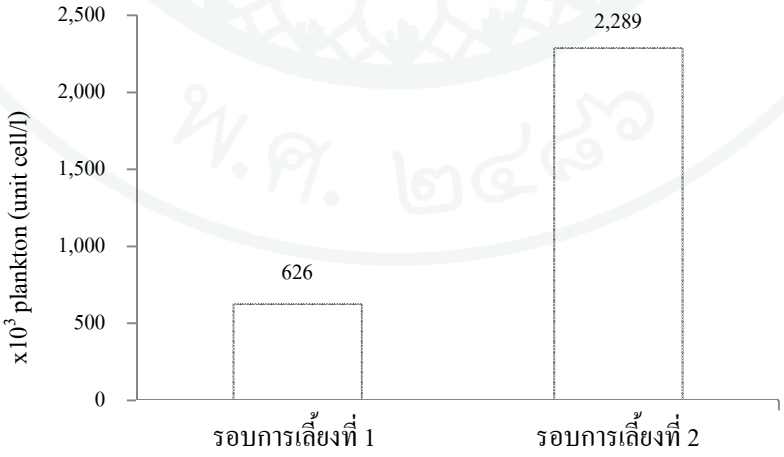
หมายเหตุ: * แสดงคุณภาพที่มีความแตกต่างกันในระหว่างสองรอบการเลี้ยง

อย่างไรก็ตามในสภาวะที่ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อมีความหนาแน่นมากจะส่งผลต่อการลดลงของออกซิเจนในน้ำเวลากลางคืนเนื่องจาก แพลงก์ตอน แบคทีเรีย และสิ่งมีชีวิตภายในบ่อจะใช้ออกซิเจนหายใจ และย่อยสลายของเสีย และการขับถ่ายของกุ้ง (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แหล่งที่มาของตะกอนและสารแขวนลอยจะเกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) เป็นกระบวนการที่เกิดจากแรงน้ำ แรงลม แรงโน้มถ่วงโลกที่ทำให้อนุภาคบนผิวดินแตกกระจายออกจากกัน (สมเจตน์, 2526) สำหรับตะกอนในบ่อกุ้งจะเกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ เนื่องจากเครื่องให้อากาศ 88-93 เปอร์เซ็นต์ (Funge-Smith and Briggs, 1998) ทำให้เกิดการสะสมของตะกอนและทำให้เกิดการตื้นเขิน (Boyd, 1989) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ตะกอนแขวนลอยเหล่านี้จะมาจากตะกอนดินที่ฟุ้งกระจาย หรือถูกกัดเซาะจากเครื่องให้อากาศแบบใบพัด และสารอินทรีย์ โดยเฉพาะในรอบการเลี้ยงที่ 2 ที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยมากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีผลต่อความโปร่งแสงของน้ำที่ลดลงอย่างมาก โดยปกติตะกอนแขวนลอยในน้ำจะมีผลต่อความโปร่งแสงของน้ำ และส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของผู้ผลิตเบื้องต้น (Boyd, 1989)

ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีค่ามากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยเฉพาะในช่วงต้นของการเลี้ยงทั้งสองรอบ เนื่องมาจากระบบการเลี้ยงของฟาร์มซึ่งเป็นระบบปิด น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงในรอบแรกจะถูกนำกลับมาใช้ในการเลี้ยงในรอบต่อไป ทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงมีค่าสูง และลดลงเนื่องจากการดึงแอมโมเนียในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ทำให้ในรอบการเลี้ยงที่ 2 ปริมาณแพลงก์ตอนในรอบการเลี้ยงที่ 2 จึงมีความหนาแน่นมากกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1



ภาพที่ 37 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

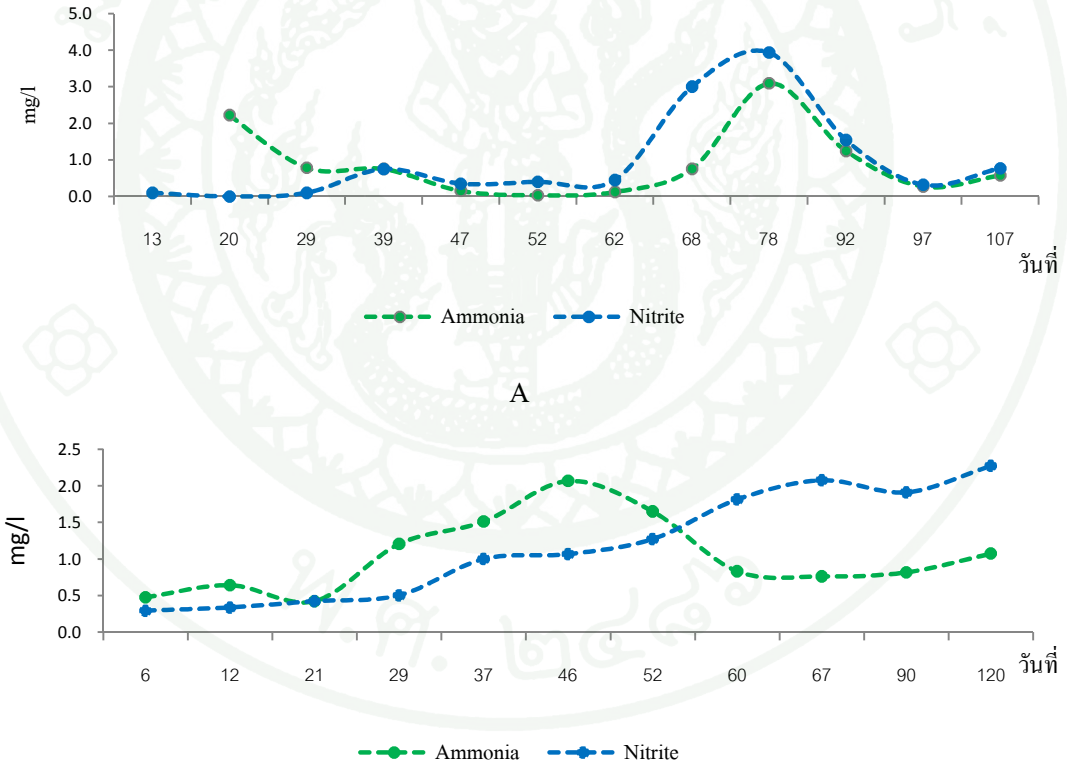
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณไนไตรท์ทั้งสองรอบการเลี้ยงมีค่าสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เหมาะเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเล (Chen and Chin, 1988; Brock and Main, 1994) ส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนจากแอมโมเนีย เป็นไนไตรท์และไนเตรทจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างสมบูรณ์เมื่อมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพียงพอ จากการศึกษาครั้งนี้พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ในน้ำในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง เมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มมากขึ้นปริมาณไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นตามในเวลาต่อมา แต่ในช่วงท้ายของการเลี้ยงพบว่าทั้งปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์แนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 38 A) หรือปริมาณแอมโมเนียลดลงเนื่องจากเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ ส่งผลให้ปริมาณไนไตรท์มีค่าสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง (ภาพที่ 38 B) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในน้ำนั้นไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียและไนไตรท์ภายในบ่อ แต่อย่างไรก็ตามก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในพื้นที่และปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางผนวกที่ 15) ซึ่งตามปกติแล้วเมื่อตะกอนแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นจะบดบังแสง ทำให้แพลงก์ตอนพืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แต่การศึกษาครั้งนี้ พบว่าในช่วงต้นของการเลี้ยงปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำในช่วงต้นของการเลี้ยง ซึ่งสัมพันธ์กับความโปร่งแสงของน้ำ ในช่วงท้ายของการเลี้ยง ปริมาณตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ความโปร่งแสงลดลง (ภาพที่ 39 A และ 39 D) อย่างไรก็ตามในบางบ่อเลี้ยง พบปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง แต่ไม่มีผลต่อความโปร่งแสงของน้ำ (ภาพที่ 39 D) ปริมาณแพลงก์ตอนพืชภายในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มมากขึ้น(ภาพที่ 39 B และ 39 E) ทั้งนี้อาจจะมาจากการให้อาหารที่มากเกินไป โดยดูได้จากปริมาณไนเตรทในน้ำที่สะสมอยู่ในระบบการเลี้ยง ทำให้แพลงก์ตอนพืชยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาพที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยมาก ปริมาณแพลงก์ตอนที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับความโปร่งแสงที่ลดลง (ภาพที่ 39 C และ 39 F) ดังนั้นความขุ่นของน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่จึงมาจากการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนภายในบ่อมากกว่าตะกอนขวนลอยในน้ำ

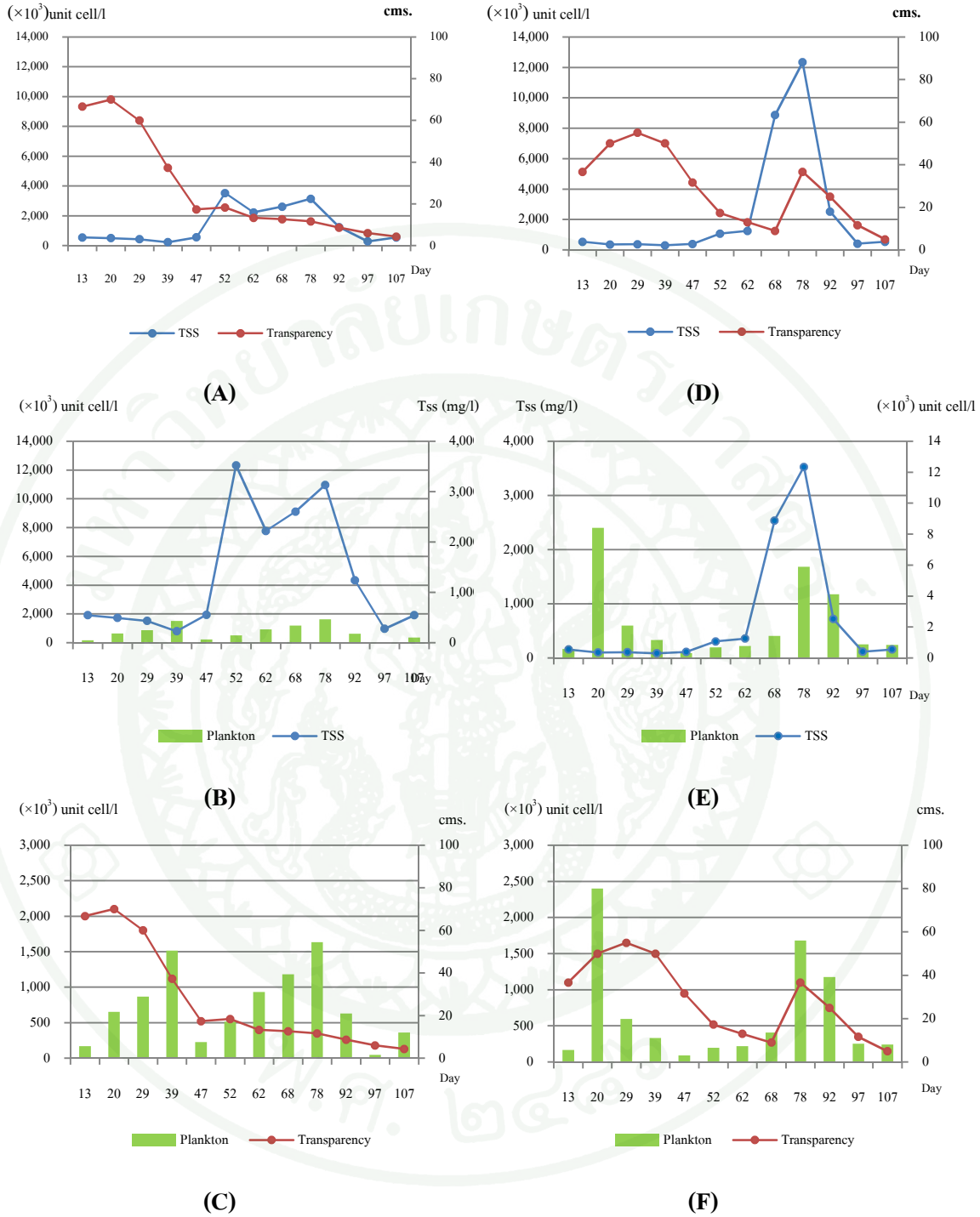
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับแพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบในพื้นที่ พบว่า แพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia* ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำตัวใดเป็นพิเศษ ในขณะที่แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* มีความสัมพันธ์กับพีเอชในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) (ตารางผนวกที่ 16) สำหรับ *Trachelomonas* มีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนไตรท์ และตะกอนแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และแสดงความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษาของพัชริดา (2543) เช่นเดียวกัน ที่พบว่าปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณไนไตรท์ ส่วนแพลงก์ตอนพืชสกุล *Nitzschia* ไม่พบความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในพื้นที่ เนื่องจากแพลงก์ตอนในกลุ่มนี้เป็นพบในปริมาณน้อยและคงที่ สำหรับปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ในพื้นที่ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในพื้นที่เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 (A) และรอบการเลี้ยงที่ 2 (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย ความโปร่งแสง และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

คุณภาพน้ำในช่วงเตรียมบ่อทั้งสองรอบการเลี้ยงมีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (ตารางที่ 10) คุณภาพน้ำหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมสอดคล้องกับรายงานของ ชลอ และพรเลิศ (2547) โดยค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำโดยรวมในพื้นที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พีเอชของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.0±0.2 พีเอชของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 8.0±0.2 แนวโน้มพีเอชน้ำแปรผันในช่วงต้นของการเลี้ยง พีเอชน้ำเริ่มคงที่และมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงปลายของการเลี้ยง (ภาพที่ 40 A)

ตารางที่ 10 คุณภาพน้ำเฉลี่ยระหว่างเตรียมบ่อในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

คุณภาพน้ำ	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
pH	8.0±0.1	8.0±0.2
Temperature (° C)	30.4±0.14	29.9±1.0
Salinity (psu)	34.0±0.5	32.3±3.2
Do (mg/l)	6.8±0.13	6.0±1.7
Ec (ms/cm)	44.5±3.3	46.6±8.4
Transparency (cm.)	46.5±3.56	23.8±7.9
Total alkalinity (mg/l)	87.6±11.17	137±14.3
Total hardness(mg/l)	6,786±102	6,443±320
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.11±0.03	0.1±0.01
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.06±0.02	0.04±0.01
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	0.59±0.06	0.02±0.0
Total phosphorus (mg/l)	1.05±0.17	0.4±0.3
Tss (mg/l)	61.5±10	45±17
Chlorophyll *a* (mg/l)	42±3.01	51.5±13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 29.7±1.0 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 30 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในช่วงท้ายของการเลี้ยง อุณหภูมิของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 29.8±1.8 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงเหมือนกันในรอบการเลี้ยงแรก (ภาพที่ 40 B)

ความเค็มของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 31.8±2.2 psu มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 40 วันแรก และลดลงในวันที่ 47, 71 และวันที่ 104 เนื่องจากมีการเติมน้ำในระหว่างการเลี้ยง ความเค็มของน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 31.5±1.8 psu มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 55 วันแรกของการเลี้ยง จากนั้นลดลงในวันที่ 71 และคงที่ในช่วงท้ายของการเลี้ยง (ภาพที่ 40 C)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 5.6±2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 5.5±1.9 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 40-47 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 40 D) เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ในการหายใจของสิ่งมีชีวิต และแบคทีเรียเพื่อย่อยสลายของเสียที่เกิดขึ้นภายในบ่อ (อนันต์, 2536; Boyd, 1990) อย่างไรก็ตาม ถือว่าเพียงพอต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม คือ ไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 44.7± 12.7 ms/cm รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 44.8±10.5 ms/cm แนวโน้มการนำไฟฟ้าในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ยกเว้นในช่วงท้ายของการเลี้ยงในรอบการเลี้ยงที่ 2 ที่มีค่าลดลงในช่วงปลายของการเลี้ยง (ภาพที่ 41 A) ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความเค็มและความกระด้างซึ่งเป็นปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของอิออนที่ละลายในน้ำ และความกระด้างของน้ำซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณอิออนในกลุ่มที่มีประจุ +2 ได้แก่ Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Fe^{2+} และ Fe^{3+} (ลวไมย, 2545)

ความโปร่งแสงของน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 23.2± 11.1 เซนติเมตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 24.3±11.4 เซนติเมตร ความโปร่งแสงของน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ค่าความโปร่งแสงในรอบการเลี้ยงแรกจะมีค่าต่ำกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 2 โดยลดลงอย่างรวดเร็วใน 20 วันแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็ว ในขณะที่รอบการเลี้ยงที่ 2 ค่าความโปร่งแสงของน้ำจะลดลงรวดเร็วในช่วง 30 วันแรก (ภาพที่ 41 B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นด่างของน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 96.9± 29.3 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 127.2± 21.4 มิลลิกรัมต่อ ความเป็นด่างของน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และความเป็นด่างในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่ามากกว่ารอบการเลี้ยงที่ 1 (ภาพที่ 41 C) แสดงว่าเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงมากขึ้น ทำให้มีการสะสมของปริมาณสารอินทรีย์ภายในบ่อ การย่อยสลาย และการหายใจของแบคทีเรียจึงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อมากขึ้น และส่งผลให้ความเป็นด่างรวมของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ความกระด้างของน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 6,389±284 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 6,338±279 มิลลิกรัมต่อ เมื่อเปรียบเทียบความกระด้างของน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่า ในช่วง 60 วันแรกความกระด้างของน้ำไม่คงที่ แต่หลังจากวันที่ 90 ของการเลี้ยงความกระด้างของน้ำคงที่ และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 41 D) การแปรผันที่เกิดขึ้นในระหว่างการเลี้ยง เนื่องมาจากในช่วงต้นของการเลี้ยงกุ้งขาวดึงแร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ในน้ำเพื่อใช้ในการลอกคราบและเจริญเติบโต

ปริมาณแอมโมเนียรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 2.1±2.2มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มสูงตั้งแต่เริ่มต้นการเลี้ยง และลดลงในช่วงวันที่ 30 วัน เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณแอมโมเนียลดลง ปริมาณแอมโมเนียลดลงในวันที่ 47, 104 และ 120 เป็นช่วงที่มีการเติมน้ำ และเปลี่ยนถ่ายน้ำก่อนที่จะสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง ปริมาณแอมโมเนียรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 1.6±0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 42 A) ปริมาณแอมโมเนียรวมในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีแนวโน้มลดลงในช่วง 30 วันแรกของการเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงที่มีแพลงก์ตอนพืชเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับรอบการเลี้ยงแรก (ภาพที่ 42 A) ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ลดลงในวันที่ 47, 104 และ 134 ลดลงเนื่องมาจากการถ่ายน้ำ อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเป็นระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Boyd and Tucker, 1998; ชลอ และพรเลิศ, 2547) การเติมน้ำ และเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเป็นวิถีที่ทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลง (พจมาน, 2549)

ปริมาณไนไตรท์รอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 1.0±1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 47 และเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 104 ของการศึกษา ปริมาณไนไตรท์ที่ลดลงในวันที่ 113 ของการเลี้ยง เนื่องมาจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ภาพที่ 42 B) ปริมาณไนไตรท์รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.9±1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 47 ของการเลี้ยง และมีค่าสูงสุดในวันที่ 104

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และค่อยๆลดลงในวันที่ 134 อย่างไรก็ตามปริมาณไนไตรท์เพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง (ภาพที่ 42 B) ทั้งสองรอบการเลี้ยงมีปริมาณไนไตรท์สูงกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยง (ชลอและพรเลิศ, 2547) นอกจากยังมีการสะสมของไนไตรท์ในระหว่างการเลี้ยง เกิดจากให้อาหารเกิน แอมโมเนียรวมในน้ำที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกเริ่มลดลง และเปลี่ยนมาเป็นไนไตรท์และสะสมอยู่ในบ่อ การลดปริมาณไนไตรท์ในระบบได้แก่ การเปลี่ยนถ่ายน้ำ เห็นได้จากปริมาณไนไตรท์ที่ลดลงในช่วงวันที่ 113 ของการเลี้ยงในรอบการเลี้ยงแรก และวันที่ 134 ในรอบการเลี้ยงที่ 2 ที่ปริมาณไนไตรท์ลดลง

ปริมาณไนเตรททั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง โดยปริมาณไนเตรทในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.6±0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรทในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.5±0.7 มิลลิกรัมต่อ (ภาพที่ 42 C) แนวโน้มปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเพียงพอ ทำให้แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้อย่างสมบูรณ์ (ชลอ และพรเลิศ, 2547)

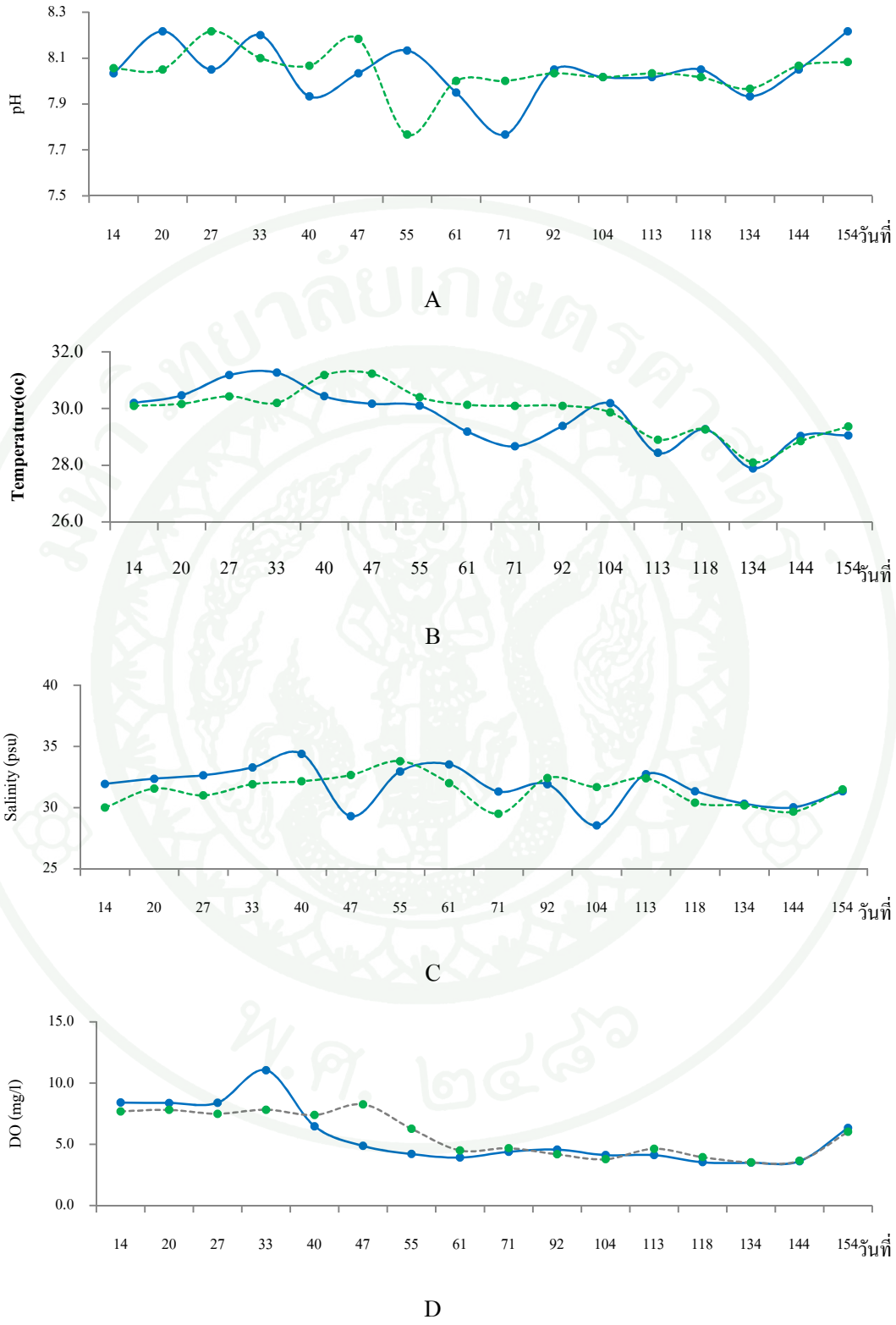
แนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 0.6±0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 71 ของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 92 และ 114 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.6±0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีแนวโน้มลดลงในช่วง 30 วันแรก และเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 104 และลดลงในวันที่ 133 และ 144 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 42 D)

ปริมาณตะกอนแขวนลอยรวมในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 743±1,063 มิลลิกรัมต่อลิตร รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 745±952 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 43 A) ในแหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 25-80 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80-400 มิลลิกรัมต่อลิตรจะให้ผลผลิตลดลง และถ้ามากเกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไปจะเลี้ยงปลาไม่ได้ (ไมตรีและ จารุวรรณ, 2528) จากการศึกษาครั้งส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะในช่วงท้ายของการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

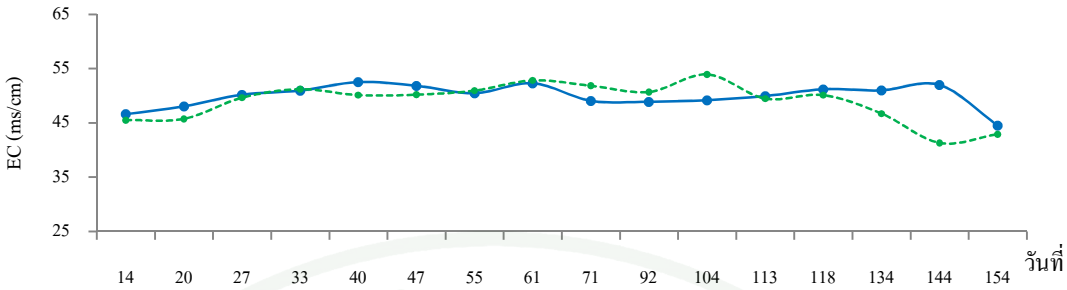
ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 177±140 มิลลิกรัมต่อ (ภาพที่ 43 B) คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงสุดในวันที่ 55 และวันที่ 92 และลดลงในช่วงวันที่ 61 และ 113 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 171.8±136 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงสุดในวันที่ 90 และลดลงในวันที่ 113 เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 43 B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

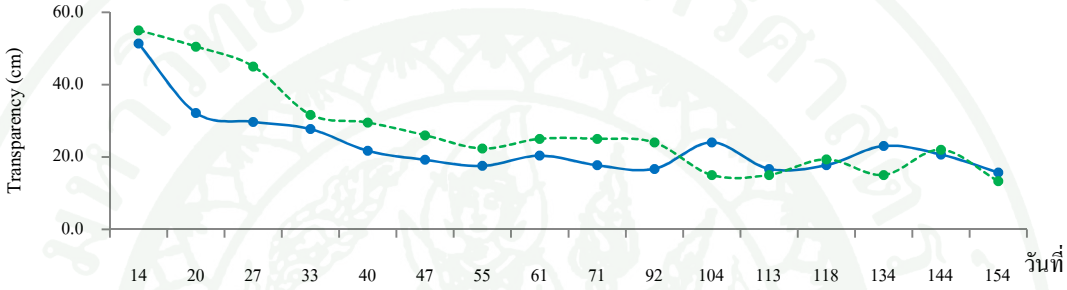


ภาพที่ 40 พีเอช (A) อุณหภูมิ (B) ความเค็ม (C) และออกซิเจน (D) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2

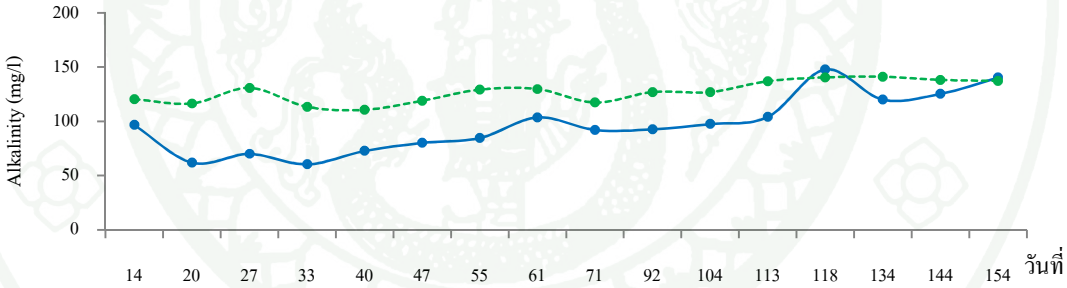
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



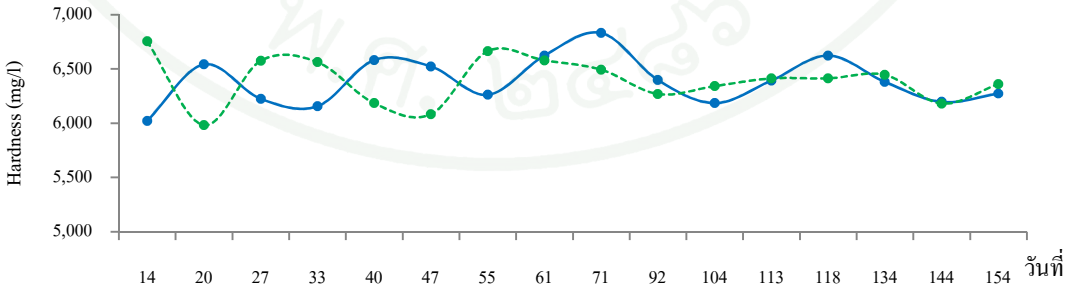
A



B



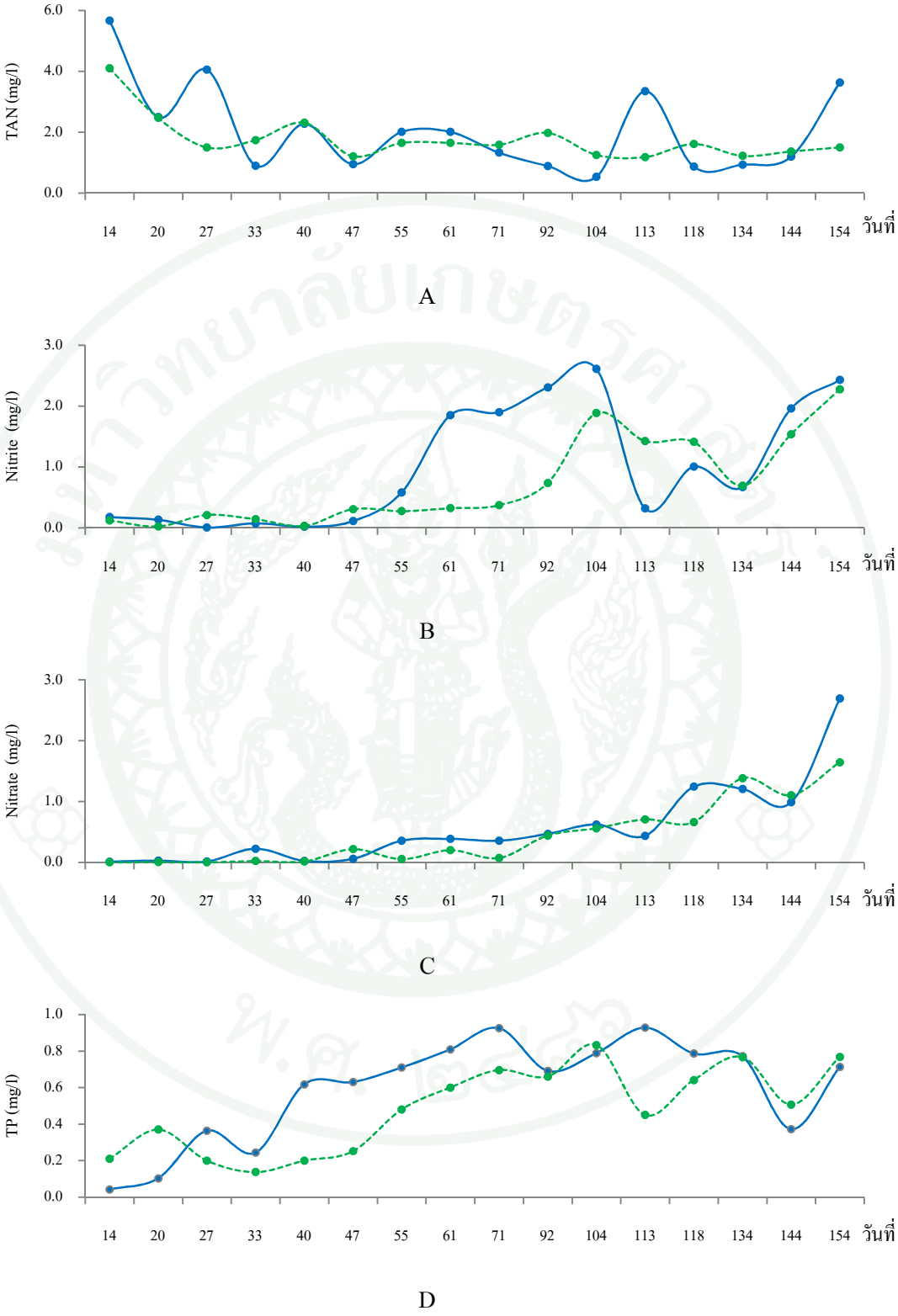
C



D

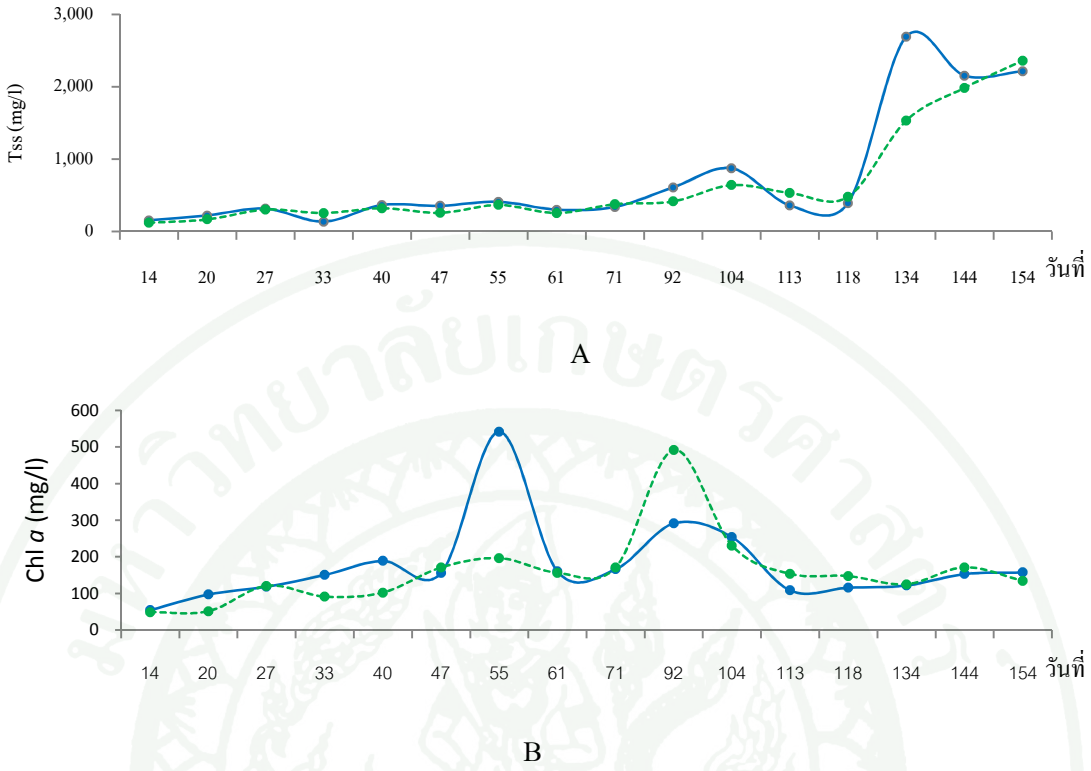
ภาพที่ 41 ค่าการนำไฟฟ้า (A) ความโปร่งแสง (B) ความเป็นด่าง (C) และความกระด้าง (D) ของน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 42 ปริมาณแอมโมเนีย (A) ไนไตรท์ (B) ไนเตรท (C) และฟอสฟอรัสรวม (D)ในน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 43 ปริมาณตะกอนแขวนลอย (A) คลอโรฟิลล์ เอ (B) ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ โดย ▬ เป็นรอบการเลี้ยงที่ 1 ▬ และรอบการเลี้ยงที่ 2

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติคุณภาพน้ำระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนรวม ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแพลงก์ตอนรวมและแพลงก์ตอนพืชในบ่อที่มีสีน้ำคงที่มีค่ามากกว่าในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในบ่อที่สีน้ำล้มบ่อยครั้งจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำมากกว่าบ่อที่มีสีน้ำนิ่ง (ตารางผนวกที่ 17) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำจะมีความสัมพันธ์ปริมาณแพลงก์ตอนพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติฟอสฟอรัสในน้ำส่วนใหญ่จะมาจากจากอาหารที่เกษตรกรให้ตลอดการเลี้ยง และจะมีปริมาณมากขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995) ฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดินตะกอนพื้นบ่อ (Funge-Smith and Briggs, 1998) และละลายขึ้นสู่มวลน้ำ สุดท้ายจะถูกแพลงก์ตอนพืชใช้ในการเจริญเติบโต (Boyd and Tucker, 1998) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต

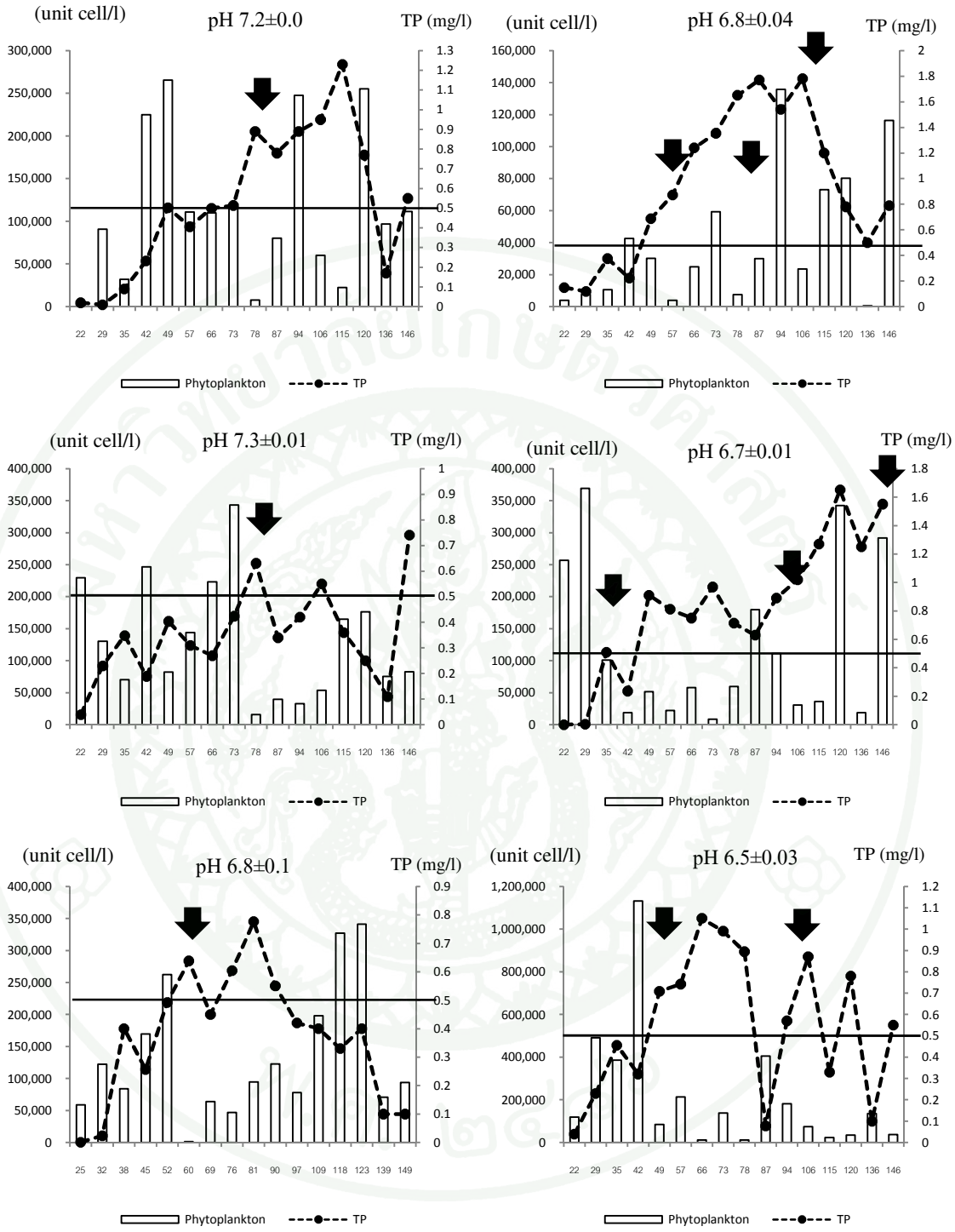
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของแพลงก์ตอนพืชและกระตุ้นเกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืช (Kaplan *et al*., 1986) และทำให้เกิดการตายของแพลงก์ตอนพืชพร้อม ๆ กัน

Boyd (2003) เสนอการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรควบคุมให้ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่ามากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชภายในบ่อ (ภาพที่ 44) เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่ามากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนภายในบ่อลดลง และถ้ามีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลายาวนาน ปริมาณแพลงก์ตอนจะมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยขึ้น และถี่ (ภาพที่ 44 B) สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำ ดังนั้นการควบคุมฟอสฟอรัสในน้ำไม่ให้เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจะช่วยลดปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน และการตายพร้อม ๆ กันในเวลาต่อมา แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะมาจากอาหารสัตว์น้ำถึง 51 เปอร์เซ็นต์ (Smith and Briggs, 1998) และสะสมอยู่ที่พื้นบ่อ ฟอสฟอรัสในดินจะละลายออกมาเมื่อ พีเอชดินอยู่ระหว่าง 5.5-7.3 (Busman *et al*, 2009) เมื่อพิจารณาพีเอชของดินในแต่ละบ่อ พบว่าบ่อที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำบ่อยครั้งมีพีเอชอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 และปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเริ่มเพิ่มขึ้นและเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรในช่วง 40 วันแรกของการเลี้ยง (ภาพที่ 44 B) แต่ในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยพีเอชของดินจะมีค่าอยู่ระหว่าง 6.8-7.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำจะเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเกิดช้ากว่า ส่วนใหญ่จะเกิดในช่วง 70-80 วันของการเลี้ยงเป็นส่วนใหญ่ และการตายของแพลงก์ตอนจะเกิดน้อยครั้งกว่าในบ่อที่มีพีเอชของดินต่ำ

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนโดยรวม และปริมาณแพลงก์ตอนพืชต่อคุณภาพน้ำพบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวม และแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับพีเอชในน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) (ตารางผนวกที่ 18) การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำให้พีเอช ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนชนิดเด่นร่วมกับคุณภาพน้ำ พบว่าแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำอื่น ๆ ภายในบ่อ (ตารางผนวกที่ 19)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(A) (B)

ภาพที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ A: บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย B: บ่อที่มีการเปลี่ยนแปลสีน้ำมาก (--- แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, ⇩ แสดงปริมาณแพลงก์ตอนเปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การศึกษาคุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำและความเค็มปกติ

5.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ

การศึกษาสมบัติของดิน ได้แก่ องค์ประกอบของเนื้อดิน พีเอช ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณสารอินทรีย์รวมในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่าองค์ประกอบของเนื้อดินเป็นแบบเนื้อดินเหนียว โดยมีสัดส่วนของอนุภาคดินทรายอยู่ระหว่าง 17-21 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้งอยู่ระหว่าง 13-30 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียวอยู่ระหว่าง 49-70 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของดินอยู่ระหว่าง 6.5 - 7.2 มีค่าเฉลี่ย 6.9±0.25 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 องค์ประกอบเนื้อดินและพีเอชของดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในจังหวัดราชบุรี

	องค์ประกอบเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์)					
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 4	บ่อที่ 5	บ่อที่ 6
ทราย	17	17	21	19	21	18
ทรายแป้ง	13	22	30	21	30	19
ดินเหนียว	70	61	49	60	49	63
ลักษณะเนื้อดิน	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay
พีเอชดิน	6.9±0.04	6.5±0.01	7.2±0.03	7.2±0.04	7.0±0.02	7.0±0.04

ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินรอบการเลี้ยงที่ 1 ในช่วงเตรียมบ่อมีปริมาณไนโตรเจนรวม 0.22 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.10 μg.P และปริมาณสารอินทรีย์เริ่มต้นภายในบ่อ 1.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ หลังจากปล่อยกุ้งขาวลงเลี้ยงพบว่าคุณภาพดินในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าเฉลี่ย 0.42±0.17 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ย 0.36±0.11 μg.P และปริมาณสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 3.41±0.42 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 20) รอบการเลี้ยงที่ 2 พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวม 0.18±0.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 0.10 ±0.01 μg.P และปริมาณสารอินทรีย์เริ่มต้นภายในบ่อ 2.05±0.04 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ หลังจากปล่อยกุ้งขาวลงเลี้ยงพบว่าคุณภาพดินในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าเฉลี่ย 3.23±0.59 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ย 3.53±0.63 μg.P และปริมาณสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 4.05±0.82 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่ามากกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 1 (ภาพที่ 45) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนโดยรวม แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และแพลงก์ตอนที่เป็นกลุ่มเด่นกับคุณภาพดิน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 21) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและคุณภาพน้ำพบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินมีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิน้ำ ความเค็มของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ ความโปร่งแสง ความกระด้างของน้ำ และปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำ ในทิศทางตรงกันข้าม (ตารางผนวกที่ 22) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินมีความสัมพันธ์ กับ อุณหภูมิน้ำ ความเค็มของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ ความโปร่งแสง ความกระด้างของน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ในทิศทางตรงกันข้าม แต่ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศทางเดียวกัน และ ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความเค็มของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความโปร่งแสง ความกระด้างของน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ในทิศทางตรงกันข้าม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

องค์ประกอบของเนื้อดินฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ มีสัดส่วนของอนุภาคทรายอยู่ระหว่าง 25-35 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้งอยู่ระหว่าง 20-30 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียวอยู่ระหว่าง 42-47 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5 - 7.8 มีค่าเฉลี่ย 7.16±0.6 (ตารางที่ 12) สมบัติของดินในรอบการเลี้ยงที่ 1 ในช่วงเตรียมบ่อ พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณสารอินทรีย์เริ่มต้นภายในบ่อ มีค่า 0.34 เปอร์เซ็นต์ 0.14 µg.P และ 0.54 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ หลังจากปล่อยกุ้งขาวลงเลี้ยงพบว่าคุณภาพดินในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าเฉลี่ย 0.29±0.09 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ย 0.27±0.13 µg.P และปริมาณสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 2.53±1.36 เปอร์เซ็นต์ สมบัติของดินในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และปริมาณสารอินทรีย์เริ่มต้นภายในบ่อ มีค่า 0.62 เปอร์เซ็นต์ 0.1 µg.P และ 0.55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ หลังจากปล่อยกุ้งขาวลงเลี้ยงพบว่าปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าเฉลี่ย 0.32±0.05 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ย 0.31±0.11 µg.P และปริมาณสารอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 2.62±0.69 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ตารางผนวกที่ 23)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 องค์ประกอบเนื้อดินและพีเอชของดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

	องค์ประกอบเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ทราย	31	32	33	35	27	25
ทรายแป้ง	26	26	20	20	30	28
ดินเหนียว	43	42	47	45	43	47
ลักษณะเนื้อดิน	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clay
pH	6.6±0.01	6.5±0.02	6.7±0.03	7.7±0.04	7.67±0.04	7.8±0.07

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติดินระหว่างสองรอบการเลี้ยง พบว่าปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณสารอินทรีย์รวมในรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าสูงกว่าในรอบการเลี้ยงแรกเล็กน้อยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 74) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนโดยรวม แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และแพลงก์ตอนที่เป็นกลุ่มเด่นกับคุณภาพดิน พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 24) ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอน และคุณภาพดิน พบว่าแพลงก์ตอนโดยรวม และแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์ไปทิศทางเดียวกับพีเอชดิน และปริมาณสารอินทรีย์ในดิน และแพลงก์ตอนสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) (ตารางผนวกที่ 24)

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและคุณภาพน้ำภายในบ่อ พบว่าพีเอชดินมีความสัมพันธ์กับพีเอชของน้ำ ความกระด้างของน้ำในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และสารอินทรีย์รวมในดินมีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ความโปร่งแสงในทิศทางตรงข้าม นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนรวม และสารอินทรีย์รวมในดินยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในกลุ่มของไนไตรท์ ไนเตรทในน้ำ รวมทั้งปริมาณตะกอนแขวนลอยในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ปริมาณฟอสเฟตในดินยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำและ ปริมาณธาตุอาหารในกลุ่มของไนไตรท์ ไนเตรทในน้ำในทิศทางเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ

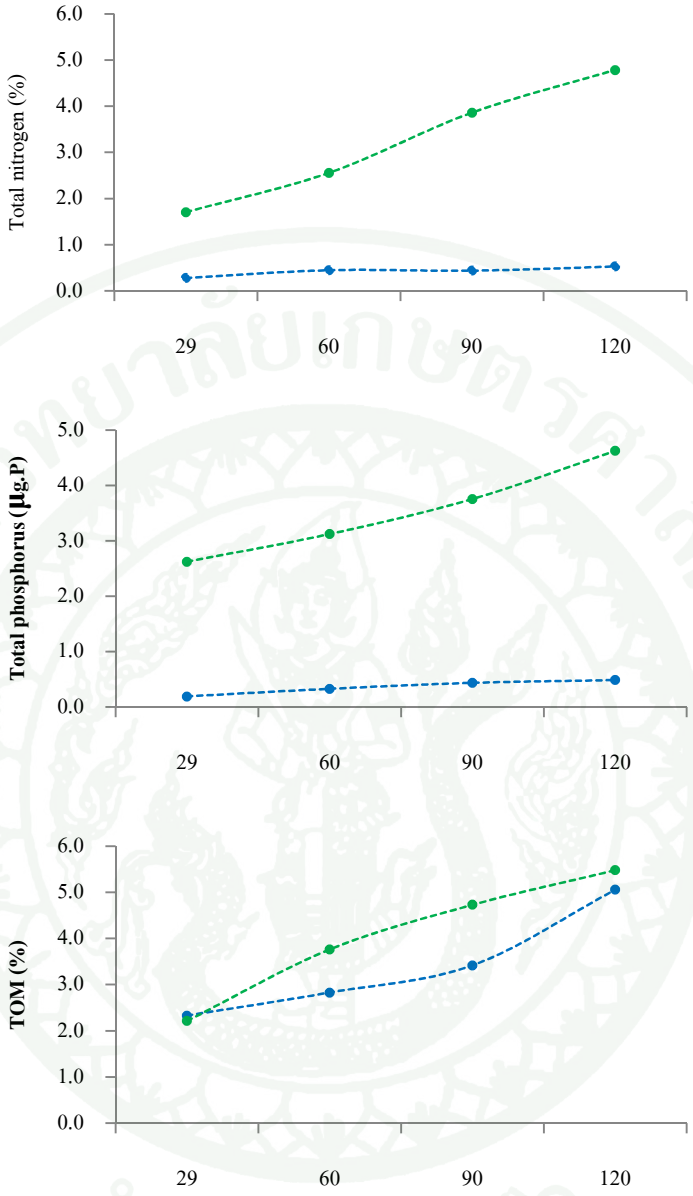
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) (ตารางผนวกที่ 25) เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของดินระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงมาก พบว่าพีเอชของดิน และปริมาณสารอินทรีย์ในดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) โดยพีเอชของดินในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยมีค่ามากกว่าในบ่อที่มีสีน้ำล้ม ในขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์ในบ่อที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำบ่อยครั้งมีปริมาณสารอินทรีย์ในดินมากกว่าในบ่อที่มีสีน้ำคงที่ (ตารางที่ 13)

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินต่อแพลงก์ตอนภายในบ่อ และคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ พบความสัมพันธ์ที่เหมือนกันคือ คุณภาพดินในบ่อไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนโดยตรง แต่จะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำภายในบ่อ และคุณภาพดินได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากการเลี้ยง และพบว่าคุณภาพดินเหล่านี้ในการเลี้ยงในรอบที่ 2 จะมีปริมาณสูงกว่าในรอบการเลี้ยงแรก

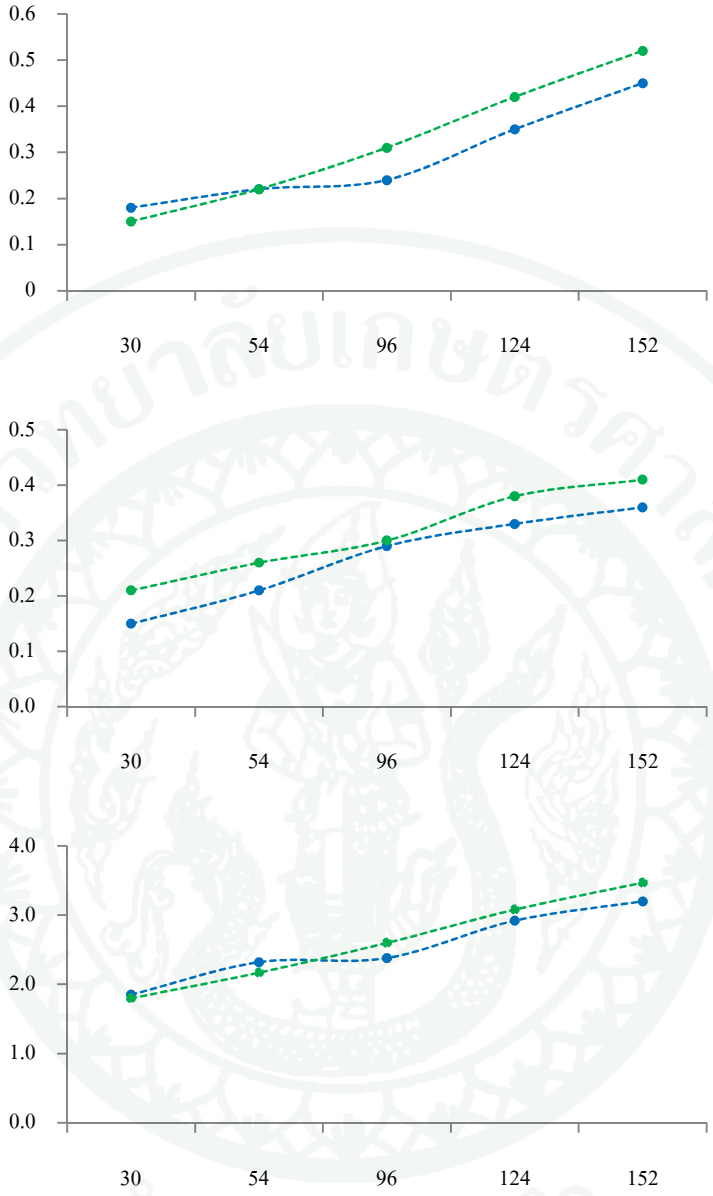
ปกติแล้วปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่จะมาจากหาอาหาร (Thakur and Lin, 2003 ; Hopkins *et al*, 1993) และการขับถ่ายของกุ้งภายในบ่อ (Burford and Williams, 2001) Thakur and Lin (2003) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจน 76–92 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 70–91 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในบ่อเลี้ยงจะอยู่ในตะกอนดิน ซึ่งสอดคล้องกับ Brigg and Funge-Smith (1994) ที่รายงานว่าไนโตรเจน 31 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 84 เปอร์เซ็นต์จะสะสมในดินตะกอน โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดินหลังจากการเลี้ยงในรอบที่แล้วมีสูงถึง 24 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จารุมาศ (2548) รายงานว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะละลายออกมาและสะสมอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และซึมผ่านขึ้นสู่มวลน้ำ โดยฟอสฟอรัสในดินจะละลายออกมามากที่สุดเมื่อ พีเอชของดินอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 (Busman *et al*., 2007) และในสภาพที่ดินขาดออกซิเจน (Boyd, 1998) สำหรับไนโตรเจนในดินจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดินและปลดปล่อยออกมาในรูปของแอมโมเนียรวม (TAN) ในมวลน้ำ (Burford and Williams, 2001) จากนั้นทั้งแอมโมเนียและฟอสฟอรัสถูกใช้โดยแพลงก์ตอนพืชในการเจริญเติบโต (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 45 แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวม (A) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (B) และปริมาณสารอินทรีย์ในดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ (C) โดย ▬ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 46 แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนรวม (A) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (B) และปริมาณสารอินทรีย์ในดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ (C) โดย ▬ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ ▬ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 พีเอชของดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ

รอบการเลี้ยง	คุณภาพดิน	บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย	บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย
รอบการเลี้ยงที่ 1	Soil pH	7.2±0.02[a]	6.5±0.17[b]
	Total nitrogen	0.32±0.07[a]	0.37±0.19[a]
	Total phosphorus	1.72±0.03[a]	1.53±0.13[a]
	Total organic matter	2.98±0.22[a]	4.65±0.12[b]
รอบการเลี้ยงที่ 2	Soil pH	7.0±0.01[a]	6.8±0.1[b]
	Total nitrogen	0.32±0.05[a]	0.37±0.19[a]
	Total phosphorus	0.31±0.11[a]	0.32±0.11[a]
	Total organic matter	3.62±0.69[a]	4.65±0.12[b]

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาสมบัติของดินในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่าองค์ประกอบของเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและฟุ้งกระจายอยู่ในมวลน้ำตลอดการเลี้ยง (ภาพที่ 47) ดินเหนียวจะมีอนุภาคของดินขนาดเล็ก เบา ฟุ้งกระจายได้ง่ายจากการชะของน้ำฝนจากขอบบ่อ การกัดเซาะบริเวณมุมบ่อจากแรงน้ำ ฟุ้งกระจายจากสิ่งมีชีวิตที่มีพฤติกรรมคุยพื้นบ่อ เช่น กุ้งหรือปลา อนุภาคของดินจะจับกับอนุภาคที่มีประจุลบ ทำให้เกิดตะกอนแขวนลอย และบดบังแสงทำให้ความโปร่งแสงของน้ำน้อยกว่า 10 เซนติเมตร (Lin *et al*., 1997) ความขุ่นของน้ำจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอน (สิทธิชัย, 2549) แต่อย่างไรตาม เมื่อสังเกตสีน้ำพบว่าสีน้ำในบ่อจะมีสีเข้มมาก เนื่องจากการให้อาหารเกิน และปริมาณตะกอนแขวนลอยก็เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และมีปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ในน้ำสูงตลอดการเลี้ยง หลังจากการจับจะพบว่าเลนมีการกระจายทั่วบ่อ และดินมีสีดำ และมีกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ภาพที่ 48 และ 49) แสดงว่าตะกอนแขวนลอยบางส่วนจะจมลงที่พื้นบ่อ ร่วมกับการตายของแพลงก์ตอนเนื่องจากมีความหนาแน่นมาก ทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนที่พื้นบ่อ สภาพที่เกิดขึ้นทำให้กุ้งบางส่วนตายในระหว่างการเลี้ยง นอกจากนี้ฟาร์มนี้มีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน น้ำที่ใช้

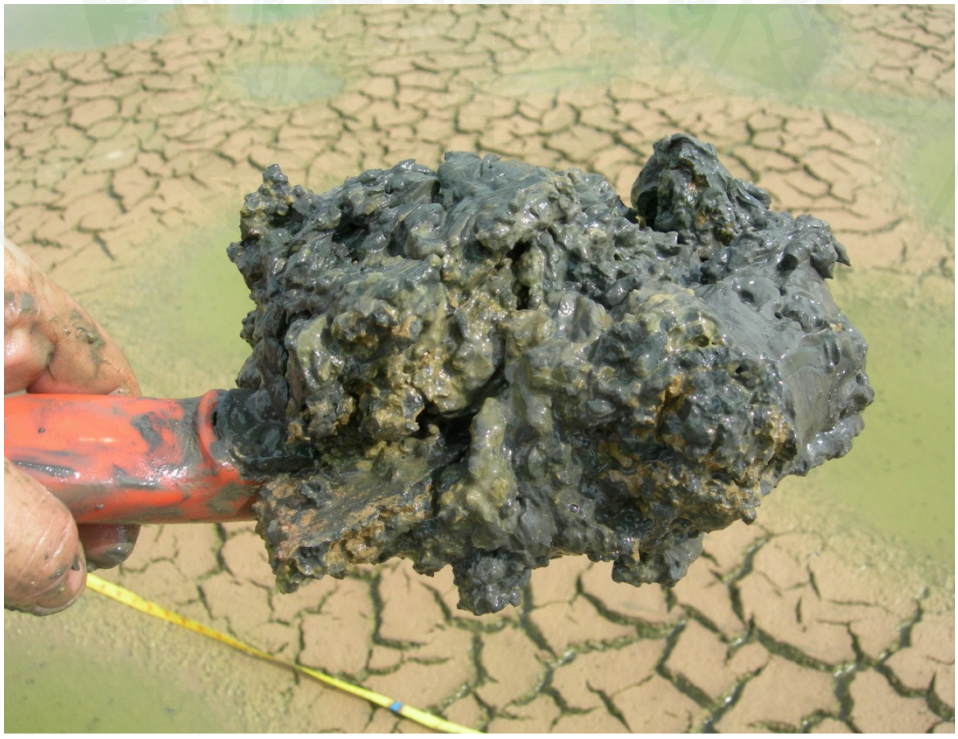
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมุนเวียนในพื้นที่มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมาก และมีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งมีระยะเวลาในการพักน้ำในบ่อพักน้ำระหว่างการเลี้ยงรอบแรกและรอบที่สองน้อยเกินไป ทำให้มีสารอินทรีย์ตกค้าง นอกจากนี้ แพลงก์ตอนบางส่วนที่ตายระหว่างการเลี้ยงจะทับถมกันทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นอีกทำให้น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งมีสีเข้มมากขึ้น โดยเฉพาะก่อนจับกุ้ง (ภาพที่ 50 และภาพที่ 51) ดังนั้นในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียนจะมีการสะสมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์ในน้ำและดินมากกว่าการเลี้ยงในระบบอื่น ๆ การลดปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สารอินทรีย์ในน้ำสามารถทำได้โดยการพักน้ำในบ่อพักน้ำเป็นเวลานาน หรืออาจจะใช้การบำบัดทางชีวภาพ เช่นการใช้สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำ หรือหอยสองฝาในการลดปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ และการตากบ่อและไถพรวนเพื่อเปิดหน้าดินอย่างน้อย 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 1 เดือนก็จะ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในดินตลอดระยะเวลาการเลี้ยงได้เป็นอย่างดี (Seo and Boyd, 2001)

ภาพที่ 47 การฟุ้งกระจายของอนุภาคดินเหนียวในระหว่างการเลี้ยงในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 48 เลนที่กระจายทั่วบ่อหลังการจับ



ภาพที่ 49 สภาพดินหลังการจับในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 50 สีน้ำก่อนจับกุ้งขาวแวนนาไม

ภาพที่ 51 สีของน้ำที่นำกลับมาใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในรอบการเลี้ยงต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในดิน และปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อปริมาณไนโตรเจนในดินลดลงจะส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ชลอและพรเลิศ (2547) รายงานว่า ไนโตรเจนในดินจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียจำพวกไนตริไฟอิ้งแบคทีเรียในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอแล้วกลายเป็นแอมโมเนียขึ้นสู่มวลน้ำ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความโปร่งแสง และอุณหภูมินั้นเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามโดยความโปร่งแสงที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้แสงแดดส่องผ่านลงไปในน้ำมากขึ้นทำให้อุณหภูมิน้ำในบ่อสูงขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อการควบคุมปฏิกิริยาเคมี การสังเคราะห์แสง การหายใจ การย่อยสลาย และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย (ศิริเพ็ญ, 2543) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ระหว่างเม็ดดินตะกอนจะมีการใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินมากได้ขึ้น (จารุมาศ, 2545) ทำให้ปริมาณไนโตรเจนและสารอินทรีย์ภายในบ่อจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ส่งผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงมีปริมาณมากตามไปด้วยความโปร่งแสงของน้ำจึงลดลงเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้นสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในดินกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ นั้นพบว่าเป็นไปในเชิงลบ ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากในบ่อเลี้ยงจะมีการแลกเปลี่ยนฟอสฟอรัสระหว่างดินและน้ำ เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสจากดินซึ่งได้มาจากการขับถ่ายและการย่อยสลายจากสิ่งมีชีวิตลดลงโดยจุลินทรีย์กลุ่ม autotrophic bacteria นำไปใช้และเปลี่ยนรูปไปเป็นอนุพันธ์ฟอสฟอริกได้แก่ PO_4^{3-} HPO_4^{2-} และ H_2PO^{4-} ซึ่งสามารถละลายในน้ำเพิ่มขึ้นและเป็นอาหารของแพลงก์ตอนต่างๆโดยตรงทำให้แพลงก์ตอนเหล่านี้สามารถเพิ่มจำนวนมากขึ้น (จารุมาศ, 2548; เชษฐพงษ์, 2545)

สำหรับพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าแนวโน้มปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์ภายในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันเนื่องจากการเตรียมบ่อ การควบคุมคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงและการจัดการบ่อไม่แตกต่างกันทั้งสองรอบการเลี้ยง ในพื้นที่มีการตากบ่อ ไถพรวน และเติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพดินภายในบ่อเลี้ยง สำหรับบ่อที่มีสีน้ำคงที่ และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย พบว่าพีเอชดินของบ่อที่มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำน้อย ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 7.2 ทำให้การละลายของฟอสฟอรัสจากดินสู่มวลน้ำน้อยกว่า ในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งที่มีพีเอชของดินอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 ทำให้ฟอสฟอรัสรวมในน้ำมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอน เนื่องจากฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาจากดินขึ้นสู่มวลน้ำ และอยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน (Boyd and Tucker, 1998) ซึ่งจะสอดคล้องกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ละลายในน้ำที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะการเลี้ยง และเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำมีค่ามากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้แพลงก์ตอนบางส่วนตายลง การลดลงของพีเอชดินเนื่องมาจากในสภาพดินที่อยู่ในสภาวะขาดออกซิเจนในระหว่างการเลี้ยง แบคทีเรียจะใช้กรดไนตริก แมงกานีสออกไซด์ เฟอริกออกไซด์ และซัลเฟต แทนออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในดิน ทำให้เกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ และกรดฟอสฟอริกทำให้เกิดสภาวะเป็นกรดขึ้น เมื่อมีการตากบ่อ และไถพรวนดินจะทำให้ความเป็นกรดในดินลดลง (Seo and Boyd, 2001) นอกจากนี้ยังสามารถปรับพีเอชของดินได้ด้วยวัสดุปูนให้มีค่ามากกว่า 7 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และลดการละลายของฟอสฟอรัสจากดินสู่น้ำ

6. การศึกษาน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

6.1 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ

น้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 เป็นเวลา 107 วัน พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ย 10.6±0.01 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโต 0.09 - 0.13 กรัมต่อตัวต่อวัน มีผลผลิตเฉลี่ย 1,391±134 กิโลกรัมต่อไร่ และอัตราแลกเนื้อ 2.83±0.66 และมีอัตรารอดที่มีค่าเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 40.7±7.5 เปอร์เซ็นต์ รอบการเลี้ยงที่ 2 น้ำหนักการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 120 วัน พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 10.4±0.5 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.09 - 0.12 กรัมต่อตัวต่อวัน มีผลผลิตเฉลี่ย 581±41 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราแลกเนื้อ 1.48±0.17 และมีอัตรารอดเฉลี่ย 55.5±6.7 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปัญหาที่พบในรอบการเลี้ยงแรก พบว่าหลังจากผ่านการเลี้ยงไปแล้ว 60 วันกุ้งทยอยตายลงและจมอยู่ที่ก้นบ่อ สอดคล้องกับปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่มีค่ามากเนื่องมาจากการให้อาหารเกิน (ตารางผนวกที่ 26)

จากการศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำทั้งสองรอบการเลี้ยงต่ำกว่าระดับมาตรฐานของการเลี้ยงทั่วไป โดย ชลอ (2543) รายงานว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเป็นระยะเวลานาน 125 วัน ด้วยน้ำความเค็มต่ำกุ้งควรจะมีน้ำหนักประมาณ 18-20 กรัม จากการศึกษาของถิรประภา (2551) รายงานผลผลิต น้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำในจังหวัดราชบุรี ด้วยน้ำที่มีความเค็ม 3 psu เป็นเวลา 106 วัน จะมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตเฉลี่ย 1,108.33±52.04 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ย 20.70±0.65 กรัมต่อตัว อัตราการแลกเนื้อ 1.41±0.02 ส่วนอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.192±0.057 กรัมต่อตัวต่อวัน และอัตราการรอดตายเฉลี่ย 67.02±5.11 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้น้ำหนักและผลผลิตเฉลี่ยในรอบการเลี้ยงที่ 2 ต่ำกว่าในรอบการเลี้ยงแรก เนื่องจากคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ ไนเตรทในน้ำ ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน ถึงแม้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะอยู่ช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง แต่เครื่องให้อากาศที่ใช้จะเป็นเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำและอยู่ในระดับผิวน้ำ ทำให้เกิดกระแสน้ำพัดพาในบริเวณผิวน้ำด้านบน แต่อาจจะไม่สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในระดับที่ลึกลงไป (ชวลิต, 2552) สอดคล้องกับการศึกษาของ เมธัส (2550) ที่พบว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อระดับความลึกที่มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงเดือนสุดท้ายของการเลี้ยงที่มีกุ้งขนาดใหญ่ และมีอัตรารอดตายสูง การให้อาหารในปริมาณมากทำให้อาหารที่เหลือจากการกินของกุ้ง และการขับถ่ายจะสะสมอยู่ที่พื้นบ่อ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ก้นบ่อลดลงและอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน นอกจากนี้กระแสน้ำที่เกิดขึ้นภายในบ่อต่ำและไม่สามารถที่จะเกิดการหมุนเวียนได้ทั่วทั้งบ่อ ทำให้ของเสียที่พื้นบ่อกระจัดกระจายไม่รวมกันเป็นจุดเดียว เกิดการเน่าเสียและทำให้คุณภาพน้ำอื่นๆ เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อ ส่งผลกระทบต่อการขับถ่าย การกินอาหาร กุ้งจะอ่อนแอและตายลง (ชลอและพรเลิศ, 2547)

6.2 ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

น้ำหนัก การเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ มีน้ำหนักเฉลี่ยจนจบการเลี้ยง 26.40±4.01 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.16±0.10 กรัมต่อตัวต่อวัน มีผลผลิตเฉลี่ย 4,125±544 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราแลกเนื้ออยู่ระหว่าง 0.7-2.0 และมีอัตรารอด 55.3±1.23 เปอร์เซ็นต์ รอบการเลี้ยงที่ 2 ของกุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ย 27.12±3.40 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.17±0.12 กรัมต่อตัวต่อวัน ผลผลิตเฉลี่ย 4,326±344กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราแลกเนื้อ 0.8-2.0 และมีอัตรารอดที่มีค่าเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 53.3±1.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 27)

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนัก การเจริญเติบโต และผลผลิตระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยและบ่อที่สีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย พบว่าน้ำหนัก การเจริญเติบโตและผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยสูงกว่าในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ในขณะที่อัตราแลกเนื้อและอัตรารอดตายไม่มีความแตกต่างกันระหว่างบ่อ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย ผลผลิตเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อและอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติระหว่างบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย

รอบการเลี้ยง		สีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย	สีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย
รอบการเลี้ยงที่ 1	น้ำหนักเฉลี่ย	27.12±0.20[a]	24.42±1.20[b]
	อัตราการเจริญเติบโต	0.24±0.02[a]	0.19±0.01[b]
	ผลผลิตเฉลี่ย	4,028±322[a]	3,893±353[b]
	อัตราแลกเนื้อ	1.80±0.52[a]	1.82±0.51[a]
	อัตรารอดตาย	57.66±6.53[a]	55.6±7.6[a]
รอบการเลี้ยงที่ 2	น้ำหนักเฉลี่ย	28.6±0.10[a]	23.9±0.20[b]
	อัตราการเจริญเติบโต	0.24±0.01[a]	0.19±0.01[b]
	ผลผลิตเฉลี่ย	4,268±391[a]	3,954±213[b]
	อัตราแลกเนื้อ	1.91±0.22[a]	1.85±0.11[a]
	อัตรารอดตาย	55.4±2.13[a]	54.9±5.6[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการ น้ำหนัก เจริญเติบโต และผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยดีกว่าในบ่อที่สีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย เนื่องจากบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อยมีปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นหลังจากแพลงก์ตอนตายในเวลาไม่นาน สังเกตได้จากเกิดฟองที่ผิวหน้าน้ำจำนวนมาก และลอยรวมกันอยู่ที่บริเวณท้ายลมซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Funge-Smith and Briggs, (1998); Boyd and Tucker, (1998) ที่กล่าวว่าการตายของแพลงก์ตอนภายในบ่อจะทำให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ภายในบ่อเพิ่มขึ้น การย่อยสลายของแบคทีเรียทำให้แอมโมเนียในน้ำเพิ่มมากขึ้นและเปลี่ยนคุณภาพน้ำภายในบ่อแต่ในช่วงท้ายของการเลี้ยง แต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกษตรกรสามารถได้แก้ไขด้วยการตักเอาฟองที่เกิดบนผิวน้ำออก และเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ในน้ำได้ (Jaw-Kai, 1990; Chanratchakool *et al*., 1993)

ถ้ามีการสะสมของสารอินทรีย์มาก อาจะทำให้เกิดสภาวะการขาดออกซิเจนที่พื้นบ่อ ทำให้เกิดแบคทีเรียใช้ซัลเฟตในดิน และสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งจะพบได้ในระหว่างการเลี้ยง (จารุมาศ, 2548) นอกจากนี้ในสภาพที่ขาดออกซิเจนที่พื้นบ่อยังทำให้เกิดการแพร่ของไนไตรท์ เฟอร์รัส ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซมีเทนขึ้นไปสู่น้ำในบ่อโดยตรงและเป็นอันตรายต่อกุ้งโดยตรง (Boyd, 1995) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากผลผลิต อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ไม่แตกต่างกันฟาร์มที่ทำการศึกษามีการเตรียมบ่อโดยการไถพรวน และตากบ่อเป็นระยะเวลานานก่อนที่จะมีการเลี้ยงในรอบต่อไป ทำให้การสะสมของสารอินทรีย์จากการเลี้ยงในรอบที่แล้วลดลง สามารถลดปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินที่เป็นกลุ่มธาตุอาหารหลักต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนภายในบ่อ (Seo and Boyd, 2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

แพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta และแพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda แพลงก์ตอนกลุ่มเด่น ได้แก่แพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia, Oscillatoria* และ *Trachelomonas* โดยเฉพาะสกุล *Merismopedia* และ*Oscillatoria* มีบทบาทต่อการเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว ในช่วง 30 วันแรกของการเลี้ยง แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบเป็นกลุ่มเด่น ได้แก่ *Tintinopsis, Brachionus*, copepod และ nauplii copepod ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในช่วงเตรียมบ่อทั้งสองรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.4±0.6 ถึง 9.5±2.5×10^3 unit cell/l แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบได้แก่ สกุล *Merismopedia Chroococcus, Chlorella* และไดโนแฟลกเจลเลต สำหรับปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 138-200 unit cell/l ส่วนใหญ่พบเป็น nauplii copepod และ *Brachionus* หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมปริมาณแพลงก์ตอนมีค่าเฉลี่ย 6.2×10^5-2.2×10^6 unit cell/l แพลงก์ตอนส่วนใหญ่ที่พบเป็นแพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia, Oscillatoria*

แพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 4 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera Arthropoda และหอยสองฝาเป็นกลุ่มหลัก แพลงก์ตอนที่พบในช่วงเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงไม่แตกต่างกัน ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในช่วงเตรียมบ่อ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.3×10^3-1.1 ×10^4 unit cell/l *Cyclotella, Pleurosigma/Gyrosigma* และ *Nitzschia* พบเป็นกลุ่มเด่น หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไม ปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นมีความหนาแน่น 4.0 ×10^4- 2.8×10^5 unit cell/l *Cyclotella, Pleurosigma/Gyrosigma* และ *Nitzschia* พบเป็นกลุ่มเด่นในช่วงต้นของการเลี้ยง สกุล *Oscillatoria* พบเป็นกลุ่มเด่นในช่วงปลายของการเลี้ยง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

ชนิดแพลงก์ตอนที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันในฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบ แพลงก์ตอนพืชใน 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda การเปลี่ยนแปลงระหว่างแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบวันไม่แน่นอน มีความแตกต่างกันทุกช่วงเวลา แต่มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ที่พบตลอดวันจะเป็นแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะในสกุล *Merismopedia* และ *Oscillatoria* สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ สกุล *Tintinopsis* เป็นกลุ่มเด่นที่พบตลอดรอบวัน สัดส่วนของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นช่วงเวลา 15: 00 - 18:00 เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ในสกุล *Brachionus*, *Epiphaneus* และ copepodคุณภาพน้ำในรอบวันส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมทั้งสองรอบการเลี้ยง

ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนตลอดรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Protozoa, Rotifera และ Arthropoda โดยพบ *Oscillatoria, Cyclotella* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นร่วมกับกลุ่มของ pennate diatom หรือไดโนแฟลกเจลเลต สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันไม่พบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มใดเป็นกลุ่มเด่น สัดส่วนของแพลงก์ตอนพืชมีสัดส่วนมากกว่า 99.1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์มีสัดส่วน 0-0.9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากในฟาร์มมีการเปิดเครื่องให้อากาศตลอดเวลา ทำให้ไม่ค่อยพบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนในเวลากลางวันและเวลากลางคืนคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

3. เพื่อศึกษาชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และน้ำความเค็มปกติ

การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำพบว่าการไม่มีผลต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบของแพลงก์ตอน แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอนพืช ซึ่งลดลงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 24 ชั่วโมง หรือ 1 วัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ พบว่าปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ ในน้ำลดลงหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไปแล้ว 1 วัน ส่วนใหญ่ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์ จะลดลงประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ มักพบในบ่อที่มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชหนาแน่นมาก และผ่านการเลี้ยงมากกว่า 120 วัน หรือว่าใกล้จับกุ้ง

การเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนองค์ประกอบของแพลงก์ตอนภายในบ่อ แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอน โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชโดยเฉพาะสกุล *Oscillatoiria* และ *Cyclotella* ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำแล้ว ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อจะลดลงภายใน 3 ชั่วโมงแรก ในขณะที่ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะลดลงอย่างชัดเจน หรือไม่พบเลย การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนส่วนใหญ่ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก หรือ 1 วันหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำ เปอร์เซ็นต์การลดลงของแพลงก์ตอนพืชจะอยู่ระหว่าง 19-35 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากผ่าน 48 ชั่วโมง หรือ 2 วัน ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ 22.73 - 34.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อนั้น พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำไปแล้ว 1 วัน ส่วนใหญ่ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์ จะลดลงประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำและคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

ความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำและคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในพื้นที่และปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนแขวนลอย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ปริมาณแพลงก์ตอนรวม และแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับความโปร่งแสงของน้ำในทิศทางตรงกันข้าม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แพลงก์ตอนพืชสกุล *Merismopedia* ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำตัวใดเป็นพิเศษ ในขณะที่แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* มีความสัมพันธ์กับพีเอชในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ *Trachelomonas* มีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนไตรท์ และตะกอนแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และแสดงความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนโดยรวม แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนที่เป็นกลุ่มเด่นกับคุณภาพดิน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำภายในบ่อ

ความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำและคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวม และแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับพีเอชในน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แพลงก์ตอนกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำอื่น ๆ ภายในบ่อ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนโดยรวม แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และแพลงก์ตอนที่เป็นกลุ่มเด่นกับคุณภาพดิน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยง โดยพีเอชดินมีความสัมพันธ์กับพีเอชของน้ำ ความกระด้างของน้ำในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม และสารอินทรีย์รวมในดินมีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ความโปร่งแสงในทิศทางตรงข้าม นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนรวม และสารอินทรีย์รวมในดินยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในกลุ่มของไนไตรท์ ไนเตรทในน้ำ รวมทั้งปริมาณตะกอนแขวนลอยในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ปริมาณฟอสเฟตในดินยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำและ ปริมาณธาตุอาหารในกลุ่มของไนไตรท์ ไนเตรทในน้ำในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

5. การศึกษาน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ อัตรารอดตาย และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

จากการศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำทั้งสองรอบการเลี้ยงต่ำกว่าระดับมาตรฐานของการเลี้ยงทั่วไป น้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 เป็นเวลา 107 วัน พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ย 10.6±0.01 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโต 0.09 - 0.13 กรัมต่อตัวต่อวัน มีผลผลิตเฉลี่ย 1,391±134 กิโลกรัมต่อไร่ และอัตราแลกเนื้อ 2.83±0.66 และมีอัตรารอดที่มีค่าเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 40.7±7.5 เปอร์เซ็นต์ รอบการเลี้ยงที่ 2 น้ำหนักการเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 120 วัน พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 10.4±0.5 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.09 -0.12 กรัมต่อตัวต่อวัน มีผลผลิตเฉลี่ย 581±41กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราแลกเนื้อ 1.48±0.17 และมีอัตรารอดเฉลี่ย 55.5±6.7 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ปัญหาที่พบในรอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลี้ยงแรก พบว่าหลังจากผ่านการเลี้ยงไปแล้ว 60 วันกุ้งทยอยตายลงและจมอยู่ที่ก้นบ่อ สอดคล้องกับปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่มีค่ามากเนื่องมาจากการให้อาหารเกิน

น้ำหนัก การเจริญเติบโต และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ มีน้ำหนักเฉลี่ยจนจบการเลี้ยง 26.40±4.01 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.16±0.10 กรัมต่อตัวต่อวัน มีผลผลิตเฉลี่ย 4,125±544 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราแลกเนื้ออยู่ระหว่าง 0.7-2.0 และมีอัตรารอด 55.3±1.23 เปอร์เซ็นต์ รอบการเลี้ยงที่ 2 ของกุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเฉลี่ย 27.12±3.40 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.17±0.12 กรัมต่อตัวต่อวัน ผลผลิตเฉลี่ย 4,326±344 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราแลกเนื้อ 0.8-2.0 และมีอัตรารอดที่มีค่าเฉลี่ยทั้งพื้นที่ 53.3±1.12 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ เกิดฟอสฟอรัสรวมที่ละลายในน้ำมากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพีเอชของดินระหว่าง 5.5-7.0 จะมีผลต่อการละลายของฟอสฟอรัสในดินขึ้นสู่มวลน้ำ และกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ดังนั้นการตากบ่อและไถพรวนจะทำให้ความเป็นกรดของดินลดลง นอกจากนี้ยังสามารถปรับพีเอชของดินได้ด้วยวัสดุปูนให้มีค่ามากกว่า 7 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม นอกจากนี้เกษตรกรควรวัดพีเอชดินอย่างน้อยเดือนละ 1ครั้ง เพื่อจะได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนภายในบ่อได้ดีขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของแพลงก์ตอนสามารถประเมินได้จากสีของน้ำ และความโปร่งแสงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัน เมื่อแพลงก์ตอนมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ความโปร่งแสงจะลดลง ถ้าสีน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเข้ม เช่น สีเขียวเข้ม หรือสีน้ำตาลเข้ม แสดงว่าภายในบ่อเลี้ยงมีแพลงก์ตอนเพียงชนิดใดชนิดเดียว ทำให้เกิดการตายของแพลงก์ตอนภายในบ่อพร้อม ๆ กันได้ ดังนั้นควรควบคุมแพลงก์ตอนให้มีหลากหลาย มีแพลงก์ตอนมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งจะลดความเสี่ยงต่อการตายของแพลงก์ตอนภายในบ่อ

3. ในบ่อที่มีตะกอนมากเนื่องจากการพังทลายจากขอบบ่อ หรือดินเป็นดินเหนียว เมื่อตากบ่อ ดินจะแตก และแห้งเป็นฝุ่นแป้ง เมื่อเติมน้ำจะทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยในน้ำมาก ดังนั้นควรปูพีอีบริเวณขอบบ่อ หรือปูจนถึงแนวหว่านอาหารเพื่อป้องกันการพังทลายของดินบริเวณขอบบ่อและการฟุ้งของดินตะกอน ตะกอนจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอน และตะกอนหนักจะทับถมที่พื้นบ่อทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจน

4. ปริมาณแพลงก์ตอนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะมาจากการให้อาหารเกินตลอดระยะเวลาการเลี้ยง สามารถแก้ไขได้โดยลดอาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำ

5. การเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นวิธีการลดปริมาณแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำบางประการ ได้แก่ ปริมาณตะกอนแขวนลอย แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำ โดยเฉพาะในบ่อที่มีอายุการเลี้ยงยาวนาน อย่างไรก็ตาม หลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะลดลงหรือไม่พบเลย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ควรทำการศึกษาปริมาณออโธฟอสฟอรัส และไนโตรเจนรวมในน้ำ เพิ่มเติม เนื่องจากออโธฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่แพลงก์ตอนสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้โดยตรง และปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำจะสามารถนำมาประเมินกำลังผลิต และการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารภายในบ่อได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2545. **ดินตะกอน**. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. **ดินตะกอน**. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริยาวดี สุริยพันธุ์. 2551. **การศึกษาสัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตอิงอาศัยในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2534. **คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.** ฐานเศรษฐกิจ, กรุงเทพฯ.

_____. 2535. **คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. โรงพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2543. **กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**. เจริญรัฐการพิมพ์ กรุงเทพฯ.

_____ และพรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ.2547. บริษัทเมจิค พับบลิเคชั่น จำกัด.

_____นิติ ชูเชิด สาธิต ประเสริฐศรี แก้วตา ลิ้มเฮง และจริยาวดี สุริยพันธุ์. 2551ก. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในฤดูฝน. **เอกสารเผยแพร่**สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ปี 2551.

_____ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ นิติ ชูเชิด วราห์ เทพาหุดี และจริยาวดี สุริยพันธุ์. 2551ข. การป้องกันกลิ่นโคลนในกุ้งขาวแวนนาไม. **เอกสารเผยแพร่**สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ปี 2551.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชวลิต อัครคหสิน. 2552. **ประสิทธิภาพของระบบฉีดออกซิเจนแบบใหม่ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2546. **สรีรวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณฐกร ประดิษฐ์สรรพ์. 2543. **ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในแม่น้ำเจ้าพระยา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถิรประภา รัตนโชติ. 2550. **การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ความหนาแน่นแตกต่างกันในน้ำความเค็มต่ำเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธิดา เพชรมณี. 2543. ผลกระทบและการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้ง. **เอกสารเผยแพร่**กุ้งเอเซียน ปีที่ 5 (10): 14-16

บุณฑริกา ทองดอนพุ่ม. 2547. **ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ คุณภาพดิน ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตของกุ้งกุลาดำ ในระบบการเลี้ยงแบบพัฒนา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2521. **หลักการเลี้ยงกุ้งทะเล**. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ปัทมาภรณ์ เหล่าเกียรติโสภณ. 2547. **การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน, คุณภาพน้ำและองค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหารในกุ้งขาวแปซิฟิก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผุสดี ศรีพยัตต์. 2536. การแยกสายพันธุ์แพลงก์ตอนพืชให้บริสุทธิ์และการเพาะเลี้ยง. น. 33-48. *ใน* **น้ำเปลี่ยนสี**. ศูนย์พัฒนาอ่าวไทยตอนบน กองประมงทะเล, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

พรเทพ วิรัชวงศ์. 2538. **การจัดการแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเลิศ จันทร์รัชชกูล และสุปราณี ชินบุตร. 2538. การใช้วัสดุปูนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. วารสารสัตว์น้ำ** ปีที่ 5 ฉบับที่ 1

พรศิลป์ ผลพันธิน. 2545. **เทคนิคในการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอน**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ . 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืด**, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

แฟรดาซ์ มาเหล็ง. 2537. **การศึกษาบีโอดีคุณภาพน้ำและคุณภาพดินบางประการจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาที่มีอัตราหนาแน่นแตกต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

เมธัส เบญจประเสริฐศรี. 2550. **การศึกษาการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

มาลินี ฉัตรมงคลกุล และชิดชัย จันทร์ตั้งสี. 2548. **แพลงก์ตอน**. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระ เทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยนต์ มุสิก. 2539. **คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา**. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. **สาหร่ายวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. **แพลงก์ตอนพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2543. **คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน**. ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. และโสภณา บุญญาภิวัฒน์. 2546. **คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ลวไมย สาวะรก. 2545. **การศึกษาการใช้แร่ธาตุผสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรัญญา มีเดช. 2551. **การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* boone, 1931) ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* linnaeus, 1753).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2549. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

โสภณ อ่อนคง และชูสินธุ์ ชนะสิทธ์. 2542. **แนวทางการจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา**. ศูนย์พัฒนาการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสตูล, สตูล.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2551. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. และความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายต่อกลิ่นโคลนในกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ในบ่อเลี้ยง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนันต์ ตันสะพานิช. 2536. **แนวทางปฏิบัติการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด และระบบหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่**. กองเพาะเลี้ยงสัตวน้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เพชรบุรี .

Allison, L.F. 1965. Organic carbon, pp 1,372-1,375. *In* C.A. Black. ed. **Method of Soil Analysis.** Part 2. Agronomy No.9 Am.Soc.Agron. Madison, Wisconsin.

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

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

_____. 1987. **Water Quality Management for Brackish Water Ponds with Emphasis on Shrimp Farming in Thailand**. Manual prepared for the Asian Development Bank, Auburn Alabama.

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

_____. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.

_____ and Y. Musig. 1992. Shrimp Pond Effluents: Observations of the Nature of the Problem on Commercial Farms, pp 195-197. *In* J. Wyban. ed. **Proceeding of the Special Session on Shrimp Farming.** Word Aquaculture Society, Baton Rouge.

_____. 1995. **Bottom Soils, Sediment and Pond Aquaculture**. Chapman & Hall, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Boyd, C.E. 1998. Pond Water Aeration Systems. **Aquacultural Engineering** 18 : 9-40.

_____ and C.S. Tucker. 1998. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Alabama Agricultural Experimental Station, Auburn University, AL.

Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total, pp 595-624. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. eds. **Methods of Soil Analysis.** Part 2 Agronomy No.9, Madison, Wisconsin, USA.

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

Buma, A. G. J., H. J. W. de Baar, R. F. Nolting and A. J. van Bennekom. 1991. Metal enrichment experiments in the Weddell-Scotia Seas: Effects of Fe and Mn on various plankton communities. **Limnol. Oceanogr** 36: 65-78.

Burford, M. 1997. Phytoplankton dynamics in shrimp ponds. **Aquaculture Research**. 28: 351-360

_____ and P.M. Glibert. 1998. Short-term N uptake and regeneration early and latte growth phrase shrimp ponds. **Aquaculture** 30: 215-227

Burford, M.A. and K.C. Williams. 2001. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. **Aquaculture** 198 : 79– 93.

_____ and K. Lorenzen. 2004. Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: the role of sediment remineralization. **Aquaculture** 229: 129–145

Busman,L., J. Lamb, G. Randall, G. Rehm and M. Schmitt. 2009. **The Nature of Phosphorus in Soil**. Regents of the University of Minnesota, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chanratchakool, P., J.F. Turnbull and C. Limsuwan. 1994. **Health Management in Shrimp Ponds**. Aquatic Animal Health Research institute. Kasetsart University Campus, Bangkok.

Chien, Y.H. 1989. The Management of Sediment in Prawnn Pond, **pp 219-243.** *In* **Proceedings III, Brazilian Prawn Culture Symposium Proceeding**. MCI Aquaculture, Soao Pessoa-PB, Brazil

Chen, C.Y. and E.G. Durbin. 1994. Effects of pH on the growth and carbon uptake of marine phytoplankton. **Mar. Ecol. Prog. Ser** 109: 83-94

Chen, J.C. and T.S. Chin. 1988. Acute toxicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus monodon*, larvae. **Aquaculture** 69, 253-262.

Chiang, P., C.H. Huo and C.F. Liu. 1989. **Pond Prepartion for Shrimp Growth-Out. Paper Present at Shrimp Farmer Workshop,** 8-10 August 1989**.** Songkhla. 25 p.

Coale, K. H. 1991. Effects of iron, manganese, copper, and zinc enrichments on productivity and biomass in the sub-arctic Pacific. **Limnol. Oceanogr** 36:1851-64.

Correll, D.L. 1988. The role of phosphorus in the Eutrophication of Receiving water: A review. **J. Environ. Qual**. 27:261-266

Crawford, D. W. 2003. Influence of zinc and iron enrichments on phytoplankton growth in the northeastern subarctic Pacific. **Limnol. Oceanogr**. 48:1583-1600.

Darley, W.M. 1974. Silicification and Calcification. *In* W.D.P Stewart. ed. **Algal Physiology and Biochemistry.** Vol 10. Botanical monograph. University of California Press. Berkely, Los Angeles.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Evans, J. C. and E. E. Prepas. 1997. Relative importance of iron and molybdenum in restricting phytoplankton growth in high phosphorus saline lakes. **Limnol. Oceanogr**. 42:461-72.

Funge-Smith, S.J. and M.R.P. Briggs. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. **Aquaculture** 164:117-133

Goldman, J.C. 1980. Physiology process, nutrient availability and concept of relative growth rate in marine phytoplankton ecology. *In* P.G. Falkowski. ed. **Primary Production in the Sea**. Plenum Press, New York.

Harrison, P. J., P. W. Yu, P. A. Thompson, N. M. Price and D. J. Phillips. 1988. Survey of selenium requirements in marine phytoplankton. **Mar. Ecol. Prog**. 47:89-96.

Hopkins, J. S., R. D. Hamilton II, P. A. Sandier, C. L. Browdy and A. D. Stokes. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. **World Aquaculture Society** 24: 304–320

Hutchins, D. A., G. R. DiTullio, Y. Zhang and K. W. Bruland. 1998. An iron limitation mosaic in the California upwelling regime**. Limnol. Oceanogr**. 43:1037-54.

Jaw-Kai, W. 1990. Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. **Aquaculture** Engineering 9: 61-73.

Johnsen, P.B., S.W. Lloyd, B.T. Vingad and P.C. Dionigi. 1996. Effect of temperature on uptake and depuration of 2-methylisoborneol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. World Aqua. Soc.** 27(1): 15-20

Kaplan, D., A.E. Richmond, Z. Dubinsky and S. Aronson. 1986. Algal nutrition, pp147-198. *In* A. Richmond. ed. **CRC Handbook of Microalgal Mass Culture**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kuhl, A. 1974. Phosphorus. *In* W.D.P Stewart. ed. **Algal Physiology and Biochemistry**. Vol 10. Botanical monograph. University of California Press. Berkely, Los Angeles.

LaFontain, S., J. M. Quinn, S. S. Nakamoto, M. D. Page, V. Göhre, J. L. Moseley, J. Kropat and S. Merchant. 2002. Copper dependent iron assimilation pathway in the model photosynthetic eukaryote *Chlamydomonas reinbardtii*. **Eukaryotic Cell** 17: 36-57.

Lin, C.K., D.R. Teichert-Coddington, B. W. Green and K.L. Veverica. 1997. *In* H. S. Egua and C. E. Boyd. eds. **Dynamics of Pond Aquaculture**. CRC Press, Boca Raton, Fla

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

Maldonado, M. T. and N. M. Price. 1996. Influence of N substrate on Fe requirements of marine centric diatoms. **Mar. Ecol. Prog**. 141:161-72.

Meeks, J.C. 1974. Chlorophyll. *In* W.D.P Stewart. ed. **Algal Physiology and Biochemistry**. Vol 10. Botanical monograph. University of California Press. Berkely, Los Angeles.

Morel, F. M. M., J. R. Reinfelder, S. B. Roberts, C. P Chamberlain, J. G. Lee and D. Yee. 1994. Zinc and carbon co-limitation of marine phytoplankton. **Nature** 369:740-42.

Morris, I. 1974. Nitrogen assimilation and protein systhesis. *In* W.D.P Stewart. ed. **Algal Physiology and Biochemistry**. Vol 10. Botanical monograph. University of California Press. Berkely, Los Angeles.

O'Kelley, J.C. 1974. Inorganic nutrient, pp 536-610. *In* W.D.P Stewart. ed. **Algal Physiology and Biochemistry**. Vol 10. Botanical monograph. University of California Press. Berkely, Los Angeles.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Oh, H.M., S.J. lee, M.-H. Jang and B. D. Yoon. 2000. Microcystin production by *Microcystis aeruginosa* in a phosphorus-limited chemostat. **Appl. Environ. Microbiol**. 66:176-179

Olsen, S.R., and L.E. Sommer. 1982. Phosphorus, pp 403-430. *In* A.L. Page *et al*. eds. **Method of Soil Analysis**. Part 2. Am. Soc.of Agron, Inc. Madison, Wisc. U.S.A.

Paerl, H.W. and C.S.Tucker. 1995. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. **J. of the World Aqua. Society** 26:109–131.

Pegler, K. and S. Kempe. 1988. The carbonate system of the North Sea: determination of alkalinity and $TC0_2$ and calculation of PCO, and SIcal (Spring 1986). **Mitt. geol.** 65:35-87

Price N. M. and F.M. M. Morel. 1991. Co - limitation of phytoplankton growth by nickel and nitrogen. **Limnol. Oceanogr** 36: 1071-71

_____ and P. J. Harrison. 1988. Specific selenium-containing macromolecules in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana*. **Plant Physiol**. 86:192-99.

Raven, J. A. 1988. The iron and molybdenum use efficiencies of plant growth with different energy, carbon, and nitrogen sources. **New Phytol**. 109:279-87.

Reyssac, J. S. and M. Pletikosic. 1990. Cyanobacteria in Fish Ponds. **Aquaculture** 88: 1-20.

Rydin, E., P. Hyenstrand, M. Gunnerhed and P. Bomqvist. 2002. Nutrient limitation of cyanobacterial blooms: an enclosure experiment from the coastal zone of the NW Baltic proper. **Mar. Ecol. Prog. Ser**. 239: 31-36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Seo, J. and C.E. Boyd. 2001. Effect of bottom soil management practices on water quality improvement in channel catfish *Ictalurus punctatus* ponds. **Aquaculture Engineering.** 25:83-97

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

Smith, V.H., S.B. Joey and R.W. Howarth. 2006. Eutrophication of freshwater and marine systems. **Lomnol. Oceanogr**. 51: 351-355

Sunda, W. G., and S. A. Huntsman. 1998. Interactive effects of external manganese, the toxic metals copper and zinc, and light in controlling cellular manganese and growth in a coastal diatom**. Limnol. Oceanogr**. 43:1467-75.

_____ and S. A. Huntsman. 2004. Relationships among photoperiod, carbon fixation, growth, chlorophyll *a* , and cellular iron and zinc in a coastal diatom. **Limnol. Oceanogr**. 49:1742-1753.

_____, N.M. Price and F.M.M. Morel. 2005. Trace Metal Ion Bufers and Their Use in Culture Studies. pp 35-63. *In* R.A. Andersen. ed. **Algal Culturing Techniques.** Elsevier Academic Press. Amsterdam.

Thakur, D. P. and C. K. Lin. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. **Aquacultural Engineering**. 27:159-176

Vuorio, K., A. Lagus, J.M. Leitimaki, J. Soumala and H. Helminen. 2005. Phytoplankton community responses to nutrient and iron enrichment under different nitrogen to phosphorus ratio in the northern Baltic sea. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol**. 322: 39-52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wang, J. 1990. Managing Shrimp Pond Water to Reduce Discharge Problems. **Aquacultural Engineering**. 9: 61-73.

Wangwibulkit, S., C. Limsuwan and N. Chuchird. 2008. Effect of Salinity and pH on the Growth of Blue-Green Algae, *Oscillatoria* sp. and *Microcystis* sp., Isolated from Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Ponds**. KU. Fish. Res. Bull**. 32(1): 1-9.

Wassenberry, 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

Yamagishi, T. 1992. Plankton algae in Taiwan (Formosa). Uchida Rokakuho Publishing. Tokyo.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

		เตรียมบ่อ		หลังจากปล่อยกุ้ง	
Division	Genus	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
Cyanophyta	*Chroococcus*	×	×	×	×
	Merismopedia	×	×	×	×
	Spirulina	×	×	×	×
	Oscillatoria	×	×	×	×
	Lyngbya	×	×	×	×
	Anabaena		×	×	×
	Raphidiopsis		×	×	×
	Monoraphidium			×	×
	Anabaenopsis	×		×	
	Arthrodesmus				
Chlorophyta	*Chlorella*	×	×	×	×
	Crucigenia			×	×
	Scenedesmus	×			
	Arthrodesmus			×	×
Euglenophyta	*Euglena*	×	×	×	×
	Trachelomonas	×	×	×	×
	Unknown flagellate	×	×	×	×
Bacillariophyta	*Entomoneis*			×	×
	Pennate Diatom	×	×	×	×
	Pleurosigma /Gyrosigma	×	×	×	×
	Nitzschia	×	×	×	×
	Climachosphaenia			×	
Pyrrophyta	Dinoflagellate	×	×	×	×
Protozoa	*Tintinopsis*	×	×	×	×
Rotifera	*Brachionus*	×	×	×	×
	Epiphanus			×	×
	Asplanchna			×	×
	Trichocera		×		
	Epiphaneus			×	
Arthropoda	*Nauplii copepod*	×	×	×	×
Mollusca		×			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

Division	Class	Family	Genus
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcaceae	*Chroococcus*
			Merismopedia
		Oscillatoriaceae	*Spirulina*
			Oscillatoria
			Lyngbya
		Nostocaceae	*Anabaena*
			Raphidiopsis
			Monoraphidium
			Anabaenopsis
		Rivulariaceae	*Arthrodesmus*
Chlorophyta		Oocystaceae	*Chlorella*
			Dictyospharium
			Kirchneriella
			Tetraedron
		Micractiniaceae	*Golenkinia*
		Desmidiaceae	*Arthrodesmus*
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	*Euglena*
			Trachelomonas
Bacillariophyta			flagellate
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	*Entomoneis*
		Naviculaceae	Pennate Diatom
			Pleurosigma /Gyrosigma
		Bacillariaceae	*Nitzschia*
			Climachosphaenia
Pyrrophyta	Dinophyceae		Dinoflagellate
Protozoa	Ciliata	Codonellidae	*Tintinopsis*
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	*Brachionus*
			Epiphanus
		Asplanchnopus	*Asplanchna*
		Trichoceridae	*Trichocera*
Arthropoda	Crustacea		*Nauplii copepod*
Mollusk	Bivalvia		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ

		เตรียมบ่อ		หลังจากปล่อยกุ้ง	
		รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
Division	Genus				
Cyanophyta	*Chroococcus*	×	×	×	×
	Merismopedia				
	Spirulina				
	Oscillatoria	×	×	×	×
	Lyngbya			×	×
Chlorophyta	*Chlorella*			×	×
	Oocystis			×	×
	Scenedesmus				
Euglenophyta	*Euglena*			×	×
	Trachelomonas			×	×
	flagellate		×	×	×
Bacillariophyta	*Cyclotella*	×	×	×	×
	Entomoneis	×	×	×	×
	Bacteriastrum	×	×		×
	Pennate Diatom	×	×	×	×
	Pleurosigma	×	×	×	×
	/Gyrosigma				
	Nitzschia	×	×	×	×
	Climachosphaenia			×	
Pyrrophyta	Dinoflagellate	×	×	×	×
Protozoa	*Tintinopsis*			×	×
	Zoothamnium			×	×
	Arcella			×	×
Rotifera	*Brachionus*	×	×	×	×
	Lecane		×	×	×
	Polyathra			×	×
	Keratella			×	×
	Asplanchna	×		×	×
	Trichocera				×
	Epiphaneus			×	×
Arthropoda	*Copepod*	×	×	×	×
	Nauplii copepod	×		×	×
Mollusk		×			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ

Division	Class	Order	Family	Genus
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	*Chroococcus*
				Merismopedia
		Nostocales	Oscillatoriaceae	*Spirulina*
				Oscillatoria
				Lyngbya
Chlorophyta			Oocystaceae	*Chlorella*
				Oocystis
			Scenedesmaceae	*Scenedesmus*
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	*Euglena*
				Trachelomonas
				flagellate
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Cyclotella*
				Entomoneis
				Bacteriastrum
			Naviculaceae	Pennate Diatom
				Pleurosigma /Gyrosigma
			Bacillariaceae	*Nitzschia*
Pyrrophyta	Dinophyceae			Dinoflagellate
				Ceratium
Protozoa	Ciliata	Tintinnida	Codonellidae	*Tintinopsis*
				Zoothamnium
				Arcella
Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	*Brachionus*
				Lecane
				Polyathra
				Keratella
			Asplanchnopus	*Asplanchna*
			Trichoceridae	*Trichocera*
				Epiphaneus
Arthropoda	Crustacea	Diplostraca		*Copepod*
				Nauplii copepod
Mollusk	Bivalvia			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 คุณภาพน้ำรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

	รอบการเลี้ยงที่ 1			รอบการเลี้ยงที่ 2		
คุณภาพน้ำ	35 วัน	70 วัน	110 วัน	35 วัน	70 วัน	114 วัน
pH	8.6±0.3	8.8±0.1	8.6±0.1	8.6±0.1	9.0±0.1	8.7±0.1
Temperature (° C)	28.9±0.9	29.0±0.9	28.5±0.3	27.8±0.8	28.0±0.5	27.5±0.1
Salinity (psu)	7.5±0.1	6.5±0.1	5.5±0.1	8.0±0.1	8.5±0.1	7.4±0.1
Do (mg/l)	7.0±0.8	6.1±0.7	4.5±0.2	6.7±0.8	6.5±0.7	4.1±0.2
Ec (ms/cm)	13.0±0.9	12.5±0.7	10.8±0.9	14.0±0.1	140.5±0.5	15.8±0.1
Transparency (cm.)	43.4±1.6	7.6±0.5	8.6±1.0	35.4±0.6	5.6±0.4	5.6±0.5
Total alkalinity (mg/l)	110±11.6	211.1±15.6	154.4±10.8	135.4±10.6	151.1±14.6	124.4±5.8
Total hardness (mg/l)	1,729.0±93.3	1,608.1±143.7	1,211±52.8	1,729.0±93.3	1,608.1±143.7	1,211±52.8
TAN (mg/l)	0.2±0.1	1.8±0.3	1.8±0.3	1.5±0.1	0.8±0.2	1.7±0.2
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.9±0.1	1.4±0.3	1.1±0.2	0.2±0.1	2.1±0.2	1.5±0.1
Tss (mg/l)	789.8±233.1	1,486±414.8	1,284±184	1,289±133	1,447±234.8	884±54
Chlorophyll *a* (mg/l)	103.8±10.8	149.2±20.1	166±13	125.8±5.8	129.2±22.1	154±10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนรวม แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

คุณภาพน้ำ	แพลงก์ตอน	แพลงก์ตอนพืช	แพลงก์ตอนสัตว์
pH	0.78*	0.57*	- 0.17
Temperature (° C)	- 0.32	- 0.33	0.68*
Salinity (psu)	- 0.11	- 0.12	- 0.27
Do (mg/L)	0.58*	0.78*	- 0.33
Ec (ms/cm)	- 0.21	0.05	0.18
Transparency (cm.)	- 0.55	- 0.24	- 0.33
Total alkalinity (mg/l)	- 0.21	- 0.18	- 0.22
Total hardness(mg/l)	- 0.09	- 0.07	0.31
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.41	- 0.37	- 0.08
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	- 0.32	0.25	- 0.17
Tss (mg/l)	0.15	- 0.17	- 0.28
Chlorophyll *a* (mg/l)	- 0.19	0.42	0.11

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 คุณภาพน้ำรอบวันในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

	รอบการเลี้ยงที่ 1			รอบการเลี้ยงที่ 2		
คุณภาพน้ำ	35 วัน	70 วัน	110 วัน	40 วัน	70 วัน	110 วัน
pH	8.1±0.2	7.8±0.1	8±0.1	8.6±0.1	8±0.1	7.7±0.3
Temperature (° C)	30.3±0.3	30.5±0.2	27.6±0.5	27.8±0.8	27.6±0.5	29.3±0.3
Salinity (psu)	33±0.5	28.7±0.6	30.5±0.3	31.1.0±0.1	30.5±0.3	35.5±0.2
Do (mg/l)	9.25±0.4	5.5±0.3	3.8±0.4	6.7±0.5	3.8±0.4	5.9±0.2
Ec (ms/cm)	50.5±0.3	52.1±0.2	33.27±0.5	33.5.0±0.1	33±0.5	28.5±0.3
Transparency (cm.)	35±1.0	22±0.7	23±0.9	27.4±0.6	23±0.9	25±1.0
Total alkalinity (mg/l)	89.33±12.0	100±10.4	136±13.6	135.4±10.6	136±13.6	150±15.0
Total hardness(mg/l)	6,860±547	6,584±658	6,424±532	6,729.0±93.3	6,424±532	6,300±436
Total ammonia nitrogen (mg/l)	1.6±0.1	0.6±0.1	1.5±0.1	1.4±0.1	1.5±0.1	11.64±2.0
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.7±0.1	0.07±0.1	0.4±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	2.3±0.1
Tss (mg/l)	279±12.6	414±12.5	1,244±124	289±133	1,244±124	2,580±188
Chlorophyll *a* (mg/l)	125±15.8	178±12.7	106.8±11.8	115.8±5.8	106.8±11.8	151.3±15.4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนรวม แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

คุณภาพน้ำ	แพลงก์ตอน	แพลงก์ตอนพืช	แพลงก์ตอนสัตว์
pH	- 0.78*	- 0.57*	- 0.17
Temperature (° C)	-0.32	- 0.33	- 0.68*
Salinity (psu)	0.11*	- 0.12	- 0.27
Do (mg/l)	0.58*	0.78*	- 0.33
Ec (ms/cm)	- 0.21	- 0.05	- 0.18
Transparency (cm.)	- 0.55*	- 0.24*	- 0.33
Total alkalinity (mg/l)	- 0.21*	- 0.18*	- 0.22*
Total hardness(mg/l)	-0.09	- 0.07*	- 0.31*
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.41	- 0.37	- 0.08
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	- 0.32	- 0.25	- 0.17
Tss (mg/l)	- 0.15	- 0.17	- 0.28
Chlorophyll *a* (mg/l)	- 0.19	- 0.42	- 0.11

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวมีอายุ 60-70 วัน

			การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ			
	บ่อพักน้ำ	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ	ชั่วโมงที่ 24	การเปลี่ยนแปลง (%)	ชั่วโมงที่ 48	การเปลี่ยนแปลง(%)
Plankton (unit cell/l)	4,557	933,738	865,960	7.26	785,790	15.84
Phytoplankton (unit cell/l)	3,758	932,481	865,960	7.13	785,790	15.73
Zooplankton (unit cell/l)	799	1,257	0	100	0	100
pH	8.2	9	8.6	4.44	8.5	5.56
Temperature (° C)	29.5	30	29.5	1.67	29.6	1.33
Salinity (psu)	6.2	6.5	6.7	3.08	6.5	0.00
Do (mg/l)	7.5	5	5.3	6.00	4.9	2.00
Ec (ms/cm)	13.7	12.5	12.6	0.80	12.1	3.20
Transparency (cm.)	100	8	9	12.50	9	12.5
Total alkalinity (mg/l)	154.2	189.5	210	10.82	120	36.7
Total hardness(mg/l)	1,789	1,655	1,574	4.89	1,655	0.00
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.02	0.3	0.32	6.67	0.43	43.33
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.01	2.1	1.33	36.67	1.45	30.95
Tss (mg/l)	50.7	2,547	1255	50.73	1494	41.34
Chlorophyll *a* (mg/l)	74	154	136	11.7	152	1.30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 90-100 วัน

	การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ					
	บ่อพักน้ำ	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ	ชั่วโมงที่ 24	การเปลี่ยนแปลง (%)	ชั่วโมงที่ 48	การเปลี่ยนแปลง(%)
Plankton (unit cell/l)	10,245	634,491	535,695	15.57	536,769	15.40
Phytoplankton (unit cell/l)	9,585	628,615	534,654	14.95	535,637	14.79
Zooplankton (unit cell/l)	660	5,876	1,041	82.28	1,132	80.74
pH	8.0	8.8	8.5	3.41	8.6	2.27
Temperature (° C)	27.5	27.8	28.5	2.52	28.5	2.52
Salinity (psu)	6.1	5.6	5.6	0.00	5.5	1.79
Do (mg/l)	7.1	4.3	4.6	6.98	4.5	4.65
Ec (ms/cm)	12.74	11.54	11.45	0.78	11.8	2.25
Transparency (cm.)	100	8	14	75.00	13	62.50
Total alkalinity (mg/l)	107.5	156.7	155.7	0.64	154.4	1.47
Total hardness(mg/l)	1,247	1,278	1,157	9.47	1,211.7	5.19
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.05	1.78	1.77	0.56	1.8	1.12
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.01	1.2	1.17	2.50	1.1	8.33
Tss (mg/l)	72	1,345	1,212	9.89	1,284.9	4.47
Chlorophyll *a* (mg/l)	50.1	145.8	189.5	29.97	166.7	14.33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 120 วัน

			การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ			
	บ่อพักน้ำ	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ	ชั่วโมงที่ 24	การเปลี่ยนแปลง (%)	ชั่วโมงที่ 48	การเปลี่ยนแปลง(%)
Plankton (unit cell/l)	8,754	772,636	619,089	19.87	523,576	32.24
Phytoplankton (unit cell/l)	7,739	769,253	616,520	19.85	520,193	32.38
Zooplankton (unit cell/l)	1,015	3,383	989	70.77	1,024	69.73
pH	8.5	8.7	8.6	1.15	8.4	3.45
Temperature (° C)	27.5	28	28.5	1.79	28.9	3.21
Salinity (psu)	6.1	5.8	5.7	1.72	5.6	3.45
Do (mg/l)	7.7	4.9	5.8	18.37	5.9	20.41
Ec (ms/cm)	13.5	12.24	10.25	16.26	11.11	9.23
Transparency (cm.)	100	5	8	60	10	100
Total alkalinity (mg/l)	125	196	214.5	9.44	218.7	11.58
Total hardness(mg/l)	1,375	1352	1257	7.03	1275	5.70
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.06	1.2	0.99	17.50	0.84	30.00
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.01	0.37	0.17	54.05	0.17	54.05
Tss (mg/l)	102	540	357	33.89	258	52.22
Chlorophyll *a* (mg/l)	71	71.2	104	46.07	107	50.28

151

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 50-60วัน

			การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ			
	บ่อพักน้ำ	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ	ชั่วโมงที่ 24	การเปลี่ยนแปลง (%)	ชั่วโมงที่ 48	การเปลี่ยนแปลง(%)
Plankton (unit cell/l)	4,754	31,911	25,755	19.29	785,790	22.73
Phytoplankton (unit cell/l)	4,253	31,911	25,723	19.39	785,790	22.73
Zooplankton (unit cell/l)	501	0	32	32.00	0	32.00
pH	7.9	8.3	8.1	2.41	8.5	1.20
Temperature (° C)	27.5	31.1	30	3.54	29.6	2.89
Salinity (psu)	33	33	33.2	0.61	6.5	0.30
Do (mg/l)	7.5	5.5	5.7	3.64	4.9	0.00
Ec (ms/cm)	52.4	50.6	52.4	3.56	12.1	2.57
Transparency (cm.)	100	25	25	0.00	42	0.00
Total alkalinity (mg/l)	107	102.5	98.4	4.00	120	2.24
Total hardness(mg/l)	5,695	6,355	6,332	0.36	1,655	1.18
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.02	1.13	0.44	61.06	0.43	38.94
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.01	0.51	0.49	3.92	1.45	0.00
Tss (mg/l)	75	319	402	26.02	1494	15.99
Chlorophyll *a* (mg/l)	50.4	167	134	19.76	152	17.96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 90-110 วัน

			การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ			
	บ่อพักน้ำ	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ	ชั่วโมงที่ 24	การเปลี่ยนแปลง (%)	ชั่วโมงที่ 48	การเปลี่ยนแปลง(%)
Plankton (unit cell/l)	11,578	1,132,400	742,649	34.42	743,752	34.32
Phytoplankton (unit cell/l)	9,527	1,131,779	742,564	34.39	743,657	34.29
Zooplankton (unit cell/l)	2,051	124	85	32.00	95	32.00
pH	7.5	8	7.9	1.25	7.8	2.50
Temperature (° C)	27.5	29	28.8	0.69	30.5	5.17
Salinity (psu)	33.5	33.5	33.6	0.30	33.5	0.00
Do (mg/l)	7.5	3.5	4.6	31.43	4.5	28.57
Ec (ms/cm)	52.1	51.3	44.6	13.06	46.4	9.55
Transparency (cm.)	100	17	24	41.18	22	29.41
Total alkalinity (mg/l)	110	113	100.2	11.33	100	11.50
Total hardness(mg/l)	7,565	6,624	6,880	3.86	6,584	0.60
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.05	4.35	0.69	84.14	0.66	84.83
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.01	1.91	0.64	66.49	0.51	73.30
Tss (mg/l)	90	333	306	8.11	414	24.32
Chlorophyll *a* (mg/l)	75	789	517	34.47	515	34.73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำหลังจากเปลี่ยนถ่ายน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติเมื่อกุ้งขาวแวนนาไมมีอายุ 130-140วัน

			การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำ			
	บ่อพักน้ำ	ก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำ	ชั่วโมงที่ 24	การเปลี่ยนแปลง (%)	ชั่วโมงที่ 48	การเปลี่ยนแปลง(%)
Plankton (unit cell/l)	5,210	975,519	745,675	23.56	753,547	22.75
Phytoplankton (unit cell/l)	4,125	975,487	745,643	23.56	753,547	22.75
Zooplankton (unit cell/l)	1,085	32	32	32.00	0	32.00
pH	7.7	8	7.6	5.00	7.6	5.00
Temperature (° C)	27.5	29.5	28.5	3.39	28.9	2.03
Salinity (psu)	35.7	34.9	33.4	4.30	33.2	4.87
Do (mg/l)	6.5	4	5.7	42.50	5.8	45.00
Ec (ms/cm)	58.9	52.8	51.5	2.46	52.1	1.33
Transparency (cm.)	100	20	25	25.00	25	25.00
Total alkalinity (mg/l)	135.5	146.6	137.5	6.21	149.8	2.18
Total hardness(mg/l)	7,650	6,532	6,400	2.02	6,500	0.49
Total ammonia nitrogen (mg/l)	0.06	1.05	0.67	36.19	0.47	55.24
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.01	0.83	0.55	31.33	0.57	31.33
Tss (mg/l)	55	376	278	26.06	296	21.28
Chlorophyll *a* (mg/l)	52	735.6	660	10.28	687	6.61

154

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

คุณภาพน้ำ	Total plankton	Phytoplankton	Zooplankton
pH	-0.12*	-0.12*	-0.03
Temperature (° C)	0.75*	0.07*	-0.01
Salinity (psu)	-0.92*	-0.09*	-0.04
Do (mg/l)	0.19*	0.19*	0.04
Ec (mS/cm)	-0.01	-0.01	-0.08
Transparency (cm.)	-0.04*	-0.01*	0.04
Total alkalinity (mg/ l)	0.04	0.04	0.03
Total hardness(mg/ l)	0.01	0.01	-0.07
Total ammonia nitrogen (mg/ l)	-0.07*	-0.07*	-0.06
Total nitrite- nitrogen (mg/ l)	0.21*	0.21*	0.18
Total nitrate-nitrogen (mg/ l)	0.23*	0.24*	0.37
Total phosphorus (mg/ l)	0.05*	0.05*	-0.09
Tss (mg/ l)	0.25*	0.25*	0.09
Chlorophyll a (mg/ l)	0.06	0.06	0.14

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นต่อคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

	แพลงก์ตอนกลุ่มเด่น				
คุณภาพน้ำ	*Merismope*	*Oscillatori*	*Trachelomon*	*Nitzschi*	*Tintinops*
pH	-0.09	-0.27*	-0.21	-0.16	-0.02
Temperature (° C)	0.09	-0.10	0.03	0.19	-0.04
Salinity (psu)	-0.07	-0.19	0.00	-0.00	-0.09
Do (mg/l)	0.15	0.18	0.29*	0.01	-0.02
Ec (mS/cm)	0.02	-0.11	-0.03	0.06	-0.13
Transparency (cm.)	-0.00	0.00	0.20	0.14	-0.06
Total alkalinity (mg/ l)	0.04	-0.05	-0.03	-0.12	0.03
Total hardness(mg/ l)	0.03	-0.09	0.05	0.12	-0.14
Total ammonia nitrogen (mg/ l)	-0.08	0.00	0.16	0.01	-0.12
Total nitrite- nitrogen (mg/ l)	0.16	0.21	0.26*	0.00	0.17
Total nitrate-nitrogen (mg/ l)	0.12	0.11	0.23	0.12	0.11
Total phosphorus (mg/ l)	0.05	0.13	-0.01	0.08	-0.09
Tss (mg/ l)	0.22	0.21	0.27*	0.10	0.07
Chlorophyll a (mg/ l)	0.04	0.17	0.05	-0.06	0.13

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 ปริมาณแพลงก์ตอน คุณภาพน้ำในบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย และบ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

คุณภาพน้ำ	บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย	บ่อที่มีสีน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อย
Plankton (unit cell/l)	177,351±6,242 [a]	98,641±6,423 [b]
Phytoplankton (unit cell/l)	160,920±3,470 [a]	92,581±6,890 [b]
Zooplankton (unit cell/l)	16,431±1,245 [a]	6,060±548 [a]
pH	7.9±0.1 [a]	8.0±0.1 [a]
Temperature (° C)	29.6±1 [a]	29.7±0.9 [a]
Salinity (psu)	31.8±2.3 [a]	31.6±1.5 [a]
Do (mg/l)	5.6±2.2 [a]	5.6±2.4 [a]
Ec (mS/cm)	44±13 [a]	45±12 [a]
Transparency (cm.)	21±8.3 [a]	25±10 [a]
Total alkalinity (mg/l)	132±22 [a]	135±25 [a]
Total hardness(mg/l)	6,435±230 [a]	6,344±23 [a]
Total ammonia nitrogen (mg/l)	1.8±1.2 [a]	2.3±1.8 [a]
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	1.0±1.1 [a]	0.94±0.8 [a]
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	1.0±1.1 [a]	0.94±0.8 [a]
Total phosphorus (mg/l)	0.32±0.01 [a]	0.76±0.02 [b]
Tss (mg/l)	1,318±1,793 [a]	2,418±4,193 [a]
Chlorophyll *a* (mg/l)	29.6±1 [a]	29.7±0.9 [a]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ต่อคุณภาพน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

คุณภาพน้ำ	Total plankton	Phytoplankton	Zooplankton
pH	0.20*	0.25*	-0.02
Temperature (° C)	0.05	0.15	-0.16
Salinity (psu)	-0.06	-0.01	-0.00
Do (mg/l)	0.16*	0.21*	-0.16
Ec (mS/cm)	-0.01	0.01	-0.05
Transparency (cm.)	0.05	0.10	-0.18
Total alkalinity (mg/l)	-0.04	-0.06	0.13
Total hardness(mg/l)	-0.27	-0.27	-0.04
Total ammonia nitrogen (mg/l)	-0.07	-0.04	-0.10
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	-0.06	-0.08	0.22
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	0.02	-0.03	0.19
Total phosphorus (mg/l)	-0.20	-0.20*	0.20
Tss (mg/l)	0.09	0.01	0.18
Chlorophyll *a* (mg/l)	-0.07	-0.06	-0.07

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

	แพลงก์ตอนกลุ่มเด่น			
คุณภาพน้ำ	*Oscillatoria*	*Cyclotella*	*Dinoflagellate*	*Nitzschia*
pH	0.18	0.04	0.10	0.05
Temperature (° C)	0.09	-0.10	0.09	0.20
Salinity (psu)	0.02	-0.03	-0.05	-0.15
Do (mg/l)	0.18	-0.02	0.12	0.09
Ec (mS/cm)	-0.03	-0.09	0.01	0.11
Transparency (cm.)	-0.06	0.32	0.17	-0.00
Total alkalinity (mg/l)	-0.06	0.14	-0.02	-0.20
Total hardness(mg/l)	-0.20	-0.09	-0.07	-0.09
Total ammonia nitrogen (mg/l)	-0.10	0.15	0.04	-0.10
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	-0.16	0.06	-0.06	-0.13
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	-0.05	-0.05	0.03	-0.16
Total phosphorus (mg/l)	-0.07	-0.14	-0.29	-0.12
Tss (mg/l)	-0.00	-0.00	0.02	-0.03
Chlorophyll *a* (mg/l)	-0.07	-0.07	-0.10	-0.03

หมายเหตุ * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 คุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำทั้งสองรอบการเลี้ยง

วันที่	Total nitrogen (เปอร์เซ็นต์)		Total phosphorus (µg.P)		Total Organic matter (เปอร์เซ็นต์)	
	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
39	0.28±0.16	1.71±0.47	0.19±0.07	2.63±0.49	2.33±0.65	2.22±0.64
62	0.45±0.19	2.56±0.50	0.33±0.12	3.13±0.77	2.83±0.55	3.77±1.10
92	0.44±0.17	3.86±0.61	0.44±0.09	3.76±0.63	3.42±1.03	4.73±0.68
107	0.53±0.20	4.79±0.78	0.49±0.20	4.63±0.62	5.06±0.78	5.48±0.84
ค่าเฉลี่ย	0.42±0.17	3.23±0.59	0.36±0.11	3.53±0.63	3.41±0.42	4.05±0.82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดิน และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ

	Total nitrogen	Total phosphorus	Total organic matter
Phytoplankton	-0.15	-0.19	-0.07
Zooplankton	-0.02	-0.12	0.08
Total plankton	-0.15	-0.19	-0.07
Merismopedia	-0.13	-0.20	-0.07
Oscillatoria	-0.16	-0.02	0.13
Trachelomonas	-0.34	-0.22	-0.32
Nitzschia	-0.11	-0.34	-0.22
Tintinopsis	0.08	-0.04	0.18

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และคุณภาพดินในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยน้ำความเค็มต่ำ

	คุณภาพดิน			
คุณภาพน้ำ	pH	TN	TP	TOM
pH	0.57*	-0.03	-0.05	-0.32
Temperature (° C)	-0.34	-0.37*	-0.47*	-0.74*
Salinity (psu)	-0.11	-0.58*	-0.46*	-0.50*
Do (mg/l)	0.41	-0.16	0.07	-0.83*
Ec (mS/cm)	-0.55	-0.40*	-0.69*	-0.43
Transparency (cm.)	-0.23	-0.59*	-0.64*	-0.56*
Total alkalinity (mg/l)	-0.11	0.39	0.39	-0.04
Total hardness(mg/l)	0.23	-0.51*	-0.65*	-0.58*
Total ammonia nitrogen (mg/l)	-0.33	-0.70*	-0.29	-0.39
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	0.02	0.11	0.31	0.01
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	-0.12	0.21	0.22	0.13
Total phosphorus (mg/l)	-0.26	-0.11	-0.74*	-0.40*
Tss (mg/l)	-0.18	0.03	0.14	0.05
Chlorophyll *a* (mg/l)	0.61*	0.28	0.53*	0.09

หมายเหตุ: * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 คุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติทั้งสองรอบการเลี้ยง

วันที่	Total nitrogen (เปอร์เซ็นต์)		Total phosphorus (µg.P)		Total organic matter (เปอร์เซ็นต์)	
	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
39	0.18±0.29	0.15±0.08	0.15±0.21	0.21±0.06	1.85±1.88	1.80±0.27
62	0.22±0.20	0.22±0.05	0.21±0.26	0.26±0.04	2.32±1.85	2.17±0.33
92	0.24±0.07	0.31±0.05	0.29±0.22	0.30±0.09	2.38±2.20	2.60±0.67
107	0.35±0.17	0.42±0.05	0.33±0.22	0.38±0.14	2.92±1.88	3.08±0.93
146	0.45±0.22	0.52±0.02	0.36±0.30	0.41±0.19	3.20±2.29	3.47±1.24
ค่าเฉลี่ย	0.29±0.09	0.32±0.05	0.27±0.13	0.31±0.11	2.53±1.36	2.62±0.69

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดิน และปริมาณแพลงก์ตอนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

	คุณภาพดิน			
	pH	TN	TP	TOM
Phytoplankton	0.81*	-0.19	-0.18	0.71*
Zooplankton	0.39	0.36 *	0.28	0.24
Total plankton	0.33	-0.08	-0.07	0.78*
Oscillatoria	0.23	-0.10	-0.08	0.20
Cyclotella	0.42	-0.16	0.02	-0.02
Dinoflagellate	0.02	-0.05	-0.26	0.24
Nitzschia	0.12	-0.25	-0.32	-0.00

หมายเหตุ: * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และคุณภาพดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

คุณภาพน้ำ	คุณภาพดิน			
	pH	TN	TP	TOM
pH	-0.27	0.03	0.03	0.29
Temperature (° C)	-0.35	-0.67*	-0.61*	-0.45*
Salinity (psu)	-0.29	-0.53*	-0.38*	-0.65*
Do (mg/l)	-0.11	-0.54*	-0.60*	-0.48*
Ec (mS/cm)	-0.04	-0.74*	-0.52*	-0.48*
Transparency (cm.)	0.09	-0.51*	-0.43*	-0.36*
Total alkalinity (mg/l)	-0.36	0.73*	0.52*	0.36*
Total hardness(mg/l)	0.549*	-0.24	0.00	-0.23
Total ammonia nitrogen (mg/l)	-0.18	-0.21	-0.32	-0.30
Total nitrite- nitrogen (mg/l)	-0.37	0.67*	0.63*	0.42*
Total nitrate-nitrogen (mg/l)	0.28	0.79*	0.59*	0.60*
Total phosphorus (mg/l)	-0.39	0.27	0.37*	-0.01
Tss (mg/l)	-0.21	0.64*	0.29	0.47*
Chlorophyll *a* (mg/l)	-0.06	0.01	0.24	0.08

หมายเหตุ: * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 26 น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบ ผลผลิตเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ

รอบการเลี้ยง	อายุกุ้งขาว (วัน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อวัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	อัตราแลกเนื้อ	อัตรารอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
รอบการเลี้ยงที่ 1	30	1.15±0.13	0.09	290±44	0.88±0.11	79.9±20.6
	60	4.0±0.02	0.12	374±66	1.72±0.41	64.1±15.1
	90	7.9±0.03	0.13	722±156	2.54±0.77	48.8±10.5
	110	10.6±0.01	0.09	1,391±134	1.83±0.66	40.7±7.5
รอบการเลี้ยงที่ 2	30	1.1±0.13	0.12	447±55	0.67±0.18	89.0±4.2
	60	4.7±0.04	0.10	482±43	1.14±0.15	77.5±4.0
	90	7.7±0.01	0.10	463±51	1.32±0.14	67.3±6.3
	110	10.4±0.5	0.09	581±41	1.48±0.17	55.5±6.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

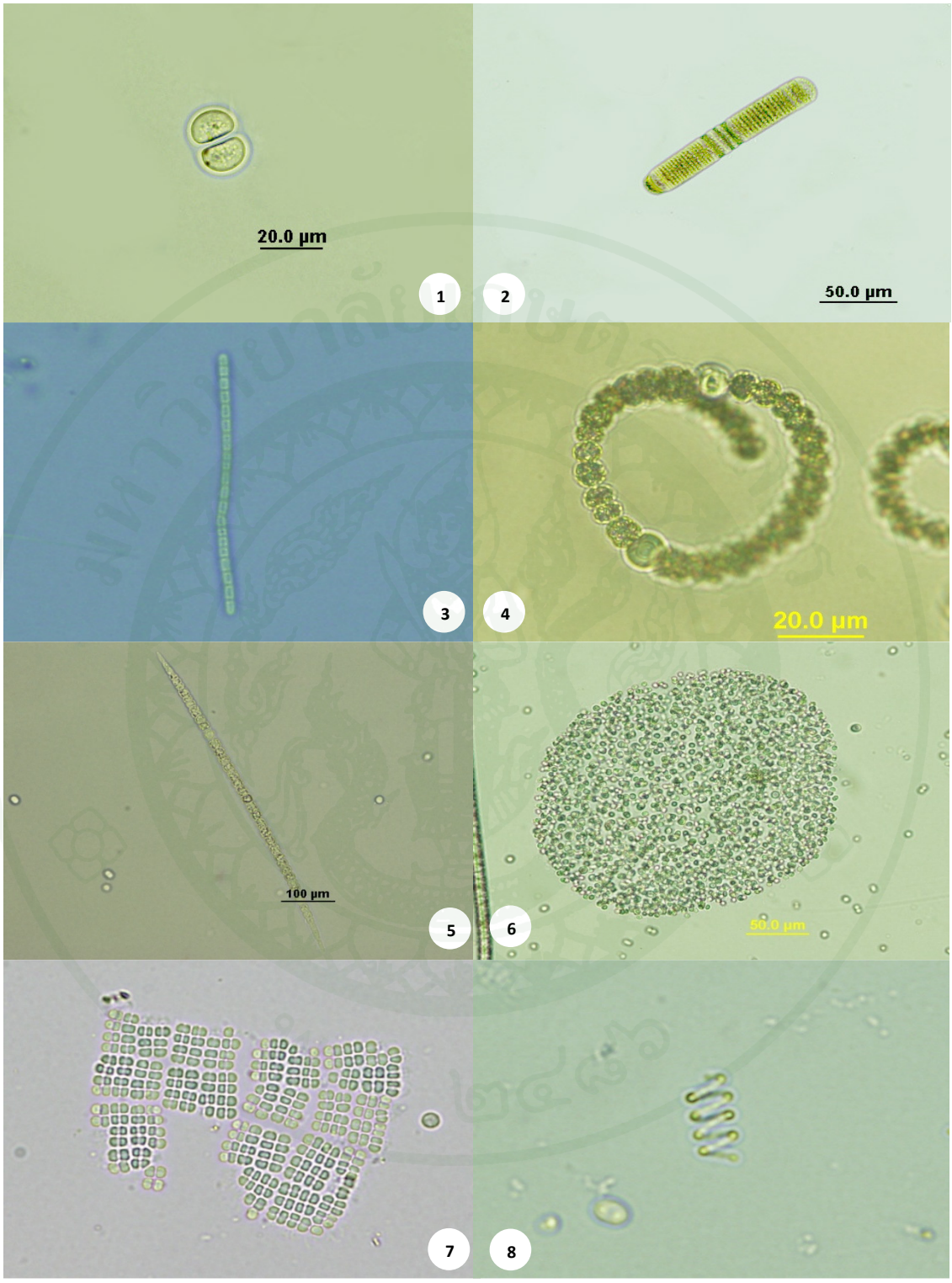
ตารางผนวกที่ 27 น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบ ผลผลิตเฉลี่ย อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ

รอบการเลี้ยง	อายุกุ้งขาว (วัน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อวัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	อัตราแลกเนื้อ	อัตรารอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
รอบการเลี้ยงที่ 1	30	1.59±0.75	0.11±0.13	564±186	0.72±0.20	92.22±4.52
	60	5.20±0.64	0.11±0.09	669±116	1.54±0.28	78.44±6.20
	90	14.20±2.29	0.27±0.28	1,313±248	1.71±0.38	68.96±3.52
	120	18.92±1.80	0.20±0.17	2,084±544	1.70±0.15	59.93±5.43
	146	26.40±4.01	0.11±0.38	4,125±544	2.0±0.10	55.3±1.23
รอบการเลี้ยงที่ 2	30	1.80±1.13	0.06±0.02	533±150	0.8±0.0	94.3±6.1
	60	5.60±0.66	0.13±0.05	622±140	1.7±0.3	78.0±8.2
	90	15.53±2.20	0.40±0.28	1,489±173	1.5±0.4	69.8±3.6
	120	18.50±1.50	0.18±0.15	2,045±819	2.0±0.1	57.9±4.9
	146	27.12±3.40	0.10±0.03	4,326±344	1.91±0.23	53.3±1.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. *Chroococcus* sp.
2. *Oscillatoria* sp.
3. *Pseudanabaena* sp.
4. *Anabaena* sp.
5. *Cylindrospermopsis* sp.
6. *Microcystis aeruginosa* sp.
7. *Merismopedia* sp.
8. *Spirulina* sp.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

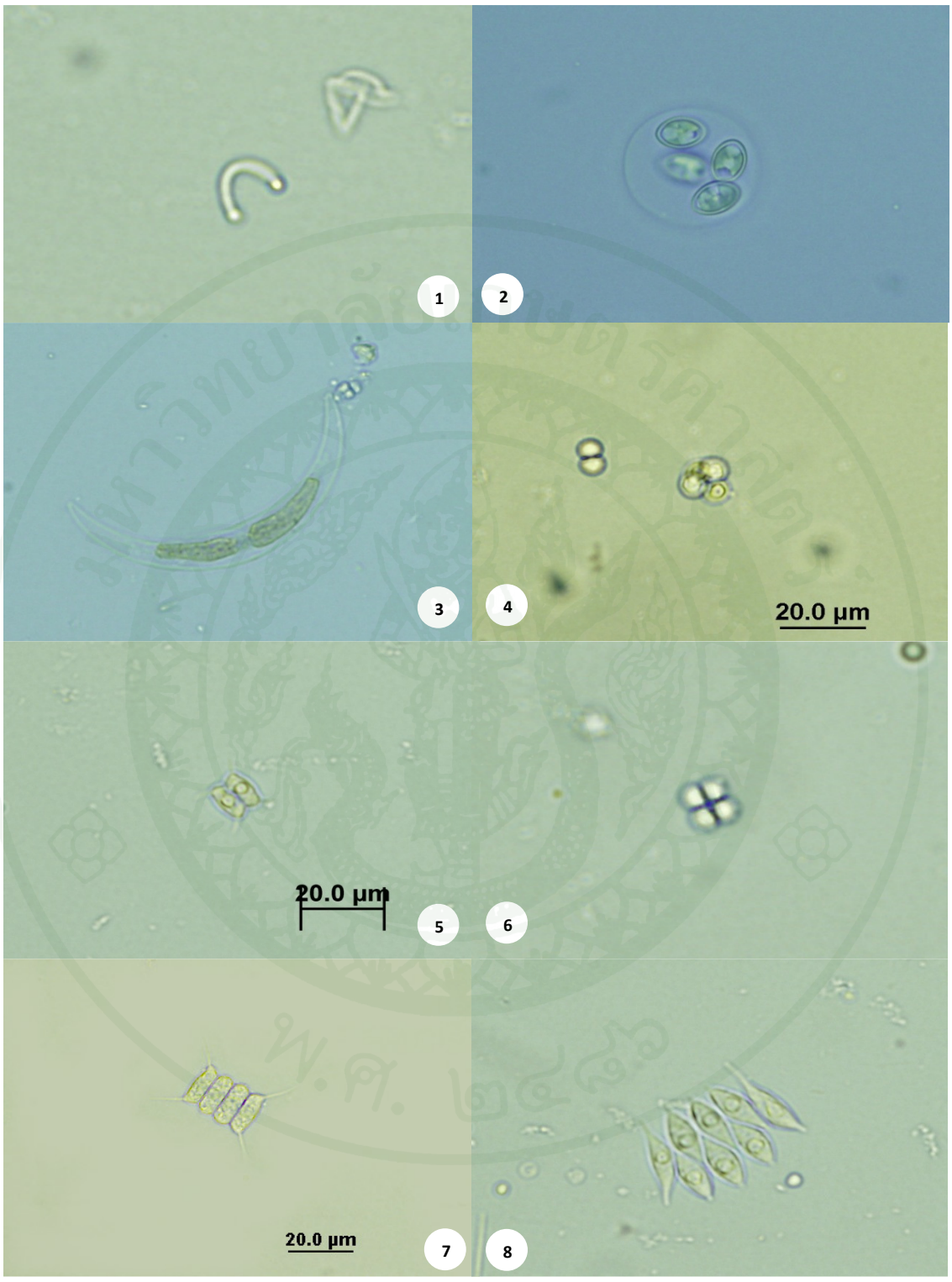


ภาพผนวกที่ 1 แพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. *Monoraphidium* sp.
2. *Oocystis* sp.
3. *Closterium* sp.
4. *Coelastrum* sp.
5. *Arthrodesmus* sp.
6. *Crucigenia* sp.
7. *Scenedesmus quadricauda* Brebisson
8. *Scenedesmus acuminatus* Chodat

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

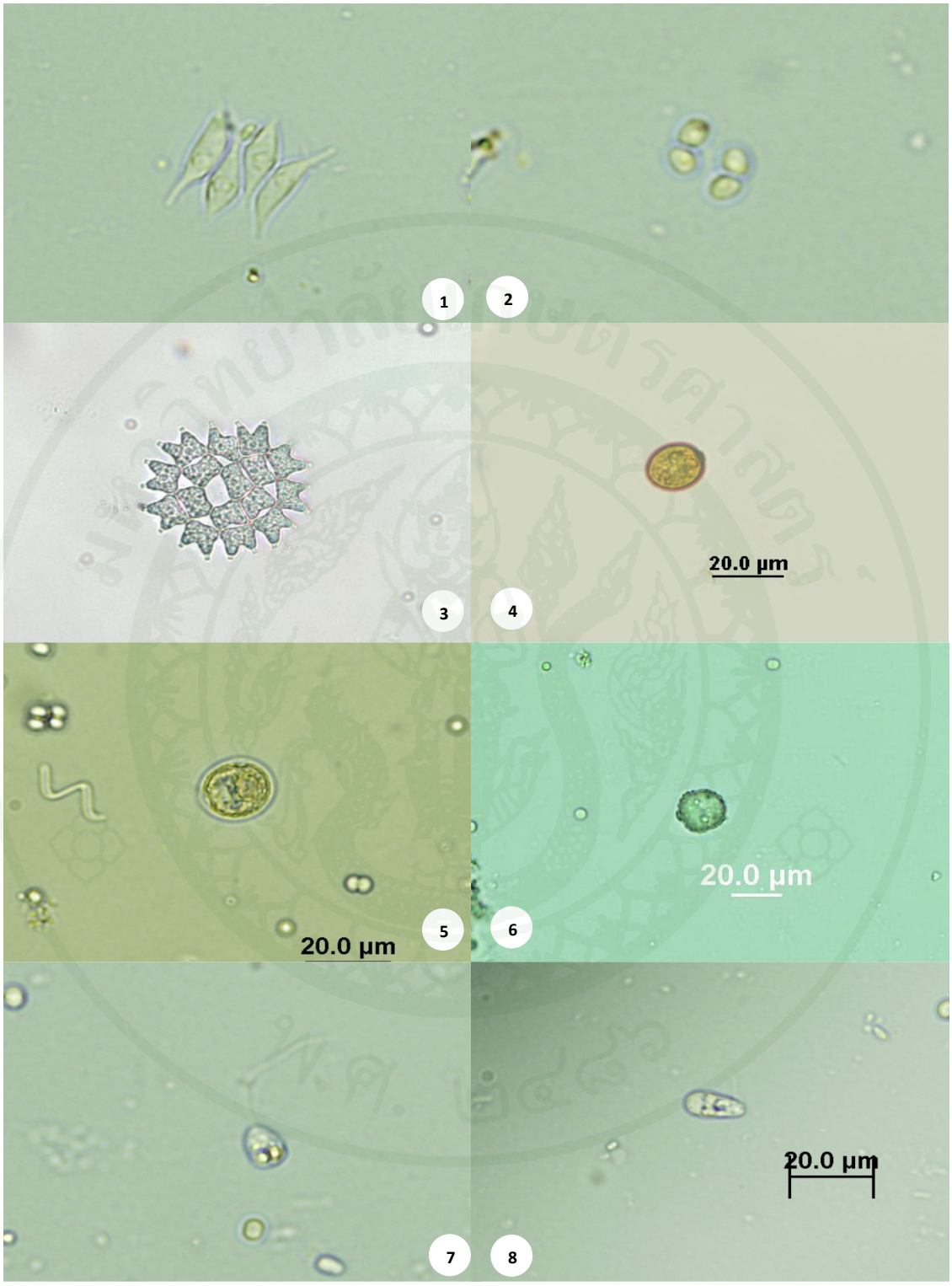


ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. *Scenedesmus acuminatus* Chodat
2. *Dictyosphaerium* sp.
3. *Pediastrum boryanum* Meneghini
4. *Trachelomonas* sp. 1
5. *Trachelomonas* sp. 2
6. *Trachelomonas* sp. 3
7. *Cryptomonas* sp. 1
8. *Cryptomonas* sp. 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. *Euglena* sp.
2. *Cyclotella* sp.
3. *Entomoneis* sp.
4. *Pleurosigma/ Gyrosigma*
5. *Campyloduscus* sp.
6. *Nitzschia* sp.
7. *Chaetoceros* sp.
8. *Climachosphaenia* sp.

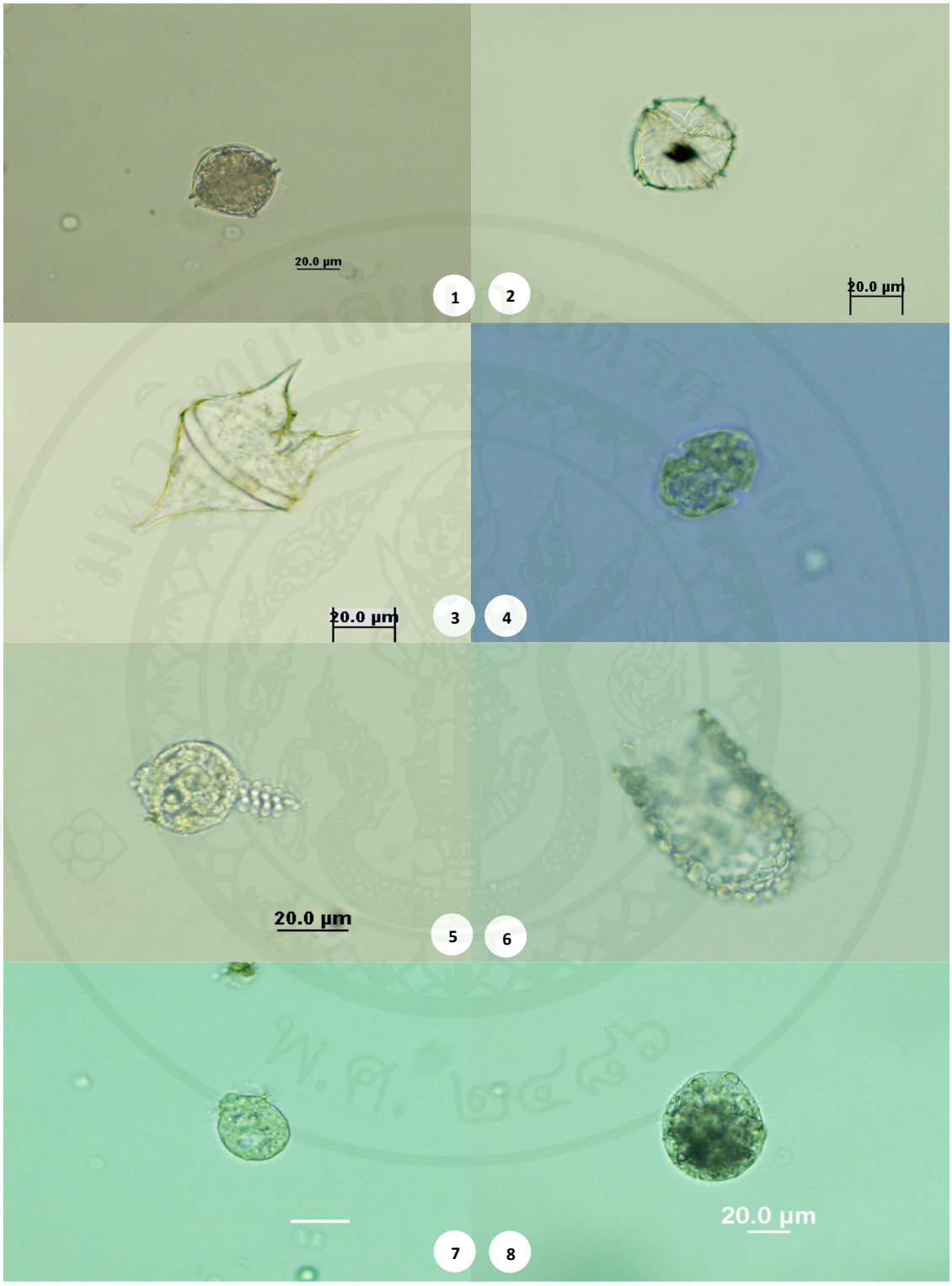
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. Dinoflagellate
2. Dinoflagellate
3. Dinoflagellate
4. unarmed dinoflagellate
5. *Vorticella* sp.
6. *Tintinopsis* sp.
7. *Didinium* sp.
8. *Didinium* sp.

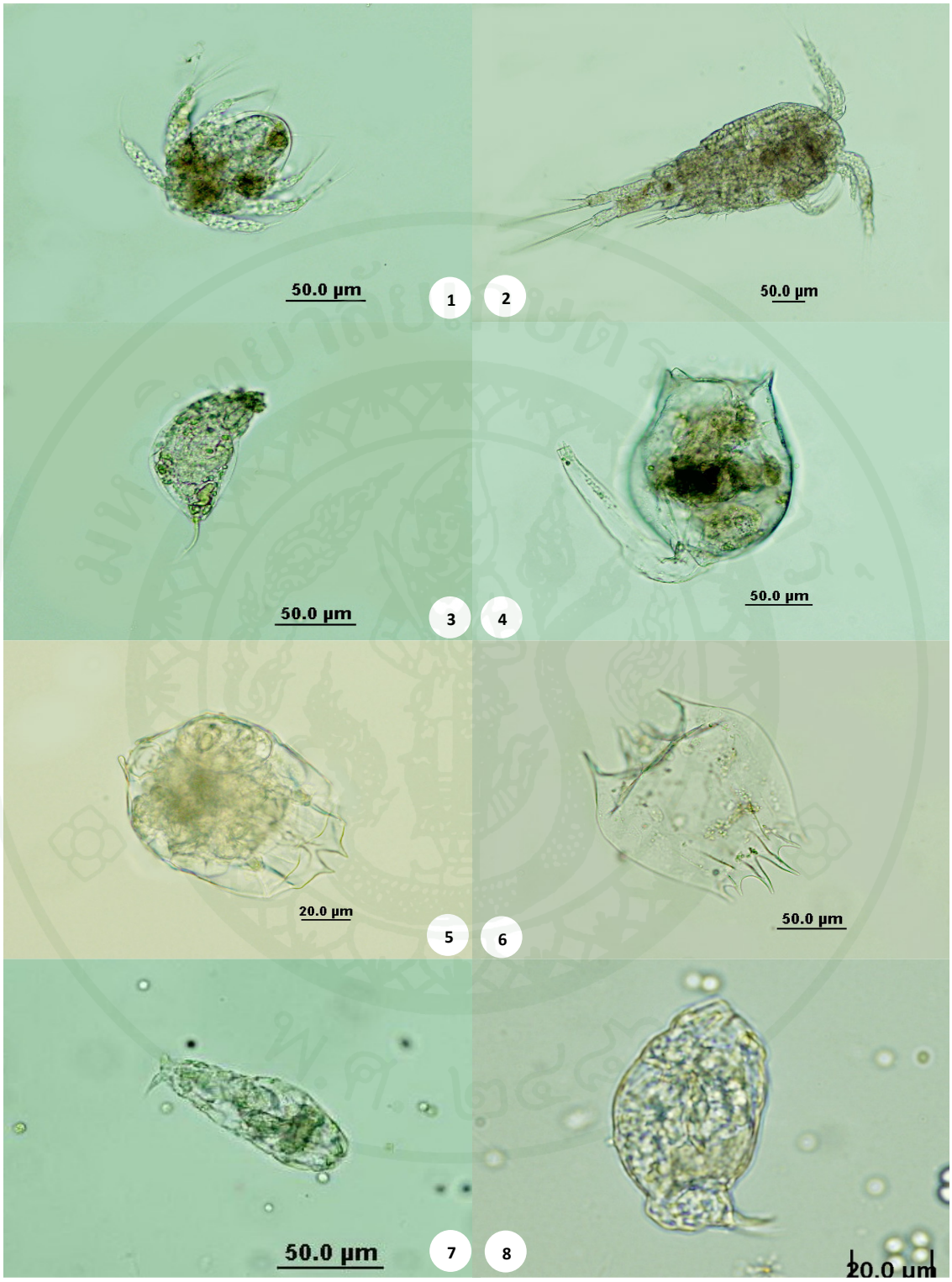
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. Nuplii copepod
2. Copepod
3. *Trichocera* sp.
4. *Brachionus* sp.
5. *Brachionus caudatus* Barrois & Daday
6. *Brachionus dichotomus* Shephard
7. unknow
8. *Colurella obtuse* Gosse

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

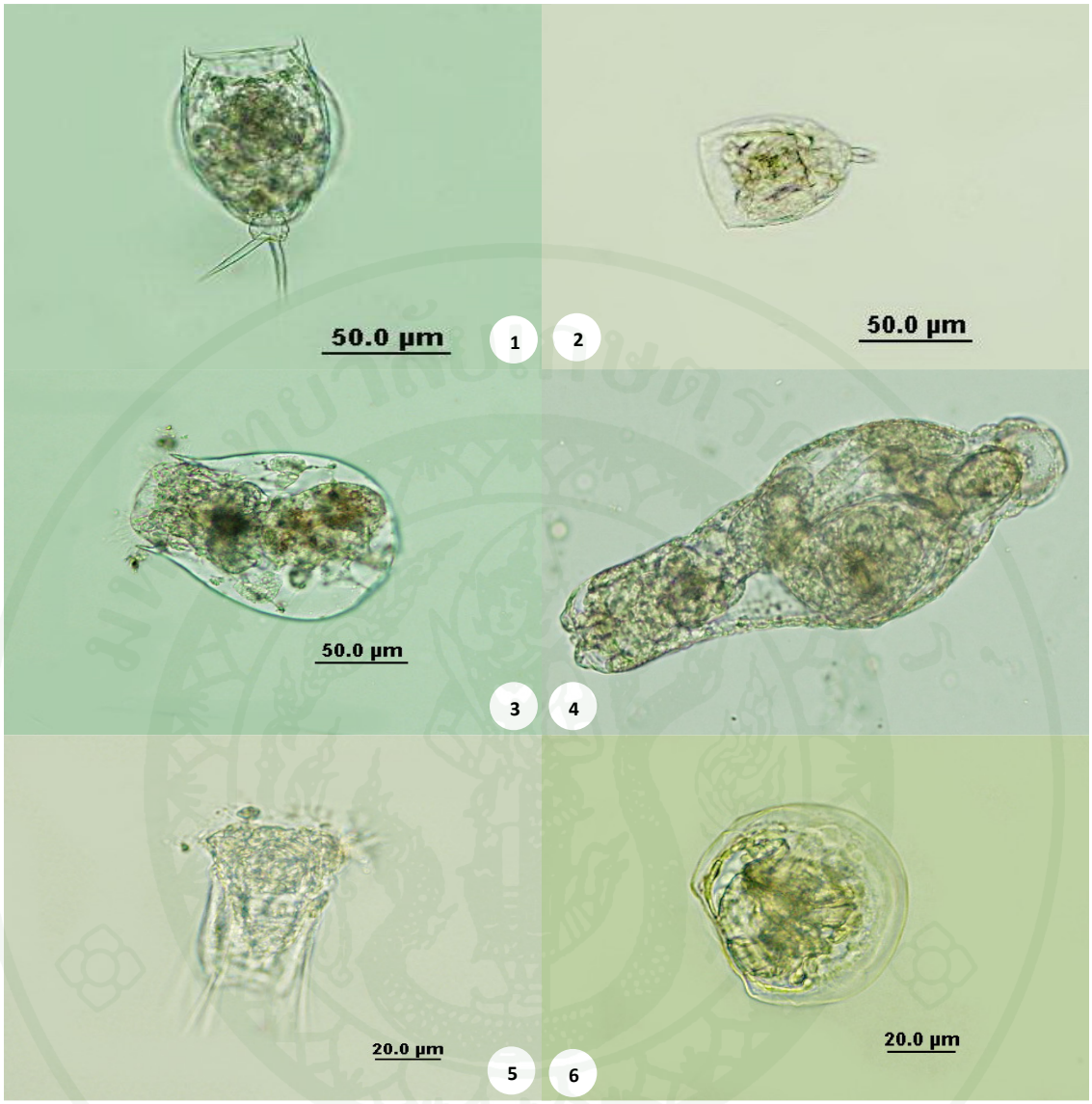


ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

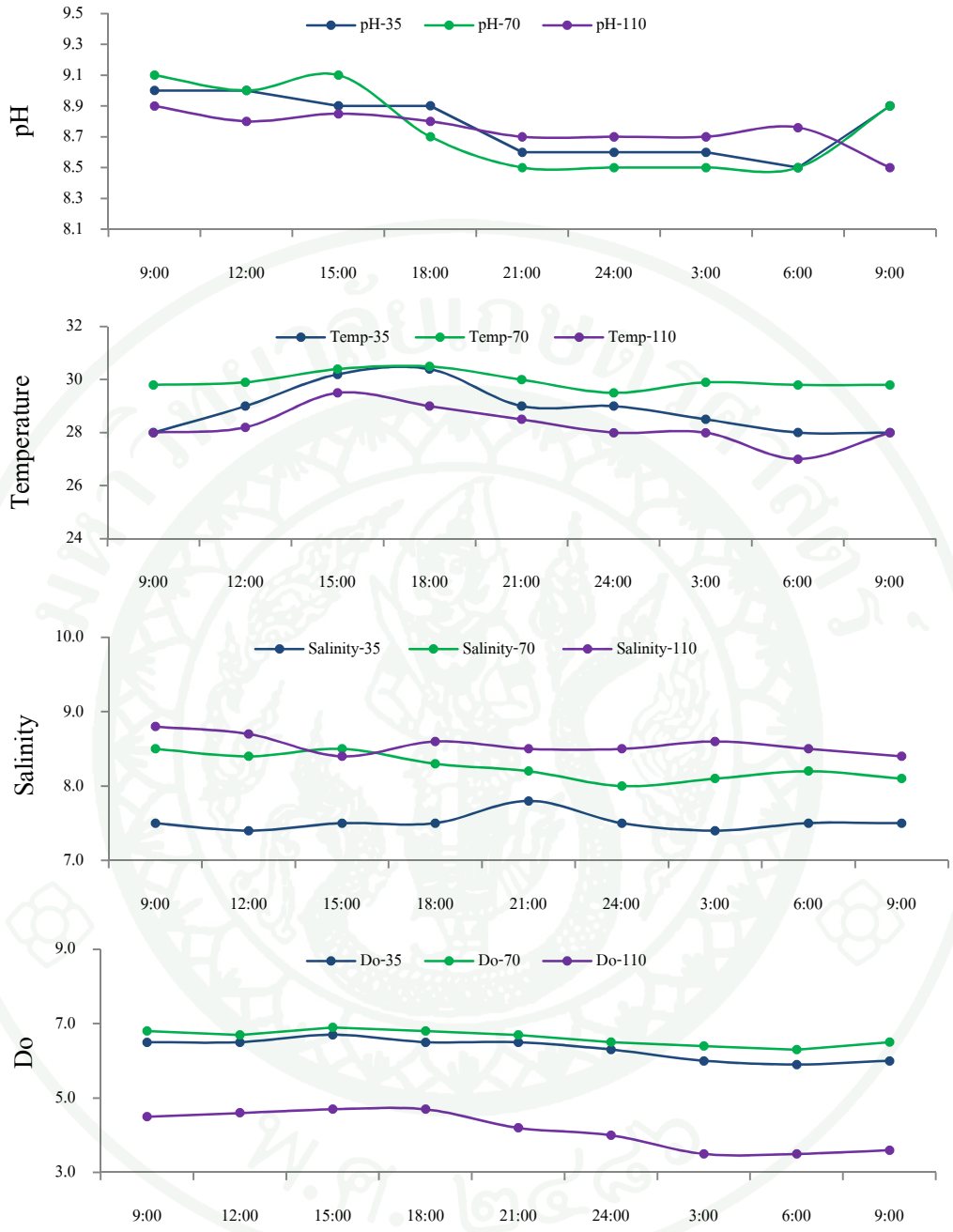
1. *Lecane signifera* Jeninngs
2. *L. nana* Murray
3. *Asplanchan* sp.
4. unknow
5. *Polyarthra vulgaris* Carlin
6. Bivalve

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



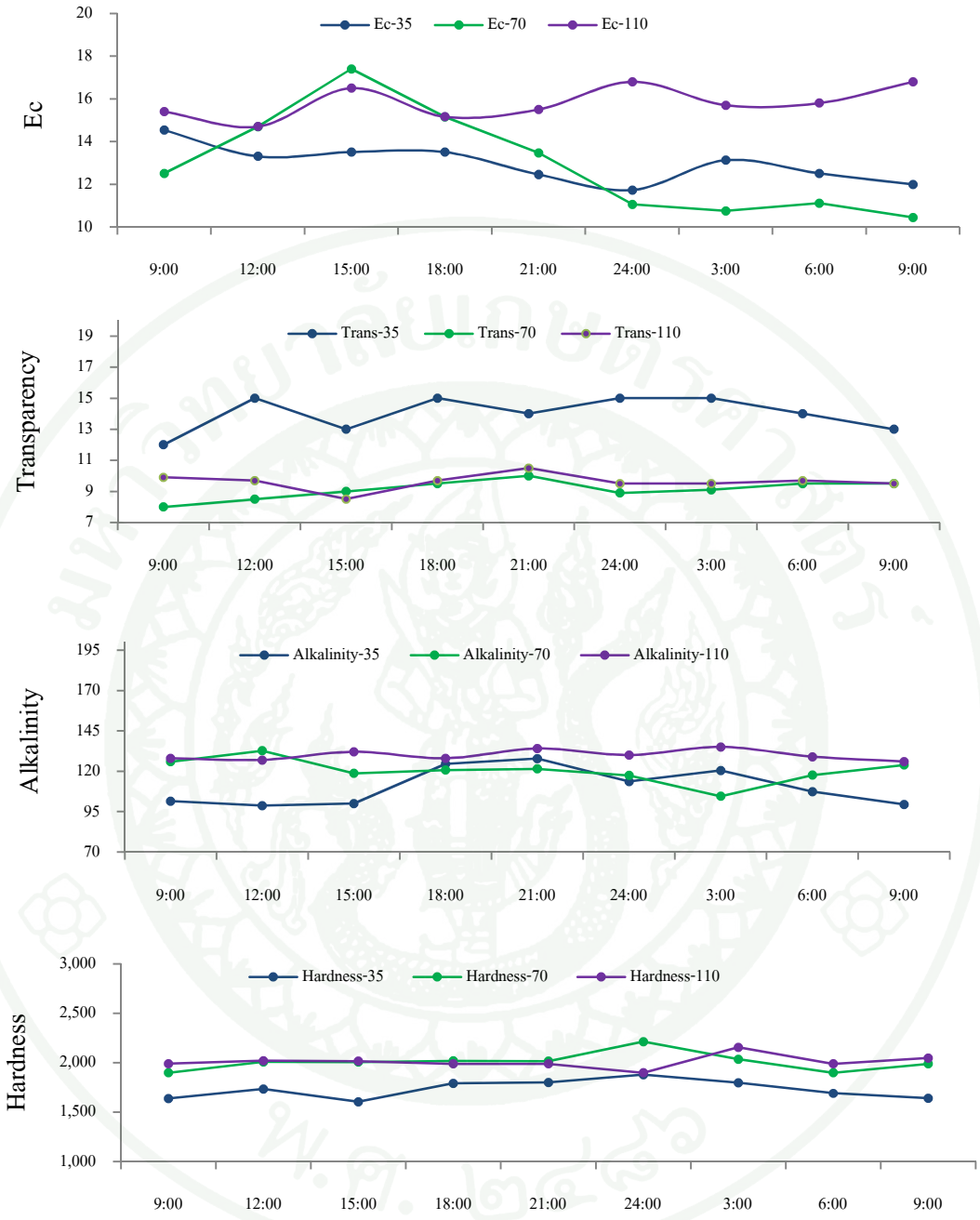
ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



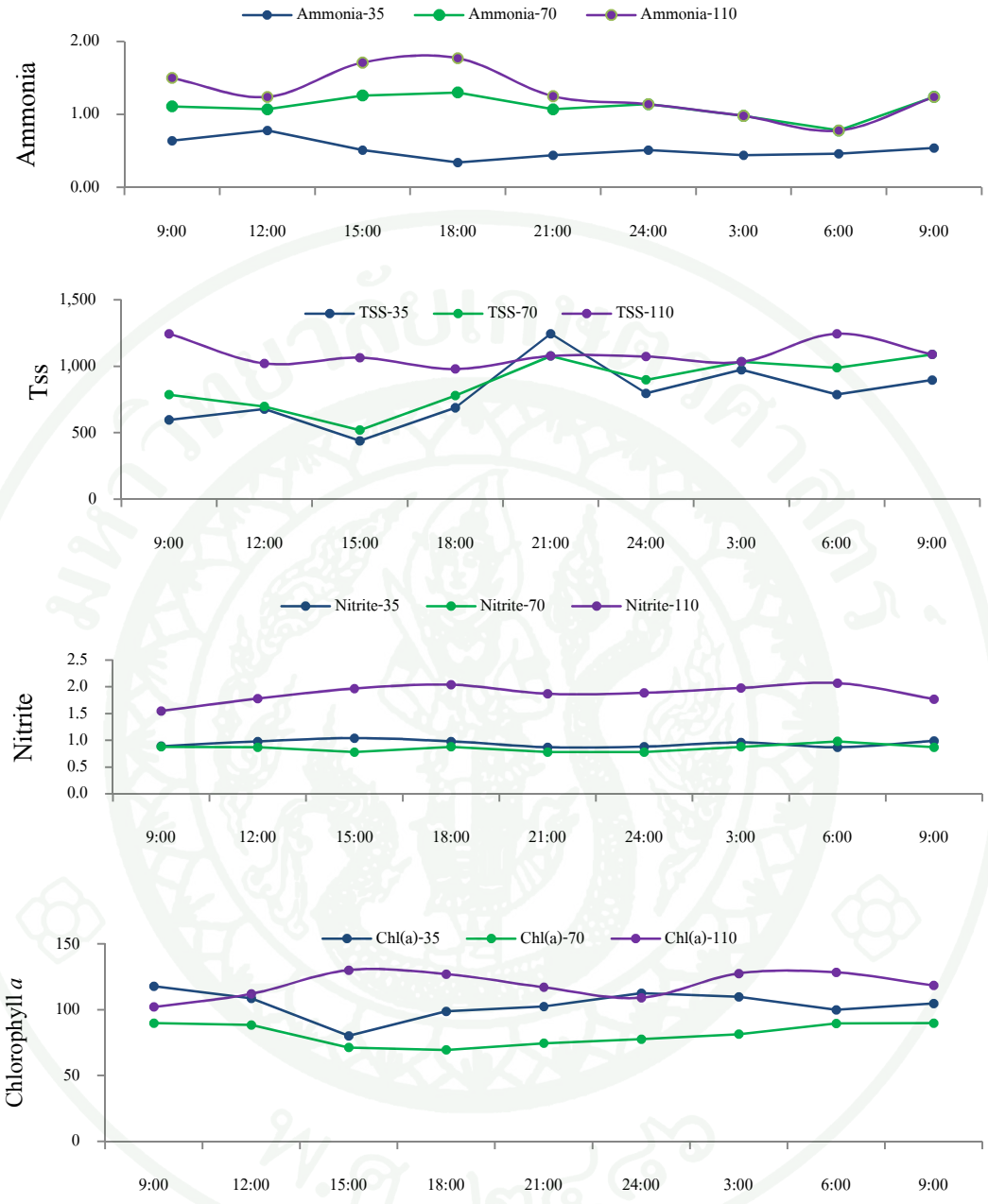
ภาพผนวกที่ 2 แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



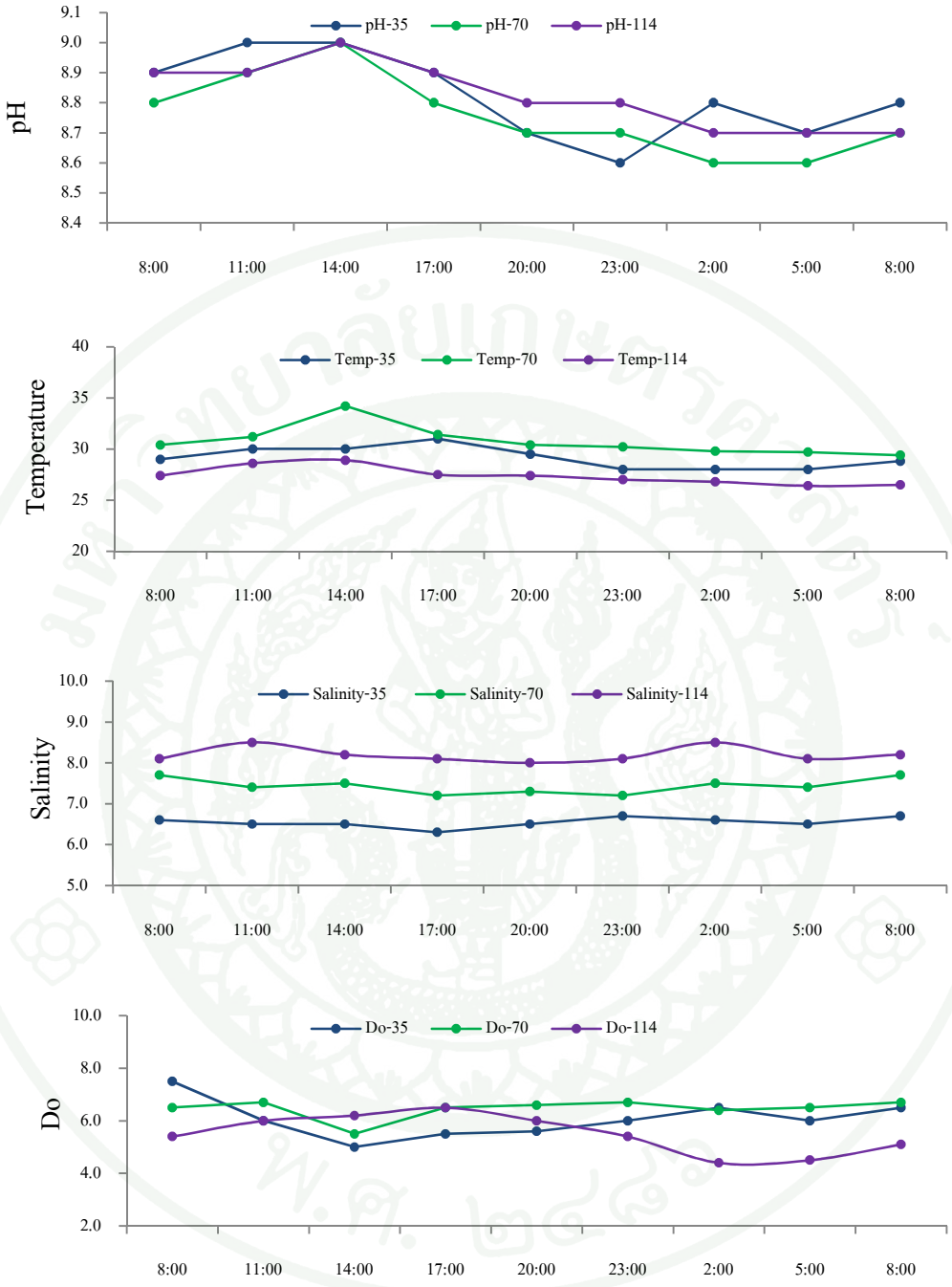
ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



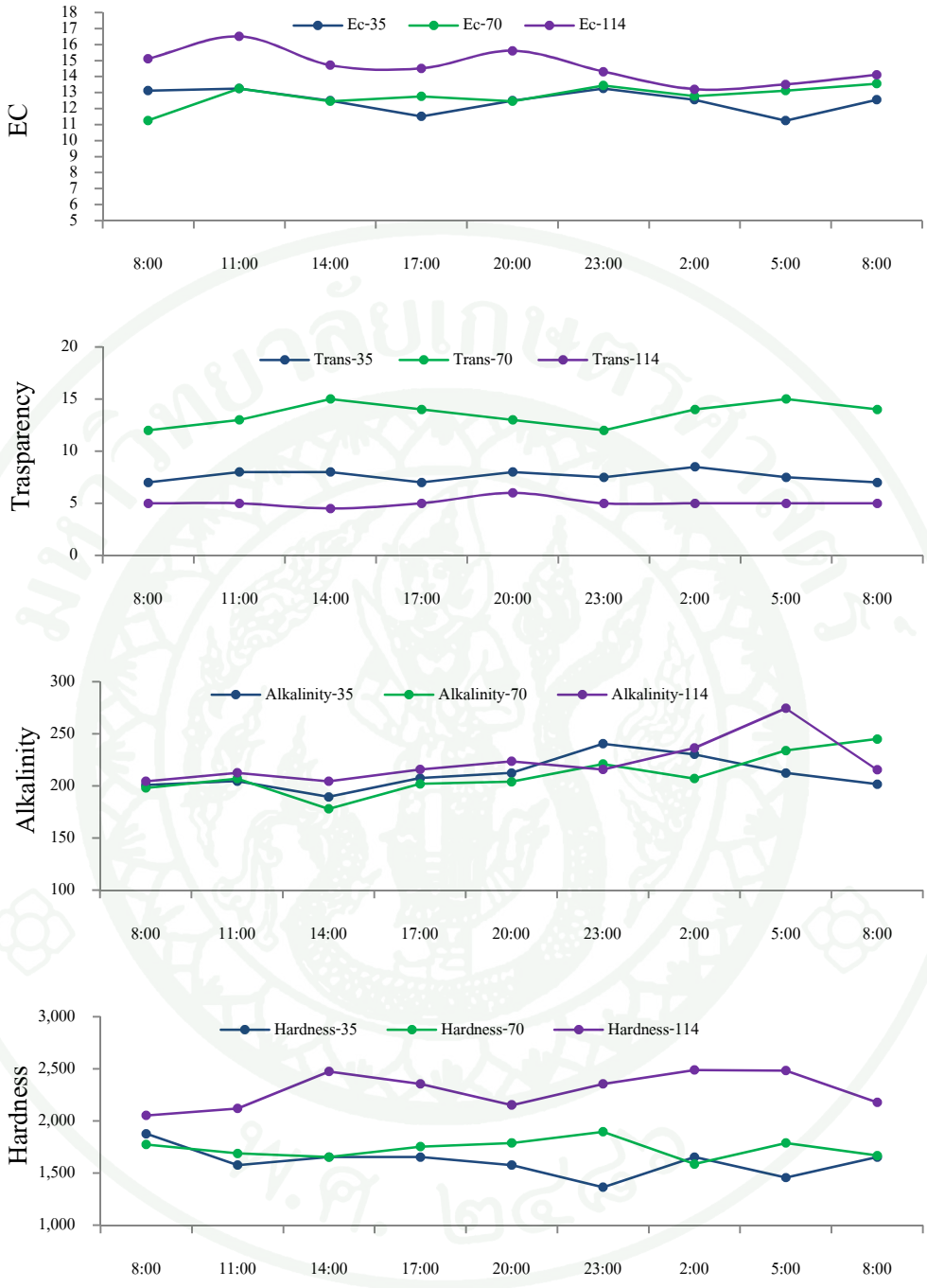
ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 3 แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

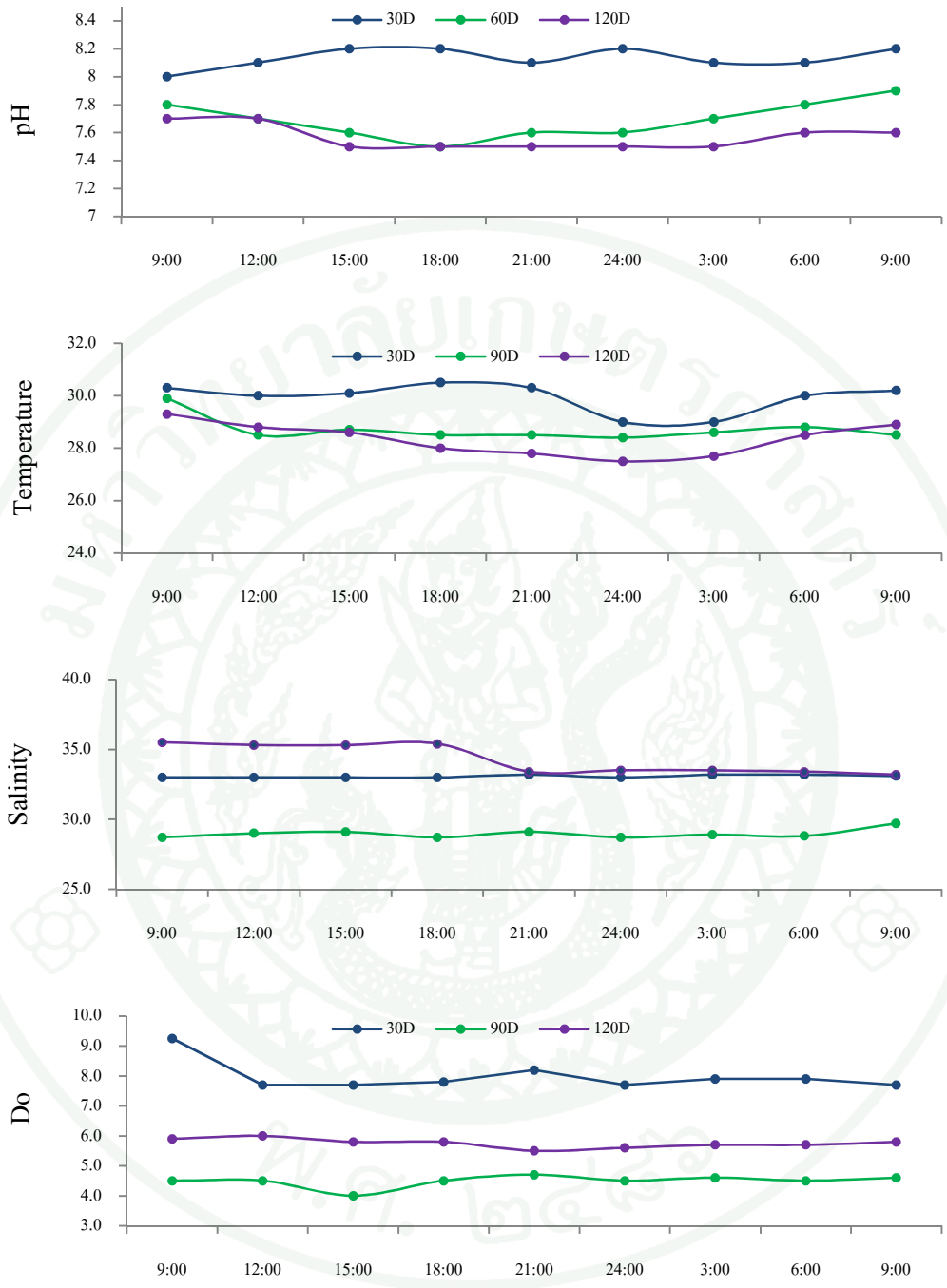


ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

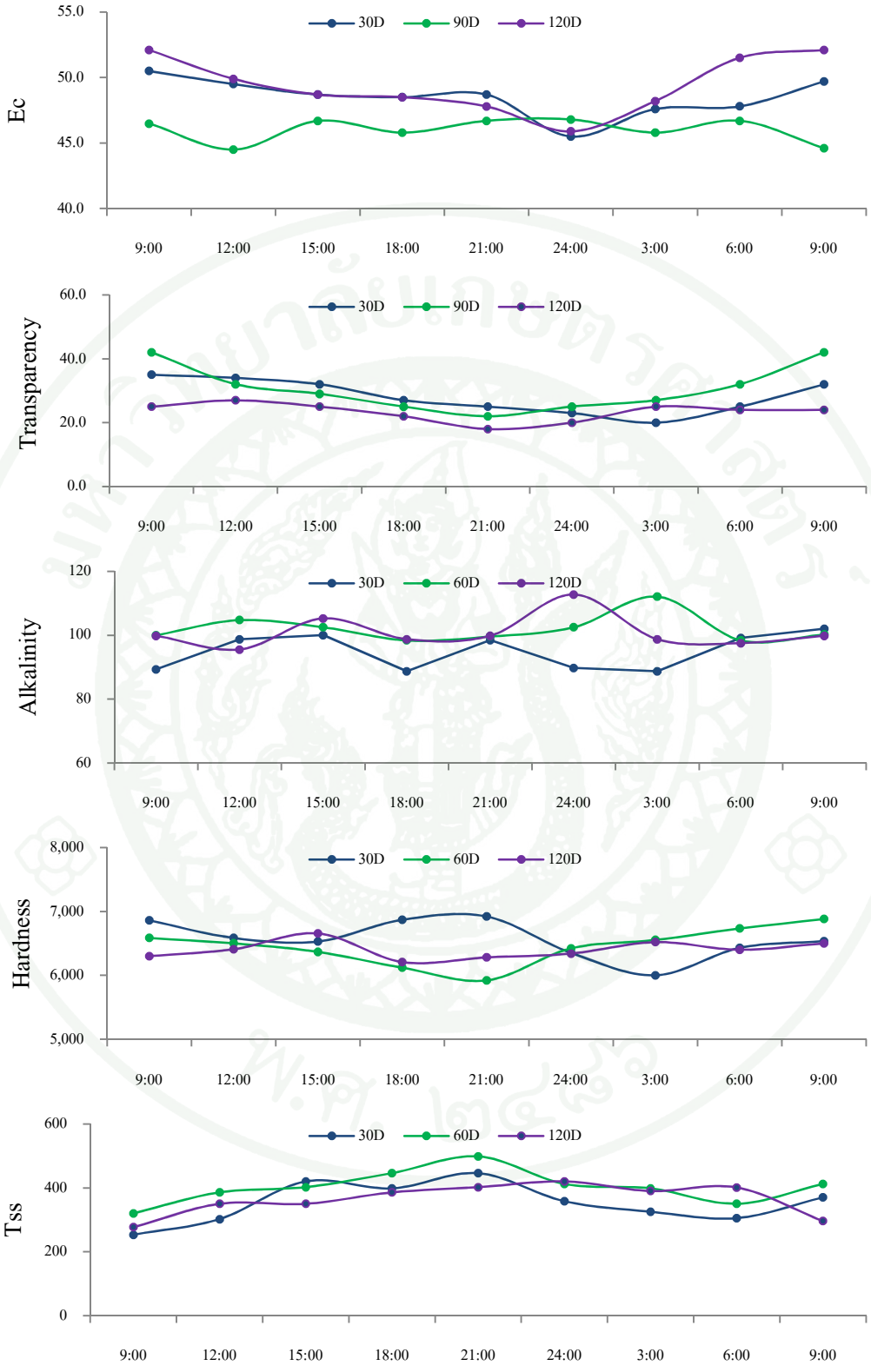
ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



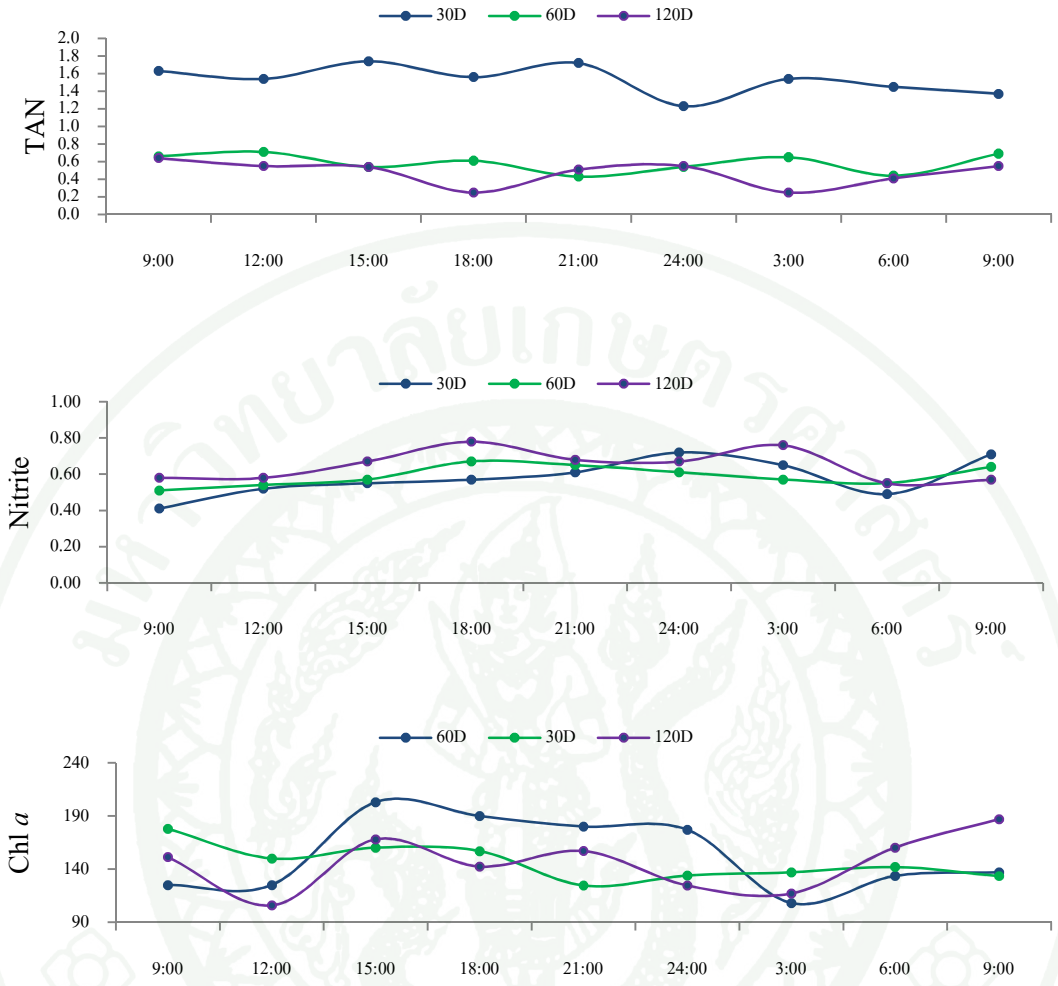
ภาพผนวกที่ 4 แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



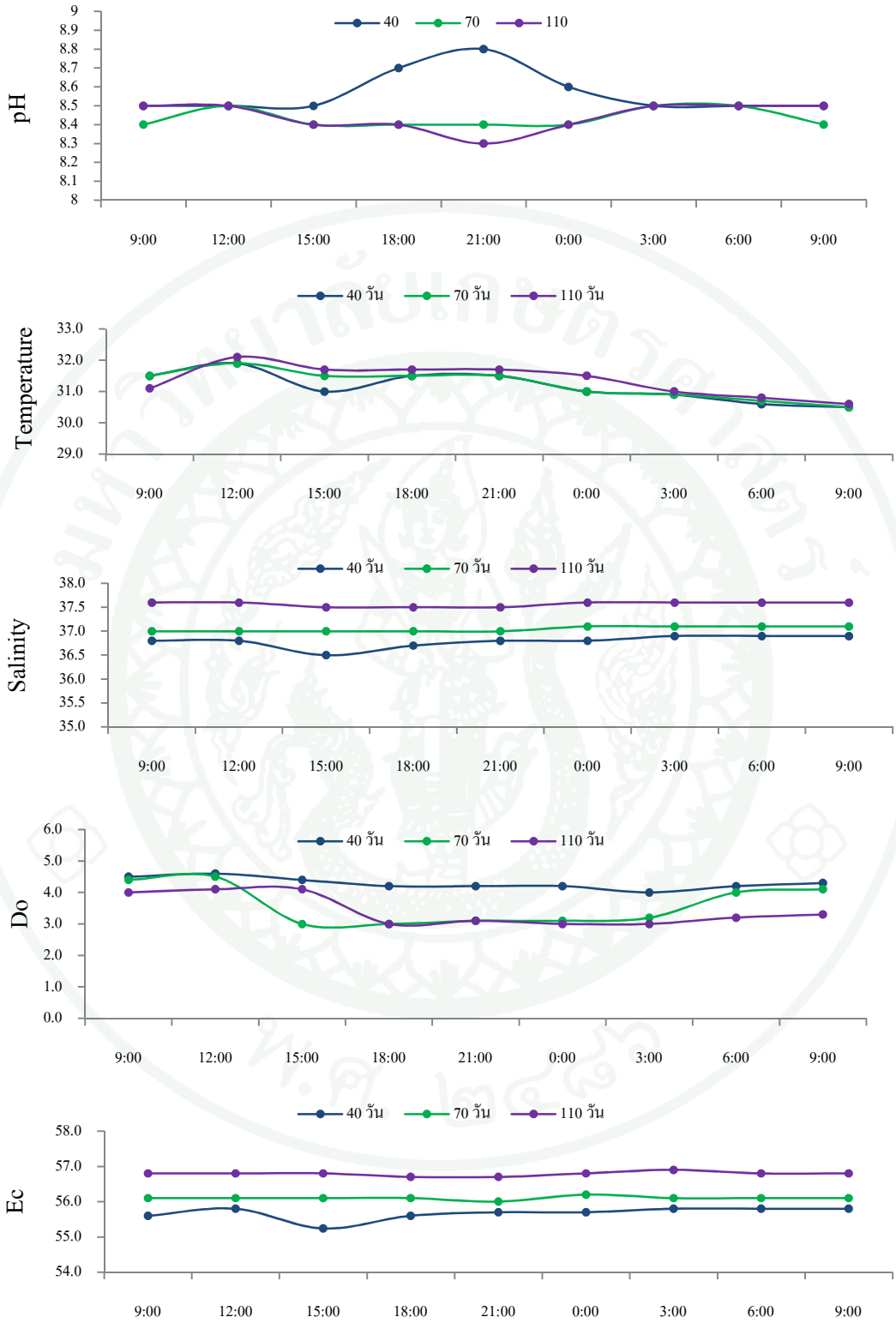
ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



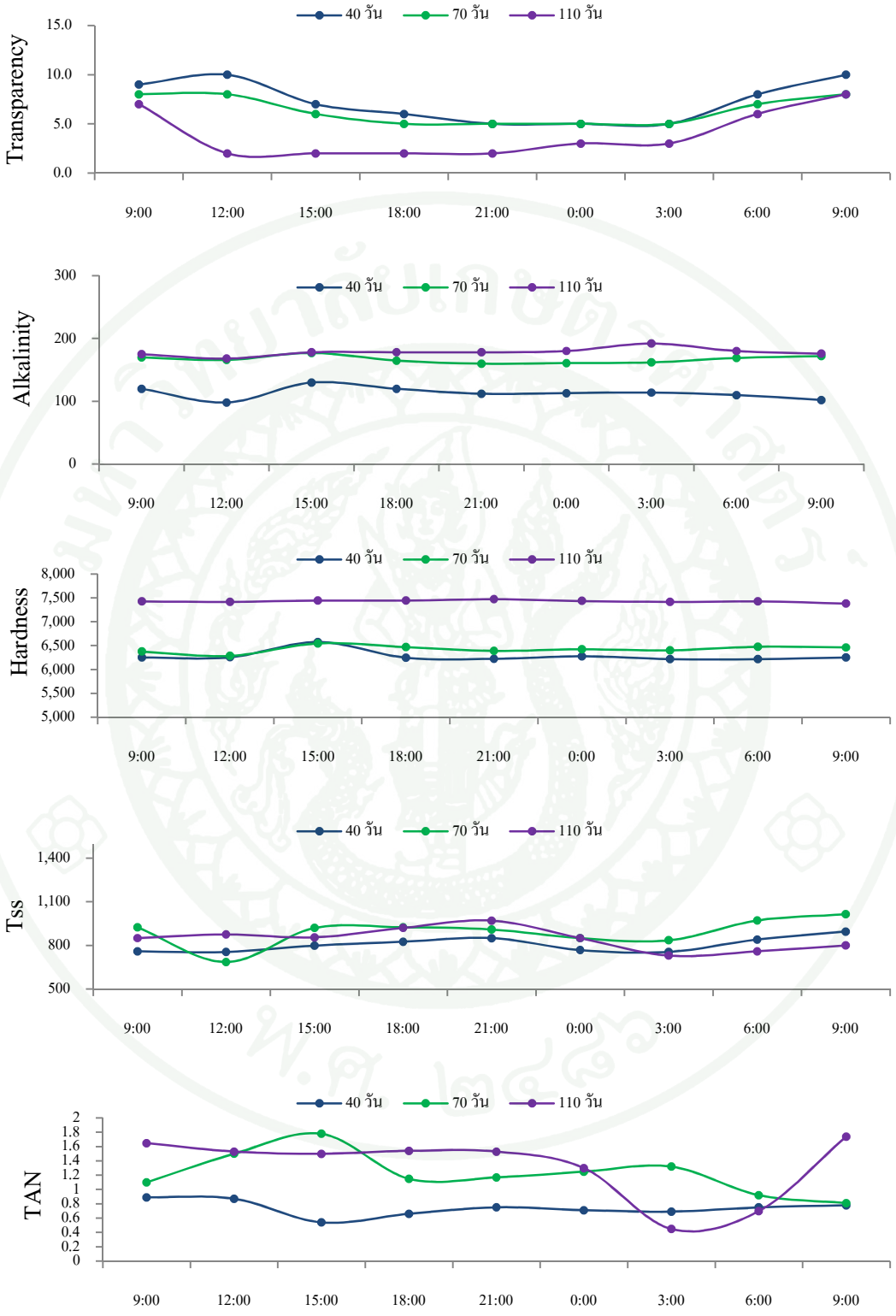
ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



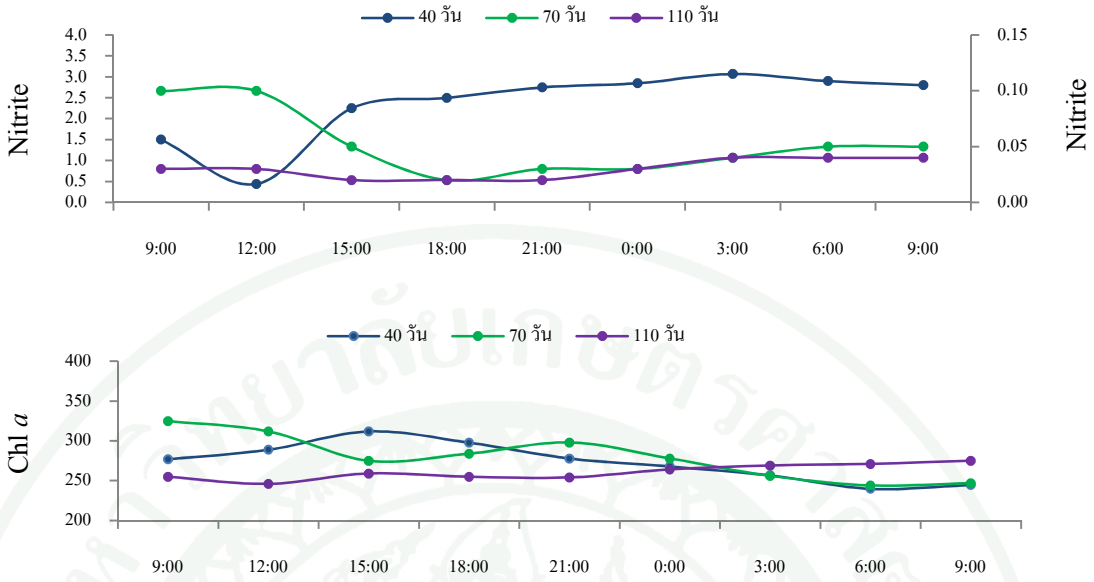
ภาพผนวกที่ 5 แนวโน้มคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 5 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 5 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจริยาวดี สุริยพันธุ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	30 พฤศจิกายน 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	วท.ม (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนวิจัยสำหรับบัณฑิตศึกษา สำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์