ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ่อเลี้ยงปลา ต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย

วิรวุฒิ แต้มประสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง

ชื่อเรื่อง
ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ่อเลี้ยงปลา
ต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย

โดย
วิรวุฒิ แต้มประสิทธิ์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย)
วันที่ 2 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 57

กรรมการที่ปรึกษา .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี)
วันที่ 2 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 57

กรรมการที่ปรึกษา .....
(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)
วันที่ 2 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 57

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)
วันที่ 2 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 57

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาตุพงศ์ วาฤทธิ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 2 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 57

ชื่อ	ผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย
ชื่อผู้เขียน	นายวิรวุฒิ แต้มประสิทธิ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์ในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย โดยเลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก (T1) บ่อซีเมนต์ (T2) และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก (T3) โดยทำการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 4.07±0.58 กรัม ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยอุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกมีค่าสูงสุดเฉลี่ย 30.91±1.09°C (30-33°C) มากกว่าระบบที่เลี้ยงในบ่อดินปูพลาสติกเฉลี่ย 28.85±1.854°C (28-31°C) และบ่อซีเมนต์เฉลี่ย 27.71±1.25 °C (27-30°C) และ อุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก (T3) สูงกว่าในบ่อดินปูพลาสติก (T1) และบ่อซีเมนต์ (T2) โดยเฉลี่ย 4.35-5.31°C น้ำหนักปลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 298.75 ±4.32, 198.40±5.25 และ 200.79±7.26 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเฉลี่ย 3.32±0.05, 2.20±0.06 และ 2.23±0.08 กรัมต่อวัน อัตราการกินอาหารต่อวันเฉลี่ย 0.56±0.01, 0.36±0.01 และ 0.35±0.01 กรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 4.16±0.16, 3.76±0.16 และ 3.37±0.16 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตรารอดเฉลี่ย 95.00±2.00, 89.00±2.00 และ 87.66±2.089 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก (T3) สูงกว่าในบ่อดินปูพลาสติก (T1) และบ่อซีเมนต์ (T2) อัตราการแลกเนื้อในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้โรงเรือนพลาสติกช่วยเพิ่มอุณหภูมิในน้ำได้ดีและยังช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซียดีขึ้นด้วย การเจริญเติบโตที่สูงขึ้นนี้ยังบ่งบอกถึงระยะเวลาการเลี้ยงที่ลดลงไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงทั่วไป ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยใช้โรงเรือนพลาสติกช่วยเพิ่มอุณหภูมิในน้ำ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงปลาในช่วงฤดูหนาวที่อุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ

Title Effect of temperature increase by solar energy on growth performance of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus)*

Author Mr. Wirawut Taemprasit

Degree of Master of Science in Fisheries Technology

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Dr. Niwooti Whangchai

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of solar-induced temperature on the growth performance of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*). Based on a completely randomized design (CRD), this study consisted of 3 treatments with 3 replications each: use of plastic lining ponds (treatment 1), outdoor cement ponds (treatment 2) and indoor cement ponds (treatment 3). Fish with average initial weight of 4.07±0.58 g were cultured for 90 days. Results showed that water temperature was significantly different among treatments ($p<0.05$) with the highest value observed in treatment 3 (30.91±1.09 ^{O}C), and this was followed by treatment 1 (28.85±1.85 ^{O}C) and treatment 2 (27.71±1.25 ^{O}C). The water temperature in treatment 3 was higher than treatment 1 and treatment 2 with differences at an average of 4.35-5.31 ^{0}C during the trial period. Results of the experiment further showed that differences in temperatures affected the growth and survival rate of the fish. After 90 days of culture, fish in treatment 3 had significantly higher weight (298.75±4.32 g/fish), growth rate (3.32±0.05 g/day), average daily feed intake (0.56±0.01 g/day), specific growth rate (4.16±0.16 percent per day) and survival rate (95.0±2.0) than treatment 1 (200.79±7.26g/fish, 2.23±0.08 g/day, 0.35±0.01 g/day, 3.37±0.16, and 87.6±2.1) and treatment 2 (198.40±5.25 g/fish, 2.20±0.06 g/day, 0.36±0.01 g/day, 3.76±0.16, and 89.0±2.0) ($p<0.05$), respectively. Results also showed that indoor cement ponds (T3) could increase water temperature and growth rate much better within a shorter time but with high production rate when compared with other treatments. Therefore, rearing of fish by using plastic greenhouse could increase water temperature and could be an alternative method to apply in aquaculture especially during winter season when temperature is unsuitably lower.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิวุฒิ หวังชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำในการวางแผนการทำการทดลองตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงาน จนกระทั่งงานทดลองสำเร็จ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.จีราพร เพกเกาะ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี อาจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อีกทั้งยังสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบุคลากรเจ้าหน้าที่ ศูนย์วิจัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง อำนวยความสะดวกรวมไปถึงให้คำแนะนำทางด้านเทคนิคและวิธีการต่างๆด้านพลังงานแสงอาทิตย์

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางประมง ห้องปฏิบัติการ FT2107 เอื้อเฟื้ออุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำรวมไปถึงสารเคมีต่างๆที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อสมลาภ แต้มประสิทธิ์ คุณแม่อารี แต้มประสิทธิ์ และนายชุนณะที แต้มประสิทธิ์ ผู้ที่ให้กำเนิดและสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเล่าเรียนตลอดมา อีกทั้งยังคอยเป็นกำลังใจในยามทุกข์สุขและยังให้ข้อคิด คำแนะนำตลอดมา

วิรวุฒิ แต้มประสิทธิ์

พฤศจิกายน 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
สารบัญตารางผนวก	(12)
สารบัญภาพผนวก	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ประวัติและชนิดของปลาตุกรัสเซีย	4
ความสำคัญของคุณภาพน้ำในบ่อปลา	8
หลักการทำงานของโรงเรือนพลาสติกพลังงานแสงอาทิตย์	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลา	22
บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	25
แผนการดำเนินงานทดลอง	25
การเตรียมบ่อ และการทดลอง	26
การเตรียมสัตว์ทดลอง	26
อาหารและการให้อาหาร	27
การตรวจวัดอุณหภูมิ	27
การเก็บรวบรวมข้อมูล	28
การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ	28
การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต	29
การวิเคราะห์ผลทางทางสถิติ	30

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา 31
การเปรียบเทียบผลของการการใช้โรงเรือนพลาสติกต่อการเพิ่มอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ 31
ผลของการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย 36
คุณภาพน้ำในบ่อปลาปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงต่างกัน 43
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 58
ผลการทดลองที่ 1: ผลของการการใช้โรงเรือนพลาสติกต่อการเพิ่มอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ 58
ผลการทดลองที่ 2 : ผลของการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย 60
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย 65
สรุปผลการทดลอง 65
ข้อเสนอแนะ 65
บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 71
ภาคผนวก ก บ่อทดลองและขั้นตอนต่างๆในการทดลอง 72
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen) 79
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-nitrogen) 83
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen) 87
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Ortho-*phosphate)* 92
ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) 96
ภาคผนวก ช การตรวดวัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (TSS) 99
ภาคผนวก ซ ประวัติผู้วิจัย 101

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตาราง เ ค่า$_{pH}$ ที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำ	14
2	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียเวลา 09.00 น. และ 17.00 น.	31
3	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกและนอกโรงเรือนพลาสติกเวลา 09.00 น. และ 17.00 น	32
4	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในเวลา 09.00 น. และ 17.00 น.	33
5	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และ อัตราการรอด ผลผลิต และต้นทุนของอาหารปลา(ค่าเฉลี่ย±ค่าเฉลี่ยเบี่ยงแบนมาตรฐาน)	36
6	ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	43
7	ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	45
8	ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	46
9	ปริมาณค่าการนำไฟฟ้าที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	48
10	ปริมาณความขุ่นในน้ำที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	49
11	ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	51
12	ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	52
13	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	54
14	ปริมาณของปริมาณไนไตรท์ –ไนโตรเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	55
15	ชนิดของแพลงก์ตอนพืชในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย	57

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	หน่วยทดลองที่ 1 บ่อดินปูพลาสติก (A) หน่วยทดลองที่ 2 บ่อซีเมนต์ (B) หน่วยทดลองที่ 3 บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนกระจก (C) ลูกปลาดุกรัสเซียที่ใช้ในการทดลอง (D)	25
2	สถานที่ทดลองศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้	26
3	ลูกปลาดุกรัสเซียที่ปล่อยในบ่อทดลอง	27
4	เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์ รุ่น TA318	28
5	การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในโรงเรือนพลาสติก นอกโรงเรือนพลาสติก บ่อพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกช่วงเวลา 09.00 น	34
6	การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในโรงเรือนพลาสติก นอกโรงเรือนพลาสติก บ่อพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกช่วงเวลา 17.00 น.	35
7	การเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน	37
8	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกรัสเซียบ่อเลี้ยงบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน	38

ภาพ หน้า

9 อัตราการอัตราการแลกเนื้อของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงต่างกันในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน 39

10 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงต่างกันโดยบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน 40

11 อัตราการรอดของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงต่างกัน บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์และ บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน 41

12 อัตราการกินอาหารต่อวันของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงต่างกัน บ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน 42

13 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน 44

14 ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน 45

15 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน 47

16 ปริมาณค่าการนำไฟฟ้าในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อตินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน 48

ภาพ		หน้า
17	ปริมาณความขุ่นในน้ำ ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน	50
18	ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน	51
19	ปริมาณแอมโมเนีย ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน	53
20	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน	54
21	ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนระยะเวลา90วัน	56

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	ระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรท์-ไนโตรเจน	85
2	ระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานออร์โธฟอสเฟต	94

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	สถานที่ใช้ในการทดลอง	73
2	ชุดการทดลองที่ 1 (T1) บ่อดินปูพลาสติก	73
3	ชุดการทดลองที่2 (T2) บ่อซีเมนต์	74
4	ชุดการทดลองที่ 3 (T3) บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก	74
5	กาวางกระชังในบ่อในแต่ละชุดการทดลอง	75
6	การปล่อยลูกปลูกปลาดุกรัสเซีย	75
7	การสุ่มชั่งน้ำหนักขณะดำเนินการทดลอง	76
8	การวัดความยาวขณะดำเนินการทดลอง	76
9	การเก็บอุณหภูมิในรอบวันขณะดำเนินการทดลอง	77
10	การถ่ายน้ำขณะดำเนินการ	77
11	เปรียบเทียบขนาดของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงที่ต่างกัน	78
12	ขนาดปลาที่จับขายในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก	78

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะปลาน้ำจืดซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของประเทศ ในปี 2550 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดถึง 932,678 ไร่ ให้ผลผลิต 525,095 ตัน มีจำนวนฟาร์ม 496,124 ฟาร์ม รวมมูลค่าประมาณ 30,354.4 ล้านบาท ซึ่งเป็นปลานิล และปลาดุกประมาณ 12,611 ล้าน ในปัจจุบันการเลี้ยงปลาดุกมีความสำเร็จเป็นอันมากเนื่องจากมีการพัฒนาสายพันธุ์ที่ดีขึ้น และปลาดุกเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตดีมาก ทนต่อโรค ดังนั้นผลผลิตในแต่ละปีจึงมีปริมาณมาก (สถิติกรมประมงแห่งประเทศไทย, 2553)

อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของปลาดุกยังอยู่ในอัตราที่ไม่สูงมาก เนื่องมาจากปัจจัยการผลิตอื่นๆที่เป็นตัวลดศักยภาพของผลผลิต ซึ่งมีอยู่หลายปัจจัย ที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตที่ลดลง ได้แก่เรื่อง การจัดการ สภาพแวดล้อม คุณภาพน้ำ และฤดูกาล ทั้งนี้ฤดูกาลจะส่งผลต่ออุณหภูมิในการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยตรง เนื่องจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป เกิดการลดของอุณหภูมิในน้ำจึงทำให้ปลาไม่กินอาหาร เกิดเป็นปัญหาใหญ่สำหรับ การเลี้ยงสัตว์น้ำในฤดูหนาว เพราะว่าในช่วงฤดูหนาวผลผลิตของปลาดุกที่ออกสู่ตลาดมีอัตราลดลง

จากสภาพพื้นที่ของภาคเหนือในประเทศไทย ในฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศแวดล้อมลดต่ำกว่า 15 °C และอุณหภูมิมีความแตกต่างระหว่างกลางวันและกลางคืนประมาณ 15-20 ^{0}C โดยในฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 15-20 °C และสูงสุดประมาณ 30-35 °C ซึ่งถ้าสามารถลดความแตกต่างอุณหภูมิน้ำระหว่างกลางวันและกลางคืนให้ใกล้เคียงกัน หรือสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ในช่วง 28-30 °C ก็จะทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตดี มีอัตราการเปลี่ยนเป็นเนื้อสูง ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นลงและลดต้นทุนด้านอาหารในการเลี้ยง

จึงมีการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิในบ่อเกิดขึ้นโดยการใช้โรงเรือนกระจกในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยง และสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงได้ถึง 3-4 °C ทำให้การเลี้ยงปลาในช่วงฤดูหนาวทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าในบ่อที่ไม่ใช้เรือนกระจก Tiwari et al., (2006 ; กรวัฒน์ และ ทนงเกียรติ, 2553) พบว่าปลาดุกในบ่อดินที่มีการควบคุมอุณหภูมิน้ำในช่วง

30-32 °C โดยใช้ระบบ Solar-Heat pump เปรียบเทียบกับบ่อดินที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิซึ่งจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-29 °C โดยทำการเลี้ยงในช่วงฤดูหนาวและฤดูฝน พบว่าปลาที่เลี้ยงในบ่อที่ควบคุมอุณหภูมิจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีกว่าบ่อที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอย่างชัดเจน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าประมาณ 1.6-1.7 เท่า

ดังนั้นเพื่อให้ปลาดุกมีเพียงพอต่อความต้องการบริโภค และให้ผลดีในด้านการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดในช่วงฤดูหนาว ผู้วิจัยจึงได้เห็นความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีพลังงานจากแสงอาทิตย์ในการทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น โดยมีหลายวิธีการด้วยกัน เช่น การใช้โรงเรือนกระจกในการเพิ่มอุณหภูมิในพืชและการอบแห้ง และการใช้ solar heat ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในการทำน้ำร้อนในครัวเรือน ทำให้มีการใช้พลังงานเกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งการใช้เรือนกระจก เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตการเลี้ยงปลาในบ่อในช่วงฤดูหนาวได้ดี และเพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุก ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตของปลาดุกโดยการใช้พลังงานความร้อนจากโรงเรือนกระจก ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตปลาดุกในเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิจากพลังงานแสงอาทิตย์ต่อการเจริญเติบโตของปลาดุรัสเซียที่เลี้ยงใน บ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์และ บ่อซีเมนต์ในโรงเรือน
2. เพื่อศึกษาระบบบ่อเลี้ยงปลาแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบประสิทธิภาพของบ่อเลี้ยงปลาดุกที่เลี้ยงในแต่ละรูปแบบที่แตกต่างกัน

2. ทราบถึงวิธีการเลี้ยงปลาที่เหมาะสม การคัดเลือกโรงเรือน หรือชนิดของปลาที่สมควรนำมาเลี้ยงเชิงเศรษฐกิจ

3. เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการพัฒนาการเลี้ยงปลาดุก

4. นำความรู้ด้านเทคโนโลยีการใช้พลังงานความร้อนจากโรงเรือนกระจก ไปประยุกต์ใช้ในด้านการเลี้ยงปลา

5. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐ เอกชน สถานศึกษาและประชาชนทั่วไป

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ประวัติและชนิดของปลาดุกรัสเซีย

ปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*)วงศ์ปลาดุก (Clariidae) มีลักษณะทั่วไปคล้ายปลาดุกด้าน (*C. batrachus*) ซึ่งเป็นปลาในสกุลเดียวกัน แต่มีส่วนหัวยาวกว่าและแนวระหว่างจะงอยปากถึงท้ายทอยเว้าและโค้งลาด ด้านบนของศีรษะขรุขระกว่า เมื่อมองจากด้านบนจะเห็นเป็นรูปสามเหลี่ยม ท้ายทอยแหลมเป็นโค้ง 3 โค้ง โดยส่วนกลางยื่นยาวมากที่สุด ลำตัวยาว ครีบหลังและครีบก้นยาว ลำตัวด้านบนมีสีน้ำตาลคล้ำอมเหลือง และมีลายแต้มแบบลายหินอ่อนบนลำตัว แก้มและท้องสีจาง ที่โคนครีบหางมีแถบตามแนวตั้งสีจาง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของปลาชนิดนี้ ครีบมีสีเข้มกว่าลำตัวเล็กน้อย บางตัวอาจมีขอบครีบสีแดง นับเป็นปลาที่ขนาดใหญ่สุดในสกุล *Clarias* ขนาดเมื่อโตเต็มที่ยาวได้ถึง 1.70 เมตร เป็นปลาพื้นเมืองของทวีปแอฟริกา พบได้ในตอนเหนือและตอนตะวันออกของทวีป สำหรับในประเทศไทยได้ถูกนำเข้ามาในปี พ.ศ. 2528 โดยเอกชนบางรายในจังหวัดหนองคายและอุบลราชธานี ได้นำเข้ามาจากประเทศลาวเพื่อเลี้ยงไว้ดูเล่น เนื่องจากมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าปลาดุกทั่วไป ต่อมากรมประมงได้นำมาทดลองผสมข้ามพันธุ์กับปลาดุกอุย (*C. macrocephalus*) พบว่าลูกผสมระหว่างพ่อปลาดุกรัสเซียและแม่ปลาดุกอุยมีผลการรอดสูง และมีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด เนื้อมีรสชาติที่ดีขึ้น จึงส่งเสริมและเผยแพร่วิธีการเพาะขยายพันธุ์และเลี้ยงสู่เกษตรกรอย่างกว้างขวาง จนปัจจุบันนี้ กลายเป็นปลาเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมชนิดหนึ่งของไทย และเรียกชื่อลูกปลาผสมนี้ว่า "บิ๊กอุย" แต่ในปัจจุบัน สถานะของปลาดุกรัสเซียในประเทศไทย จากบางส่วนได้หลุดรอดและถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้เป็นสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นชนิดหนึ่งที่ดุกคามการอยู่รอดสัตว์น้ำพื้นเมืองของไทย สำหรับชื่ออื่นๆ เช่น ปลาดุกแอฟริกา ปลาดุกเทศ เป็นต้น (มานพ, 2531)

ในประเทศไทยนั้นพบว่ามีปลาดุกด้วยกันทั้งหมด 5 ชนิด แต่เท่าที่รู้จักมีเพียง 2 ชนิด คือ ปลาดุกอุย และปลาดุกด้าน ปลาดุกที่นิยมเลี้ยงคือ ปลาดุกด้าน เพราะเนื้อปลาดุกด้านค่อนข้างแข็ง ทำให้สามารถขนส่งได้ในระยะทางไกลๆ ประกอบกับปลาดุกด้านเลี้ยงง่าย โตเร็ว จึง

เป็นที่นิยมเลี้ยงกันมาก แต่สำหรับผู้บริโภคแล้ว จะนิยมปลาดุกอุย เพราะให้รสชาติดีเนื้อปลานุ่ม ฟู กลิ่นดี (สุภาพร, 2538)

อาหารปลาดุกเล็ก

เมื่อปลาดุกฟักไข่ออกมาเป็นลูกปลาดุกจะใช้อาหารจากถุงไข่แดงซึ่งติดอยู่ด้านหน้าท้องของลูกปลา ประมาณ 1 - 2 วัน ถุงไข่แดงจะยุบลงซึ่งเป็นเครื่องหมายว่าอาหารที่ติดตัวลูกปลาดุกมาตั้งแต่เกิดได้ใช้หมดไปแล้ว จำเป็นต้องหาอาหารจากสภาพแวดล้อม ในช่วงนี้ผู้เลี้ยงลูกปลาดุกจำเป็นต้องใช้อาหารเพื่อการเจริญเติบโตซึ่งต้องมีปริมาณโปรตีนสูง ได้แก่ ไข่แดงต้มสุก ไรแดง หรืออาหารผสม เมื่อปลาโตสามารถที่จะปล่อยลงสู่บ่อเลี้ยงได้ อาหารที่ให้ได้แก่ ปลาเป็ดสับบดละเอียดผสมกับรำ หรืออาหารผสมอัดเม็ดลอยน้ำ จวบจนกระทั่งสามารถจับปลาดุกขายได้ ในธรรมชาติลูกปลาดุกกินอาหารจำพวกโปรโตซัว ไรน้ำขนาดเล็ก โรติเฟอร์และแพลงค์ตอนพืช ปลาดุกที่มีขนาดโตขึ้นจะกินอาหารจำพวกตัวอ่อนของแมลง ลูกกุ้ง ลูกปู หนอน และอินทรีย์สารที่อยู่ตามพื้นโคลน นอกจากนี้ยังสามารถฝึกให้กินอาหารสมทบทั้งประเภทจมน้ำหรืออาหารชนิดเม็ดลอยน้ำได้ ซึ่งมีส่วนผสมของอาหารประเภทปลายข้าว รำ กากถั่ว ปลาป่น เป็นต้น (โยธิน, 2524)

ปลาดุกกินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) มีนิสัยชอบหาอาหารกินในเวลากลางวันตามบริเวณพื้นก้นบ่อและจะขึ้นมากินอาหารบริเวณพื้นผิวน้ำเป็นบางครั้ง ในบางครั้งก็ถือว่าปลาชนิดนี้เป็นพวก Scavengers เนื่องจากเป็นปลาที่มีนิสัยชอบกินอาหารจำพวกเศษเนื้อที่กำลังสลายตัว ปลาดุกมีนิสัยชอบกินอาหารจำพวกเนื้อสัตว์มากกว่าอาหารจำพวกพืชหรืออาหารจำพวกแป้ง อาหารต่างๆ เหล่านี้ ทั้งที่มีตามธรรมชาติทั้งที่ผสมให้กินโดยการทำเองมีสารอาหารต่างๆซึ่งจำเป็นต้องให้ปลาดุกอย่างครบถ้วนตามที่ปลาดุกต้องการ ปลาดุกจึงเจริญเติบโตได้ดี คุณค่าทางอาหารที่ปลาดุกต้องการและจำเป็นมีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด คือ

โปรตีน เป็นส่วนสำคัญของอาหารเพื่อนำเข้าไปเสริมสร้างร่างกาย ในส่วนที่สึกหรอหรือนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ความต้องการโปรตีนของปลาดุกนั้นจะแตกต่างกันไปตามวัยและเวลาที่เพิ่มขึ้น ในลูกปลาวัยอ่อนจนถึงขนาดสามารถปล่อยลงสู่บ่อเลี้ยงได้มีความต้องการโปรตีนอยู่ในช่วง 35 - 40 % ส่วนในช่วงระยะเวลาที่อยู่ในบ่อเลี้ยงปลาดุกมีความต้องการโปรตีน 25 - 35 %

คาร์โบไฮเดรต สารอาหารประเภทนี้เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานได้บางส่วนแก่ร่างกาย ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของปลาดุกจะอยู่ในช่วง 35 - 40 % ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วปลาดุกจะไม่ขาดสารอาหารประเภทนี้เพราะมีอยู่ในแป้ง ปลายข้าว รำ และข้าวโพด นอกจากนี้วัตถุดิบเหล่านี้ในอาหารผสมอัดเม็ดลอยน้ำ จะช่วยให้อาหารรวมตัวกันได้แน่นขึ้นอีกด้วย

ไขมัน ไม่ว่าอาหารชนิดใดมักจะมีไขมันปะปนอยู่ด้วยเสมอไม่มากก็น้อย ซึ่งสารอาหารนี้เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานในปริมาณที่สูง บางครั้งปลาดุกที่ได้รับไขมันเป็นจำนวนมาก ก็จะมีโทษได้ เช่นเดียวกันกับการมีประโยชน์ของมัน อาหารที่ให้ปลาดุกไม่ควรจะมีไขมันในปริมาณที่มากเกิน 5 – 6 % วัตถุดิบที่มีไขมันในปริมาณมากได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น

วิตามิน สารอาหารชนิดนี้จัดได้ว่าเป็นอาหารบำรุงเพราะมีส่วนช่วยให้ปลาดุกสามารถใช้สารอาหารอื่นๆได้มากขึ้น ทำให้ปลาดุกมีการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น โดยที่สารอาหารชนิดนี้ไม่ได้มีส่วนในการเจริญเติบโตของปลาดุกโดยตรงเลยดังนั้นวิตามินจึงมีความจำเป็นที่ปลาดุกจะต้องได้รับตามความเหมาะสม

แร่ธาตุ เป็นส่วนประกอบสำคัญๆของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะแคลเซียม และฟอสฟอรัสซึ่งเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟันอีกทั้งยังเป็นสารที่ควบคุมปริมาณของน้ำในตัวปลาแร่ธาตุมีอยู่ในสารอาหารโดยทั่วๆ ไปอยู่แล้ว (จำเนียน, 2542)

การเตรียมบ่อเลี้ยง

การเลี้ยงในบ่อดิน มีหลักการเตรียมบ่อเลี้ยงปลาทั่ว ๆ ไป ดังนี้

1. ต้องตากพื้นบ่อให้แห้ง ปรับสภาพพื้นบ่อให้สะอาด

2. ใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพของดินโดยใส่ปูนขาวในอัตราประมาณ 60 - 100 กก./ไร่

3. ใส่ปุ๋ยคอกเพื่อให้เกิดอาหารธรรมชาติสำหรับลูกปลาในอัตราประมาณ 40 - 80 กก./ไร่

4. สูบน้ำเข้าบ่อโดยกรองไม่ให้ศัตรูของลูกปลาติดเข้ามากับน้ำจนมีระดับลำลึก 30- 40 ซม. หลังจากนั้นจึงปล่อยปลา ในการปล่อยลูกปลาลงบ่อเลี้ยงจะต้องปรับสภาพอุณหภูมิ

ของน้ำในถุงและน้ำในบ่อให้เท่าๆกัน โดยการแช่ถุงบรรจุลูกปลาในน้ำประมาณ 30 นาที จึงปล่อยลูกปลาเวลาที่เหมาะสมในการปล่อยลูกปลาควรเป็นตอนเย็นหรือตอนเช้าและเพื่อให้ลูกปลามีอาหารกินควรเติมไรแดงในอัตราประมาณ 5 กิโลกรัม เพื่อเป็นอาหารลูกปลาหลังจากนั้นก็ให้ลูกปลากินอาหารผสมต่อไป อีกทั้งผู้เลี้ยงควรคอยตรวจดูสุขภาพของลูกปลาอย่างสม่ำเสมอด้วย

การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ จะมีหลักการเตรียมบ่อเลี้ยงปลาทั่ว ๆ ไป ดังนี้

ควรปรับสภาพของน้ำในบ่อที่เลี้ยงให้มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อยแต่ต้องตรวจเช็คว่าบ่อซีเมนต์ที่สร้างใหม่จะต้องไม่มีฤทธิ์ของปูนและระดับน้ำในบ่อเมื่อเริ่มปล่อยลูกปลาขนาด 2 - 3 ซม. ควรมีความลึก ประมาณ 20 - 30 ซม.เมื่อลูกปลาเติบโตขึ้นจึง เพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้น ตามลำดับ โดยเพิ่มระดับน้ำประมาณ 5 ซม./ อาทิตย์ (อุทัยรัตน์, 2544)

ขั้นตอนการเลี้ยง

1. อัตราปล่อยปลาดุก ลูกปลาขนาด 2 - 3 ซม. ปล่อยในอัตราประมาณ 40 - 100 ตัว/ตรม. ซึ่งขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการเลี้ยง คือ ชนิดของบ่อและระบบการเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งปกติทั่วๆไป อัตราปล่อยเลี้ยงประมาณ 50 ตัว/ตรม. และเพื่อป้องกันโรคที่ติดมากับลูกปลา โดยใช้น้ำยาฟอร์มาลินใส่ในบ่อเลี้ยง อัตราความเข้มข้นประมาณ 30 ส่วนในล้าน (3 ลิตร/น้ำ 100 ตัน) วันที่ปล่อยลูกปลาไม่จำเป็นต้องให้อาหารควรเริ่มให้อาหารในวันถัดไป

2. การให้อาหาร เมื่อปล่อยลูกปลาดุกรัสเซียลงในบ่อ อาหารที่ให้ในช่วงที่ลูกปลาดุกมีขนาดเล็ก (2 - 3 ซม.) ควรให้อาหารผสมคลุกน้ำปั้นเป็นก้อนให้ลูกปลา โดยให้ปลากินวันละ 2 ครั้ง หว่านให้กินทั่วบ่อโดยเฉพาะในบริเวณขอบบ่อเมื่อลูกปลามีขนาดโตความยาวประมาณ 5 - 7 ซม. สามารถฝึกให้กินอาหารเม็ดได้ หลังจากนั้นเมื่อปลาโตจนมีความยาว 15 ซม.ขึ้นไป จะให้อาหารเม็ดเพียงอย่างเดียวหรืออาหารเสริมชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น ปลาเป็ดผสมรำละเอียดอัตรา 9 : 1 หรือให้อาหารที่ลดต้นทุน เช่น อาหารผสมจากส่วนผสมต่างๆเช่น กระดูกไก่ ไส้ไก่ เศษขนมปัง เศษเส้นหมี่ เศษเลือดหมู เลือดไก่ เศษเกี้ยว หรือเศษอาหารว่างๆเท่าที่สามารถหาได้ นำมาบดรวมกันแล้วผสมให้ปลากิน แต่การให้อาหารประเภทนี้จะต้องระมัดระวังเรื่องคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงเมื่อเลี้ยงปลาได้ประมาณ 3 - 4 เดือน ปลาจะมีขนาดประมาณ 200 - 400 กรัม/ตัว ซึ่งผลผลิตที่ได้จะประมาณ 10 - 14 ตัน/ไร่ อัตรารอดตายประมาณ 40 - 70 %

3. **การถ่ายเทน้ำ** เมื่อเริ่มต้นเลี้ยงระดับความลึกของน้ำในบ่อเลี้ยงควรมีประมาณ 30 - 40 ซม. เมื่อลูกปลาเจริญเติบโตในเดือนแรกจึงเพิ่มระดับน้ำสูงเป็นประมาณ 50 - 60 ซม. หลังจากเข้าเดือนที่สองควรเพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้น 10 ซม./อาทิตย์ จนระดับน้ำในบ่อมีความลึก 1.20- 1.50 เมตร การถ่ายเทน้ำควรเริ่มตั้งแต่การเลี้ยงผ่านไปประมาณ 1 เดือน โดยถ่ายน้ำประมาณ 20 % ของน้ำในบ่อและจะถ่ายน้ำ 3 วัน/ครั้ง หรือน้ำในบ่อเริ่มเสียจะต้องถ่ายน้ำมากกว่าปกติ

4. การป้องกันโรค การเกิดโรคของปลาดุกรัสเซียที่เลี้ยงมักจะเกิดจากปัญหาคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงไม่ดี ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุของการให้อาหารมากเกินไปจนอาหารเหลือเน่าเสีย เราสามารถป้องกันไม่ให้เกิดโรคได้ โดยต้องสังเกตเมื่อปลาหยุดกินอาหารจะต้องหยุดให้อาหารทันที เพราะปลาดุกรัสเซียมีนิสัยชอบกินอาหารที่ให้ใหม่ ถึงแม้ว่ากินอิ่มแล้วถ้าให้อาหารใหม่อีกก็จะคายหรือสำรอกอาหารเก่าทิ้งแล้วกินอาหารให้ใหม่อีกซึ่งปริมาณอาหารที่ให้ไม่ควรเกิน 4 - 5 % ของน้ำหนักตัวปลา (มานพ, 2531; อุทัยรัตน์, 2544)

การตลาด

การตลาดเป็นปัญหาใหญ่ที่มีอิทธิพลต่อการเลี้ยงปลามากที่สุด ตลาดปลาดุกนั้นเป็นในลักษณะที่ มีคนกลางเป็นผู้ตระเวนจับปลาโดยตรงจากบ่อเลี้ยงแล้วนำไปส่งพ่อค้าขายปลีกตามที่ต่างๆ ตลาดใหญ่จะอยู่ที่จังหวัดอ่างทอง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา กรุงเทพฯ ภาคอีสาน ภาคเหนือ ผู้จับปลามีบทบาทค่อนข้างสูงในการกำหนดราคาปลาร่วมกับความต้องการของตลาด ราคาปลาดุกเปลี่ยนแปลงค่อนข้างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ตลาดและฤดูกาล โดยทั่วไปพบว่าช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนเมษายน ราคาปลาดุกจะราคาถูกเนื่องจากมีปลาธรรมชาติออกสู่ตลาดมาก การเพิ่มปริมาณและมูลค่าก็คือการขยายตลาดต่างประเทศ การถนอมและแปรรูปในลักษณะผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งเป็นการกระจายผลผลิตอีกทางหนึ่ง (อุทัยรัตน์, 2544)

ความสำคัญของคุณภาพน้ำในบ่อปลา

คุณภาพน้ำในบ่อปลาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโต การเกิดโรคและปรสิต การผสมพันธุ์วางไข่และการตายของปลา ถ้าปลาได้อาศัยอยู่ในน้ำที่มีคุณภาพดี มีความ

เหมาะสมต่อชนิดและขนาดของปลา ก็จะทำให้ปลาดำรงชีวิตได้เป็นปกติ เจริญเติบโตดีปราศจากโรคและปรสิต

ดังนั้นการเลี้ยงปลาเพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูง ควรคำนึงถึงการจัดการน้ำในบ่อปลามีให้คุณภาพดี และมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาเป็นสิ่งสำคัญ การที่จะกำหนดกฎเกณฑ์ว่า ลักษณะคุณภาพน้ำอย่างไร จึงจะมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา หรือการผลิตปลาให้ได้ประสิทธิภาพสูงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าจะเข้าใจได้แน่ชัด เพราะว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลามีมากมายหลายอย่าง เช่น อาหาร ความหนาแน่นของปลา พันธุ์ปลา การเกิดโรคและปรสิต สภาพภูมิอากาศ คุณภาพน้ำ ฯลฯ นอกจากนี้คุณภาพของน้ำเองก็ยังขึ้นอยู่ปัจจัยผันแปรหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณก๊าซชนิดต่างๆที่อยู่ในน้ำปริมาณอนินทรีย์สารในน้ำ ปริมาณอินทรีย์สารในน้ำ

ความเหมาะสมของคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงปลาชนิดต่างๆ จึงจำเป็นต้องใช้เวลาศึกษาหาข้อมูลและประสบการณ์ เพื่อนำมาปรับใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และ ชีวภาพของน้ำในบ่อปลา (ไมตรี, ม.ป.ป.)

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ

อุณหภูมิ (Temperature)

แสงแดดที่ส่องกระทบพื้นผิวน้ำแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แสงแดดที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงกับแสงสะท้อน ซึ่งเป็นแสงแดดที่ส่องกระทบสิ่งเจือปนในบรรยากาศ แล้วสะท้อนลงสู่พื้นผิวน้ำ แสงเมื่อกระทบพื้นผิวน้ำ ส่วนหนึ่งจะส่องทะลุผ่านลงไปในน้ำ ถ้าผิวน้ำเรียบและมุมที่แสงทำกับผิวน้ำแคบ แสงจะส่องผ่านลงไปได้ลึก แสงอีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ ปริมาณของแสงที่สะท้อนกลับ ขึ้นอยู่กับมุมที่แสงตกกระทบกับผิวน้ำ ชนิดของแสง ลักษณะของพื้นผิวน้ำ และสภาพของท้องฟ้า แสงส่วนที่ส่องผ่านลงไปในน้ำ ส่วนมากถูกดูดกลืนโดยน้ำ ส่วนที่เหลือจะแพร่กระจายในน้ำ แสงส่วนที่ถูกดูดกลืนจะเปลี่ยนรูปจากพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนเมื่อสะสมอยู่ในน้ำมากพอ ก็จะทำให้น้ำร้อนขึ้นหรืออุณหภูมิสูงขึ้น และลมจะทำให้เกิดคลื่นน้ำ ซึ่งช่วยให้ความร้อนที่น้ำดูดกลืนไว้กระจายไปทั่วบ่อ

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสัตว์น้ำ อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงและโดยอ้อมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยปกติอุณหภูมิของน้ำจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิของอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาล ระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย หรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่ว ๆไปของแหล่งน้ำ ในประเทศไทยอุณหภูมิจะผันแปรในช่วง 23 - 32 ^{0}C การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะค่อย ๆเป็นไปอย่างช้า ๆ สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาซึ่งจัดอยู่ในพวกสัตว์เลือดเย็น ซึ่งไม่สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่เหมือนสัตว์เลือดอุ่น ร่างกายของสัตว์น้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำและสภาพแวดล้อมที่มันอยู่อาศัย แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม ปลาจะทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงจำกัด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกิจกรรมต่างๆในการดำรงชีวิตจะสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลง กิจกรรมต่าง ๆเหล่านั้นก็ลดลงไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามกฎของ (Van Hoff's Law) ซึ่งกล่าวว่าอัตราขบวนการเมตาโบลิซึม (Metabolic rate) ของสิ่งที่มีชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 - 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 ^{0}C และลดลงในทำนองเดียวกัน (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528)

ขบวนการเมตาโบลิซึมที่สำคัญ ได้แก่ การหายใจ การว่ายน้ำ การกิน การย่อยอาหาร การขับถ่าย การเต้นของหัวใจ เป็นต้น อย่างไรก็ตามอัตราของกิจกรรมเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในปลาแต่ละชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับขบวนการทางชีวเคมีภายในร่างกาย และสภาพแวดล้อม ปลาที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีอัตราทางเมตาโบลิซึมน้อยกว่าปลาชนิดเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่า ความอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำของปลา จะขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และอายุของปลา ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความคุ้นเคยของปลาและมลภาวะของน้ำ โดยทั่วไปลูกปลาและปลาขนาดใหญ่ สามารถอดทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำได้ในช่วงกว้างกว่าตัวอ่อน ปลาไม่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำอย่างกะทันหัน ดังนั้นในการเคลื่อนย้ายปลาจากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน จึงควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยจะต้องให้ปลาค่อย ๆ ปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างช้า ๆ โดยเฉพาะเวลานำปลาจากที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปยังที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะมีผลรุนแรงมากกว่าการนำจากที่อุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ (Alabaster and Lloyd, 1982) รายงานว่า ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจาก 20 ^{0}C จนถึง 30 ^{0}C อัตรารอดของปลาไนมีค่าสูงกว่าการลดอุณหภูมิของน้ำจาก 30^{0}C เหลือ 20 ^{0}C ส่วนใหญ่ปลาที่อยู่ในภูมิอากาศ

หนาวเย็น เจริญเติบโตช้ากว่าปลาที่อาศัยอยู่ในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ตัวอย่างเช่น ช่วงระยะเวลาการพัฒนาตัวอ่อนของปลาไน ที่อุณหภูมิของน้ำ 30 ^{0}C นานเพียงประมาณครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิของน้ำที่ 20 ^{0}C เมื่ออุณหภูมิน้ำต่ำ เช่น ในช่วงฤดูหนาว การกินอาหารของปลาจะลดน้อยลงอัตราเผาผลาญอาหาร (Metabolic Rate) ลดลงประสิทธิภาพการฟักออกของไข่ลดลง เช่น อัตราการฟักออกของไข่ปลาไนมีค่าน้อยกว่า 60% ที่อุณหภูมิ 22 ^{0}C และอัตราความผิดปกติของลูกปลาไนมีค่าสูงกว่า 20% ที่อุณหภูมิน้ำ 20 ^{0}C

นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อการละลายของก๊าซชนิดต่างๆ ในน้ำอีกด้วย เช่น ก๊าซ ออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง และอุณหภูมิมี อิทธิพลต่อการเน่าสลายของสารอินทรีย์ การละลายของเกลือแร่ในน้ำ อุณหภูมิสูงการเน่าสลายและการ ละลายของเกลือแร่ก็เกิดขึ้นได้สูง นอกจากนั้นอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เป็นอาหารของปลาโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มจำนวนในปริมาณที่ต่างกันในบางชนิดชอบอาศัยอยู่ที่อุณหภูมิต่ำ เช่น พวกไดอะตอม (Diatom) สามารถเจริญได้ดีในอุณหภูมิระหว่าง 15 - 25 ^{0}C สาหร่ายสีเขียว (Green algae) ชอบอาศัยอยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 25 - 35 ^{0}Cสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) ชอบอาศัยอยู่ในอุณหภูมิสูงประมาณ 35 ^{0}C หรือมากกว่า (ศักดิ์ชัย, 2536)

ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเกิดจากปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งกีดขวางการส่องผ่านของแสงสารแขวนลอยดังกล่าวได้แก่ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ อนุภาคของดิน อนุภาคของทราย แบคทีเรีย แร่ธาตุต่างๆ ฯลฯ ความขุ่นของน้ำซึ่งเกิดจากแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์เป็นที่ ต้องการสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ส่วนอนุภาคของดิน อนุภาคของทราย มักจะทำให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งมีชีวิตในน้ำ น้ำที่มีความขุ่นมาก ทำให้แสงสว่างส่องลงไปได้ไม่ลึก การสังเคราะห์แสง ของพืชลดลง ทำให้กำลังการผลิตขั้นต้น (Primary Productivity) ของแหล่งน้ำลดลง มีผลให้ปริมาณอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำลดลงด้วย (นันทนา, 2536)

แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดี ควรจะมีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วงระหว่าง 25 - 80 มก./ลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80 - 400 มก./ลิตร ผลผลิตจะลดลงและถ้ามากกว่า 400 มก./ลิตร ขึ้นไปทำให้การเลี้ยงปลาไม่ได้ผล หรือมีค่าความโปร่งแสงอยู่ในระหว่าง 30

- 60 ซม. เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ค่าความโปร่งแสงต่ำกว่า 30 ซม. แสดงว่าน้ำขุ่นมากเกินไป หรือมีปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไป ซึ่งอาจจะทำให้ขาดแคลนออกซิเจนได้ ถ้าความโปร่งแสงมีค่าสูงกว่า 60 ซม.ขึ้นไป แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ การตรวจหาความขุ่นของน้ำ กระทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดความขุ่น เช่น ใช้เครื่อง Spectrophotometer หรือหาน้ำหนักของสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ โดยวิธีการระเหยน้ำให้แห้ง หรือวัดความโปร่งแสง (Transparency) โดยใช้ Secchi Disc ซึ่งทำด้วยแผ่นไม้ หรือโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. ทาสีขาวสลับดำตรงกลางมีหูสำหรับผูกเชือก เมื่อใช้หย่อนลงไปในน้ำจนถึงระดับความลึกที่เริ่มมองไม่เห็นแผ่นสีขาวหรือสีดำ ก็บันทึกความลึกจากผิวน้ำไว้เป็นค่าความโปร่งแสง (นันทนา, 2536)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

น้ำบริสุทธิ์ประกอบด้วยอะตอม 3 อะตอม คือ อะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม และอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม ธาตุทั้งสองจะยึดเกาะกันโดยแรงร่วม (Covalent bonding) น้ำเป็นตัวทำละลายได้ดีโดยเฉพาะกับอินทรีย์สาร ทั้งนี้เพราะว่าสนามไฟฟ้าในโมเลกุลของน้ำมีทั้งประจุบวกและ ประจุไฟฟ้าลบ เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายได้ดีนี่เองจึงทำให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติได้ตลอดเวลา คุณสมบัติทางเคมีที่มีความสำคัญสำหรับการเลี้ยงปลามีดังต่อไปนี้ (ประเทือง, 2534)

ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ออกซิเจนเป็นกาซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศมีอยู่ในอากาศปริมาณ 20.95% เป็นอันดับสองรองจากไนโตรเจนที่มีอยู่ 70.08% ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญมากต่อสิ่งที่มีชีวิตแทบทุกชนิด เพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่างๆเพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่างๆ ที่ต้องใช้ออกซิเจนเรียกว่า Aerobic process

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก เนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้นการละลายจึงขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำ ความสามารถของการละลายน้ำของออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 14.6 มก./ลิตร ที่

อุณหภูมิ 0 °C และ 7.04 มก./ลิตร ที่อุณหภูมิ 35 °C ในสภาพความกดดัน 1 บรรยากาศ เมื่อความกดดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการละลายน้ำก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย ในฤดูร้อนปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลงเพราะมีอุณหภูมิสูง ขณะเดียวกันที่การย่อยสลายและปฏิกิริยาต่าง ๆ จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพื่อไปใช้ในกิจกรรมเหล่านั้นสูงไปด้วย จึงมีผลทำให้เกิดสภาพการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำได้ ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำในบ่อหรือสระ เนื่องจากออกซิเจนไม่พอสำหรับให้เกิด Aerobic condition ในทางตรงกันข้ามบางครั้งแหล่งน้ำอาจปรากฏว่ามีออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัว เนื่องจากมีการผลิตออกซิเจนขึ้นมาก เช่น การมีสาหร่ายในน้ำมาก เกินไปทำให้เกิดสภาพความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วก็เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้เช่นกัน ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ดังนั้นการควบคุมและป้องกันไม่ให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงจนอยู่ในระดับที่จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อคุ้มครองให้สัตว์น้ำสามารถอาศัยอยู่ได้เป็นปกติ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 3 มก./ลิตร (ธรรมรักษ์, 2541; Campos et al., 1992)

น้ำในบ่อปลาส่วนใหญ่ได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนพืช และ ออกซิเจนถูกใช้ไปเพื่อการหายใจของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารอยู่ตลอดเวลา ในเวลากลางวันปริมาณออกซิเจนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ผลิตได้เร็วกว่าการใช้ออกซิเจนเพื่อการหายใจและย่อยสลายอินทรีย์สาร ดังนั้นปริมาณออกซิเจนในน้ำจึงยังคงมีเหลืออยู่ ในเวลากลางคืนน้ำได้รับออกซิเจนจากการที่ออกซิเจนในอากาศละลายปนกับน้ำเท่านั้น ฉะนั้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อปลาจึงลดลงในเวลากลางคืน (มั่นสิน และไพพรรณ, 2539)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (Positive potential of Hydrogen ions) หรือที่เรียกว่า pH เป็นเครื่องแสดงให้เราทราบว่าน้ำหรือสารละลายน้ำนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือเป็นด่างการวัด pH ของน้ำเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนที่มีอยู่ระดับความเป็นกรดหรือเป็นด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 14 โดยระดับ 7 จะมีความเป็นกลางซึ่งมี H+ = 1/10,000,000 โมล/ลิตร หรือ = 10 - 7 โมล/ลิตร ซึ่งการบอกความเข้มข้นของ H+ ด้วยตัวเลขเป็นการไม่สะดวก จึงมีวิธีบอกความ

เป็นกรดเป็นด่างของน้ำให้ง่ายขึ้น หน่วยนี้เรียกว่า pH น้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมี ค่า pH หลายประการ เช่น ลักษณะของพื้นดินและหิน ปริมาณฝนตก ตลอดจนการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ ระดับ pH ของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตาม pH ของดินด้วย นอกจากนี้สิ่งที่มีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืชก็สามารถทำให้ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย (ประเทือง, 2534)

สำหรับบ่อเลี้ยงปลา ค่า pH ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยในช่วงบ่ายแพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์แสงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำต่ำลง ค่า pH ของน้ำจะมีค่าสูงขึ้น ส่วนในช่วงเช้ามืดเนื่องจากมีการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำไม่มีกิจกรรมการสังเคราะห์แสง ทำให้คายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับน้ำจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิค ค่า pH ของน้ำจึงลดต่ำลง ค่าของ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเพราะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง pH 6.5 - 9 และในรอบวัน ค่า pH ของน้ำควรจะเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 หน่วยในรอบวัน ได้มีผู้แนะนำ ระดับความเหมาะสมของ pH ต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไว้ดังนี้

ตาราง 1 ค่าpH ที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำ

ค่าpH	ระดับความเหมาะสม
ค่า pH 4 หรือต่ำกว่า	- เป็นจุดอันตรายทำให้ปลาตายได้
ค่า pH ระหว่าง 4.0 - 6.0	- ปลาบางชนิดไม่ตาย แต่มักมีผลผลิตต่ำ เจริญเติบโตช้า ระบบการสืบพันธุ์หยุดชะงัก
ค่า pH ระหว่าง 6.5 - 9.0	- เป็นระดับเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ
ค่า pH ระหว่าง 9.0 - 11.0	- ไม่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทำให้ผลผลิตต่ำ
ค่า pH 11.0 หรือมากกว่า	- เป็นพิษต่อปลา

ที่มา: ประเทือง (2534)

ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ คือความสามารถรับโปรตอนหรือไฮโดรเจนอิออนของน้ำ หรือความสามารถของน้ำที่ทำให้สภาพความเป็นกรดกลายเป็นกลาง ความเป็นด่างน้อยประกอบด้วย คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์เป็นส่วนใหญ่ อาจมีพวกบอเรต (Borate) ซิลิเคต ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ต่างๆปนอยู่บ้างเป็นจำนวนน้อย ค่าความเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติพบตั้งแต่ห้าไปจนถึงหลายร้อยมิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่ค่าความเป็นด่างของน้ำในพื้นที่แห้งแล้งจะมีค่าสูง ความเป็นด่างไม่เป็นพิษแต่มีผลเกี่ยวเนื่องกับคุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำ เช่น ความเป็นกรดด่าง ความกระด้าง เป็นต้น ความเป็นด่างของน้ำช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างรวดเร็ว น้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำจะเป็นน้ำอ่อนและมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำซึ่งทำให้แหล่งน้ำมีผลผลิตต่ำ น้ำที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบค่าความเป็นด่าง น้ำที่มีค่าความเป็นด่างสูงและมีค่าความกระด้างต่ำ ในช่วงเวลาที่มีการสังเคราะห์แสงค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ค่าความเป็นด่างกับค่าความกระด้างของน้ำมีความสัมพันธ์กัน น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ควรมีค่าความเป็นด่างและค่าความกระด้างอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือควรมีค่าความเป็นด่างประมาณ 100 - 120 มก./ลิตร และไม่ควรลดลงจากค่าปกติเกิน 25%

รูปแบบค่าความเป็นด่างของน้ำตรวจวัดออกมาเป็น

1. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว มีค่า pH มักเกิน 10 ขึ้นไป

2. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียว มีค่า pH สูงกว่า 8.5 ขึ้นไป

3. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากไอดรอกไซด์ และคาร์บอเนตรวมกันมีค่า pH ค่อนข้างสูงเกินกว่า 10 ขึ้นไป

4. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตรวมกัน มีค่า pH ประมาณ 8.3 ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 11

5. น้ำที่มีค่าความเป็นด่างเกิดจากไบคาร์บอเนตอย่างเดียว มีค่า pH ต่ำกว่า 8.3 (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528)

ไนโตรเจน (Nitrogen)

สำหรับทางด้านประมงจะศึกษาไนโตรเจนใน 3 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย (NH_3, NH_4^+)ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต สำหรับพืชสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนได้หลายรูปแบบมาทำการสังเคราะห์เป็นโปรตีน เช่น ใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) หรือไนเตรท(NO_3^-) สำหรับสัตว์ไม่สามารถใช้ไนโตรเจนจากอากาศรวมทั้งสารอนินทรีย์ไนโตรเจน มาทำการสังเคราะห์โปรตีนเหมือนกับพืช สัตว์ต้องอาศัยโปรตีนจากพืชหรือจากสัตว์อื่นๆ มาใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง สารประกอบโปรตีนในร่างกายก็จะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย นอกจากนี้ของเสียที่ถูกขับถ่ายออกมาจากสัตว์จะมีสารประกอบพวกโปรตีนหรืออินทรีย์ไนโตรเจนที่ยังย่อยไม่หมด ดังนั้นสารเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้เป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียที่เกิดขึ้นอาจถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์ ในการสร้างโปรตีนใหม่ แต่ถ้ามีปริมาณมากก็จะถูกออกซิไดซ์ กลายเป็นสารประกอบไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) (ปรากรม, 2537)

นอกจากนี้บ่อปลาจะได้รับไนโตรเจนจากอากาศโดยตรง โดยขบวนการถ่ายเทแลกเปลี่ยนระหว่างอากาศกับน้ำแล้ว ยังมีแบคทีเรียในดินก้นบ่อสามารถดึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) จากอากาศอีกทางหนึ่งด้วยแบคทีเรียกลุ่มนี้บางชนิดอาศัยอยู่ได้ทั้งในดินก้นบ่อ และในน้ำ และ รวมทั้ง แบคทีเรียและสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินก็สามารถตรึงไนโตรเจนได้เช่นกัน ส่วนใหญ่ได้แก่ สาหร่ายในสกุล Nostoc สกุล Anabaena และสกุล *Anabaenopsis* (ไมตรี และ จารุวรรรณ, 2528)

แอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนียจะพบได้ 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนียอิออน ซึ่งมีการแตกตัวได้ง่าย (Ionized ammonia NH_4^+) ส่วนใหญ่จะพบในสภาพน้ำเป็นกรดกับก๊าซแอมโมเนียไม่มีอิออน ซึ่งไม่แตกตัว(Unionized ammonia NH_3) ซึ่งมักพบมากในสภาพน้ำเป็นด่างและอุณหภูมิสูง

รูปแบบของแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัว (NH_3) ความเป็นพิษของอันอิออนไนซ์แอมโมเนียเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณต่ำ และพิษของอันอิออนไนซ์แอมโมเนียลดลง ถ้าในน้ำมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงเพราะว่าคาร์บอนไดออกไซด์ ในน้ำทำให้ความเป็นกรดเป็นต่างของน้ำลดลงส่วนแอมโมเนียในรูปที่แตกตัว (NH_4^+) จะไม่มีพิษต่อสัตว์น้ำ นอกจากจะมีความเข้มข้นสูงมาก ๆ สำหรับแอมโมเนียในรูปไม่แตกตัวนั้นจะมีความสามารถในการแพร่กระจายผ่านผนังเซลล์ได้ดี เนื่องจากไม่มีประจุไฟฟ้าและสามารถละลายได้ดีในไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ การให้อาหารที่มีโปรตีนสูงในบ่อปลา เศษอาหารหรือของเสียที่มีอยู่จะทำให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ (นันทนา, 2536)

ไนไตรท์

สารประกอบไนโตรเจนอีกตัวคือไนไตรท์ ซึ่งจะมีพิษต่อสัตว์น้ำสูงไนไตรท์เป็นสารที่เกิดขึ้นจากขบวนการ Nitrification โดยมีการเปลี่ยนแปลงมาจากแอมโมเนียในสภาวะที่มี pH ต่ำหรือเป็นกรดจะมีปริมาณไฮโดรเจนอิออนสูง ซึ่งไฮโตรเจนอิออนจะทำปฏิกิริยากับไนไตรท์ได้ กรดไนตรัส (Nitrous acid)

สำหรับกรดไนตรัสจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูงกว่าไนไตรท์ ดังนั้นเมื่อค่า pH ต่ำ ต้องระมัดระวังความเป็นพิษของไนไตรท์ที่จะทำอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ ในสภาวะปกติไนไตรท์ในน้ำ มักไม่ค่อยก่อให้เกิดปัญหา นอกจากจะเกิดการสะสมจนกระทั่งถึงระดับที่เป็นพิษ ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ จะมีโอกาสสะสมไนไตรท์จนถึงระดับที่เป็นพิษได้ โดยเฉพาะบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการหมุนเวียนของน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ระดับความเข้มข้นของไนไตรท์ในบ่อปลาไม่ควรเกิน 0.25 มก./ลิตร ความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ในบ่อเลี้ยงปลา สามารถลดได้โดยใช้เกลือแกง(NaCl) ในอัตราประมาณ 200-250 ก.ก/ไร่ ทุกๆ 1 - 2 อาทิตย์ (นันทนา, 2536)

ไนเตรท

ไนเตรทมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงตอนพืชและพืชน้ำ ดังนั้นปริมาณของไนเตรท จึงสามารถบอกกำลังการผลิต (Productivity) ของแหล่งน้ำได้ ซึ่งแพลงก์ตอน

พืชจะใช้ไนเตรทในการสร้างโปรตีน แหล่งที่มาของไนไตรท ได้มาจากบวนการ อ๊อกซิเดชั่นไนไตรท์ เป็นไนเตรท ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ยังได้มาจากการใส่ปุ๋ยซึ่งมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ทางด้านประมงไนเตรทไม่ถือว่ามีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรงนอกเสียจากมีความเข้มข้นสูงมาก (นันทนา, 2536 ; ธรรมรักษ์, 2541)

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide)

สภาพที่ในน้ำไม่มีออกซิเจนแบคทีเรียจะย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำ โดยดึงเอาออกซิเจน จากสารประกอบพวกซัลเฟต (SO_4^-) ไปใช้ทำให้เกิดซัลไฟด์ (S^-) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น จึงเรียกว่าก๊าซไข่เน่า น้ำที่มีก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์นี้จะมีสีดำคล้ำและมีกลิ่นเหม็นไฮโดรเจนซัลไฟด์พบในแหล่งน้ำจะมี 2 รูปแบบ คือ

1. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ในรูปไม่แตกตัว (Unionized form) ได้แก่ H_2S ซึ่งพบว่าเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูง ซึ่งจะพบได้ในสภาวะที่มี pH ต่ำกว่า 8 แบคทีเรียยังสามารถออกซิไดซ์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรด

2. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ในรูปที่แตกตัว (Ionized form) ได้แก่ HS^- และ S^- ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำจะปรากฏเมื่อค่า pH ของน้ำสูงกว่า (นันทนา, 2536)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟต ที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติมีความสำคัญต่อการประมง เนื่องจาก มีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืชและสัตว์ โดยเฉพาะพืชซึ่งจะใช้ในการสังเคราะห์แสง โดยปกติฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดิน หินแร่หรือแหล่งสะสมอื่นๆ จะปลดปล่อยออกมาในรูปที่ละลายน้ำได้โดยการชะล้าง พืชและสัตว์น้ำจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้าง Protoplasm เนื่องจาก ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อพืช โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะเป็นการสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้แก่แหล่งน้ำ แต่ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำมี หากแหล่งน้ำธรรมชาติมีฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.1 มก./ลิตร จัดว่าแหล่งน้ำมีอาหารธรรมชาติมากเกินไป และแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มก./ลิตร แต่

อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำไม่ได้ทำให้เกิดเป็นพิษ เพียงแต่เป็นตัวการในการทำให้อัตราการเจริญเติบโตของพืชน้ำสูง การควบคุมป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจึงกำหนดไว้ว่าไม่ควรมีปริมาณของฟอสฟอรัสเกินกว่า 0.03 มก./ลิตร

1. ประเภทของฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำ มีอยู่ 2 แบบคือ

1.1 สารประกอบพวกอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphates) ได้แก่ สารประกอบฟอสฟอรัสที่เกิดจากขบวนการทางชีวและฟอสฟอรัสที่รวมอยู่กับสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรท เป็นต้น และรวมทั้งฟอสฟอรัสที่อยู่กับซากพืชซากสัตว์

1.2 สารประกอบพวกอนินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic phosphates) สารประกอบฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำทั่วๆไป ซึ่งได้รับมาจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ

2. แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสในน้ำ ฟอสฟอรัสเข้ามาปะปนกับน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น การถูกชะล้างโดยน้ำฝนจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม จากการใช้ผงซักฟอกหรือล้างถ้วยชาม จากปุ๋ยเพื่อการเกษตรจากซากพืชซากสัตว์ที่ตายและเกิดเน่าสลาย เป็นต้น การเติมปุ๋ยลงในบ่อปลาเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำจะพบปริมาณฟอสฟอรัสสูงในระยะเริ่มแรกของการใส่ปุ๋ย จากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสจะลดลงอย่างรวดเร็วและใช้เวลาเพียง 3 - 4 วัน ฟอสฟอรัสส่วนที่หายไปบางส่วนถูกพืชนำไปใช้ บางส่วนถูกดูดกลืนโดยตะกอนดินและตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ การให้อาหารก็เช่นกัน ฟอสฟอรัสในอาหารส่วนที่ปลากินจะถูกเปลี่ยนเป็นอินทรีย์ฟอสฟอรัสในตับปลา ส่วนที่ปลากินไม่ทันจะละลายน้ำบางส่วนถูกพืชนำไปใช้บางส่วนตกตะกอนเช่นเดียวกันกับปุ๋ย (นันทนา, 2536)

หลักการทำงานของโรงเรือนพลาสติกพลังงานแสงอาทิตย์

พลาสติกเป็นอุปกรณ์รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยดูดพลังงานแสงอาทิตย์และแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน และแผ่นรับแสงอาทิตย์เป็นแผ่นแบนราบ (flat plate collector) ทำหน้าที่เป็นตัวดูดพลังงาน (absorber plate) โดยรับพลังงานจากแสงอาทิตย์และแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนให้กับอากาศเพื่อประสิทธิภาพในการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์จึงทำแผ่นดูดพลังงานด้วยสีดำด้านทำให้มีค่าการดูดรังสีสูงที่ความยาวคลื่นของรังสีต่ำ แต่ให้การส่งออก (emissivity) ต่ำที่ความยาวคลื่นรังสีสูงและเพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสีย

พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกระจายภายในจึงต้องมีแผ่นกันด้านบน (top cover) เป็นแผ่นพลาสติกใส รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกหรือพลาสติกใสเข้าไปภายในองค์ประกอบต่างๆ ภายในโรงเรือนกระจกดูดกลืนแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน วัสดุภายในโรงเรือนจะแผ่รังสีอินฟาเรดออกมา แต่ไม่สามารถผ่านกระจกออกมาภายนอกได้ทำให้อากาศในเรือนพลาสติกร้อนขึ้นและถ่ายเทความร้อนอุณหภูมิสูงขึ้ง โรงเรือนพลาสติกที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้แผ่นพลาสติกพีอีแทนกระจกเนื่องจากสามารถดัดโค้งได้ง่าย น้ำหนักเบา และแสงอาทิตย์ผ่านได้ (Karim et al., 2006)

ชนิดและรูปแบบของโรงเรือนพลาสติก

การเลือกใช้โรงเรือนจะต้องเลือกโรงเรือนให้เหมาะกับชนิดของการใช้งานและยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆอีกเช่น สภาพภูมิอากาศ ต้นทุนการก่อสร้างเป็นต้น

1. โรงเรือนหลังคาปิดถาวร คือ โรงเรือนที่มีอัตราการระบายความร้อนภายในสูง ใช้พลาสติกพีอีเป็นหลังคาเหมาะสำหรับภูมิประเทศเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

2. โรงเรือนแบบฟันเลื่อย (Sawtooth) เป็นโรงเรือนหลังคาพลาสติกพีอีออกแบบมาเพื่อใช้กับภูมิประเทศเขตร้อนชื้น อากาศร้อนเกือบทั้งปีหรืออุณหภูมิอากาศสูง เป็นโรงเรือนที่มีอัตราการระบายความร้อนสูงเน้นการใช้การระบายอากาศจากธรรมชาติเพื่อหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือน กันร้อนกันฝน เหมาะสำหรับประเทศไทยมากที่สุด

3. โรงเรือนลูกผสม (Hydrid) เป็นโรงเรือนพลาสติกพีอีหรือโพลีคาร์บอเนต ซึ่งง่ายต่อการปรับให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศจากร้อนจัดถึงขนาดหนาวจัด

4. โรงเรือนหน้ากว้าง (Wide Span) เหมาะสำหรับสภาพภูมิอากาศที่มีความหลากหลาย หลังคาคลุมด้วยพลาสติกพีอีสามารถระบายความร้อนได้มากใช้ได้ทั้งสภาพอากาศร้อนหรือสภาพอากาศหนาวหรือที่ที่มีหิมะ

5. โรงเรือนแบบอุโมงค์ (Walking Tunnels) เป็นโรงเรือนอย่างง่ายสร้างขึ้นโดยการดัดท่อเหล็กให้โค้งแล้วคลุมพลาสติกพีอี โรงเรือนแบบนี้ยังสามารถระบายความร้อนหรือปรับความชื้นได้

การคัดเลือกพลาสติก

Othman et al.,(2006) กล่าวว่า การพัฒนาพลาสติกคัดเลือกช่วงแสงสำหรับใช้คลุมโรงเรือนมีหลักการคือพลาสติกชนิดนั้น ต้องมีคุณสมบัติในการคัดเลือก ให้รังสีที่มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์และพืชผ่านได้ในปริมาณสูงเพียงพอต่อความต้องการแสงดังกล่าวเรียกว่า PAR (Photo synthe tically Active Radiation) อยู่ในช่วงคลื่นแสงระหว่าง 400 - 800 นาโนเมตร ของแสงจากดวงอาทิตย์ แต่ขณะเดียวกันก็มีความสามารถใน การลดการส่องผ่านของรังสีอัลตราไวโอเลต (ในช่วงคลื่นแสงน้อยกว่า 400 นาโนเมตร) ซึ่งเป็นรังสีที่ทำอันตรายต่อเซลล์ที่มีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงของพืชที่สำคัญวัสดุประเภทนี้สามารถผลิตได้ด้วย โดยเฉพาะการใช้พลาสติกที่เพิ่มอุณหภูมิในน้ำควรมีช่วงคลื่นแสงที่อยู่ในช่วง 200 - 400 นาโนเมตร

สำหรับพลาสติกมี 4 ชนิด โดยดูจากการส่องผ่านของรังสี UV/VIS/NIR ของแผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับคลุมโรงเรือนพลาสติก 4 ชนิด คือ พลาสติกพีอี ใสธรรมดาที่มีขายในเมืองไทย (PE Film) พลาสติกโรงเรือนนำเข้า (Imported Film) พลาสติกโรงเรือนที่ MTEC พัฒนาขึ้น (MTEC Film) และพลาสติกผสมผงกันรังสี UV (Powder Film) จะเห็นได้ว่า ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร PE Film จะยอม ให้แสงช่วงนี้ผ่านได้มาก 40 - 60% ในขณะที่ Imported Film และ MTEC Film จะยอมให้แสงช่วงนี้ผ่านได้น้อย กว่าคือไม่เกิน 30% สำหรับในช่วงแสงความยาวคลื่น 400 - 800 นาโนเมตร (PAR) Imported Film และ MTEC Film จะให้แสงช่วงนี้ ผ่านได้ใกล้เคียงหรือต่ำกว่า PE Film เพียงเล็กน้อย แต่ Powder Film ที่ผสมผงกันรังสีUV จะยอมให้แสงช่วงนี้ ผ่านได้เพียง 10 - 20% เท่านั้น (บรรเลง, 2551)

คุณสมบัติของพลาสติก

1. การผ่านของแสง (Light Transmission) พลาสติกพีอี จะกรองเฉพาะแสงที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคัดกรองช่วงความยาวของแสง ซึ่งเรียกว่าคลื่นรังสี จะมีความยาวช่วงแสงอยู่ระหว่าง 200 - 800 นาโนเมตร

2. การกระจายแสง (Light Diffusion) ช่วยให้ได้รับแสงอย่างทั่วถึงลดการบังของแสงซึ่งเกิดจากเงาในโรงเรือน

3. การป้องกันการเกิดหยดน้ำ (Anti-Drip Effect) ป้องกันการเกิดหยดน้ำบนหลังคาโรงเรือนซึ่งหยดลงสัมผัสกับอากาศ เป็นสาเหตุให้เกิดความชื้นและเกิดโรค

5. การป้องกันฝุ่นละออง (Anti-Dust Effect) สารสังเคราะห์พิเศษที่เคลือบอยู่บนพลาสติกพีอี มีคุณสมบัติลดการเกิดไฟฟ้าสถิตย์ระหว่างฝุ่นละอองกับพลาสติกคลุมโรงเรือน

6. การป้องกันการสูญเสียรังสีความร้อน (Thermal Effect Sun Selector) เทคโนโลยีการป้องกันการสูญเสียความร้อนในตอนกลางคืนในฤดูหนาวซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืนมาก (บรรเลง, 2551)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลา

สำหรับในประเทศไทย กรวัฒน์ (2554) ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิน้ำบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำบ่อเลี้ยงปลาได้ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการ และปลาตุกมีผลการเจริญเติบโตดีมาก เมื่อเทียบกับบ่อที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งแสดงว่าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิน้ำบ่อเลี้ยงปลาได้ และในปีเดียวกันได้ทำการศึกษาการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินที่มีการควบคุมอุณหภูมิในช่วง 30 - 32 ^{0}C เปรียบเทียบกับบ่อดินที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิซึ่งจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 - 29 ^{0}C โดยใช้ระบบ Solar-Heat pump โดยทำการเลี้ยงในช่วงฤดูหนาว และ ฤดูฝน จากการศึกษาพบว่าปลาที่เลี้ยงในบ่อที่มีการควบคุมอุณหภูมิเจริญเติบโตได้ดีกว่าบ่อที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอย่างชัดเจน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าประมาณ 1.6 - 1.7 เท่า

นอกจากนี้อุณหภูมิยังเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคและระดับภูมิคุ้มกัน สมเกียรติ์ (2541) พบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมความรุนแรงของการเกิดโรคระบาด ซึ่งสภาพอุณหภูมิต่ำอาจจะมีส่วนทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของปลาลดลง หรืออาจทำให้เชื้อโรคทั้งสองมีความรุนแรงมากขึ้น อย่างเช่นการติดเชื้อไวรัส ทำให้ผิวหนังและกล้ามเนื้อของปลาช่อนเปลี่ยนแปลง ทำให้ปลาช่อนมีการติดเชื้อและป่วยเป็นโรคระบาดได้ง่าย

เนื่องจากต้องมีการลงทุนระบบผลิตโรงเรือนด้วยแสงอาทิตย์ ดังนั้นควรที่จะเพาะเลี้ยงแบบหนาแน่นโดยมีการติดตั้งระบบเติมอากาศ ซึ่งโดยทั่วไป สำหรับปลาดุกจะเพาะเลี้ยง

ได้ 100 ตัว/ลบ.ม ซึ่งในบ่อแต่ละประเภทจะใช้ปริมาตรน้ำประมาณ 25 ลบ.ม ซึ่งจะสามารถเลี้ยงปลาได้ประมาณ 2,500 ตัวสำหรับปลาดุก

จากการศึกษาที่ผ่านมามีการวิจัยในการริเริ่มเลี้ยงสัตว์น้ำในเรือนกระจก แต่การศึกษาที่รายงานในการสร้างแบบจำลองทางความร้อนของเรือนกระจกเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่จะทำนายอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงได้ตลอดทั้งปียังมีจำนวนน้อยโดย (Zhu et al., 1998) ทำการทดลองระบบบ่อก๊าซเรือนกระจก (GPS) เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการรักษาอุณหภูมิของน้ำของบ่อเลี้ยงในโรงเรือนกระจก (Ra'anan and Cohen, 1980) ได้กล่าวไว้ว่าของระบบบ่อปลาเรือนกระจกซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับของอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวได้รวมทั้ง (Klemetson and Rogers, 1985) มีการทดสอบบ่อในเรือนกระจกและบ่อที่ใช้พลาสติกพีอีคลุมบ่อสามารถทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น 2.8 - 4.4 ^{0} C และ (Brooks and Kimball, 1982) พัฒนาแบบจำลองความร้อนสำหรับการทำความร้อนบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเรือนกระจกสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำ 3.58 - 6.79 ^{0}C ในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำ ในการทดลองของ (Sarkar and Tiwari, 2006) รายงานว่าบ่อปลาเรือนกระจกสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้ (3.74 -4.78 ° C) เทียบกับอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกลางแจ้งในเขตเทือกเขาหิมาลัยกลาง

นอกจากนี้ Sarkar and Tiwari (2006) มีการพัฒนา รูปแบบอย่างง่ายและมีประโยชน์ในการทำนายน้ำในบ่อเลี้ยงและอุณหภูมิห้องภายในโรงเรือนโดยใช้เรือนกระจกรูปร่างครึ่งวงกลม สามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ 4.13 - 6.92 ^{0}C (T 5.81 ^{0}C) สำหรับบ่อเรือนกระจก การผลิตปลาในเรือนจะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเปิดบ่อ

Lopa et al. (2008) ศึกษาผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ในบ่อเลี้ยงปลาในเรือนกระจกที่ ที่มีแตกต่างกันของความลึกของน้ำในบ่อเลี้ยง และการส่งผ่านของเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงอากาศในเรือนกระจก พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น 4.76-5.83 ^{0}C เมื่อเทียบกับบ่อเปิด การถ่ายเทความร้อนสูงสุดและมีการสูญเสียความร้อนช่วงเวลา 14:00-17:00 และ 1:00-7:00 ชั่วโมงของวันตามลำดับ จากการผลิตบ่อเลี้ยงปลาเรือนกระจกพบประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับบ่อเปิด บ่อปลาที่อยู่ในเรือนกระจกถูกศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิในโรงเรือน บ่อปลาที่อยู่ในเรือนกระจกสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำ 18.5 ^{0}C - 21.5 ^{0}C ในขณะที่บ่อนอกเรือนกระจกมีอุณหภูมิน้ำ 13.0 ^{0}C - 15.5 ^{0}C ในฤดูหนาว ผลของปัจจัยต่างๆต่อความร้อนของเรือน

กระจกพบว่า น้ำลึก 1 เมตรมีอุณหภูมิเหมาะสมในช่วงฤดูหนาว บ่อในเรือนกระจกมีอุณหภูมิสูงกว่าบ่อนอกเรือนกระจก 4.9 องศาเซลเซียสในช่วงฤดูหนาว

Canakcic and Akinci (2005) กล่าวว่าการผลิตปลาต้องใส่พลังงานในรูปแบบต่างๆ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตปลาโดยการทำให้อากาศหนาแน่นสูงและคุณภาพน้ำดีแล้ว การจัดการที่เหมาะสม มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรพลังงานเป็นสิ่งสำคัญในแง่ของการผลิตที่เพิ่มขึ้น การผลิตและการพัฒนาอย่างยั่งยืนของ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีปัจจัยการผลิตพลังงานแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระบบการทำฟาร์ม การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในเรือนกระจก ต้องมีการศึกษาประสิทธิภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อ และวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานต่างๆปลาเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในการผลิตปลาในเรือนกระจกยังมีจำกัดมาก

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

แผนการดำเนินงานทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) โดยสุ่มปล่อยลูกปลาดุกที่มีขนาดความยาวประมาณ 9 - 10 ซม. น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 5 - 6 กรัม ลงในกระชังอวนโพลีขนาดอวน 2 ซม. กางในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง (3 ซ้ำ) จำนวน 100 ตัว/กระชัง ในบ่อทดลองทั้ง 3 บ่อ (3 ทรีตเมนต์) ดังนี้ (ภาพ 1)

หน่วยการทดลองที่ 1 บ่อดินปูพลาสติก

หน่วยการทดลองที่ 2 บ่อซีเมนต์

หน่วยการทดลองที่ 3 บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนกระจก

ระยะเวลาการทดลอง 90 วัน เริ่มการทดลองเดือน 1 กุมภาพันธ์ – 30 เมษายน พ.ศ.2556

ภาพ 1 **(A)** หน่วยทดลองที่ 1 บ่อดินปูพลาสติก

(B) หน่วยทดลองที่ 2 บ่อซีเมนต์

(C) หน่วยทดลองที่ 3 บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนกระจก

(D) ลูกปลาดุกรัสเซียที่ใช้ในการทดลอง

การเตรียมบ่อ และการทดลอง

1. ดำเนินการเตรียมหน่วยการทดลองที่ 1 บ่อดินปูด้วยพลาสติก ขนาด 25 ตร.ม. จำนวน 1 บ่อ (3 ซ้ำ) หน่วยการทดลองที่ 2 บ่อซีเมนต์ ขนาด 25 ตร.ม. จำนวน 1 บ่อ (3 ซ้ำ) และหน่วยการทดลองที่ 3 บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนกระจกขนาด 25 ตร.ม. จำนวน 1 บ่อ (3 ซ้ำ)

2. ทำการเติมน้ำในบ่อทดลองแต่ละบ่อ โดยนำน้ำจากบ่อพักน้ำศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ภาพ 2) แล้วกางกระชัง ขนาด 1.5 คารางเมตร ในบ่อทดลองๆ ละ 3 กระชัง (3 ซ้ำ) รักษาระดับน้ำให้มีความลึกไม่ต่ำกว่า 1.5 เมตร (มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 15 วัน/ ตลอดการทดลอง)

ภาพ 2 สถานที่ทดลองที่ศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลาดุกที่ใช้ทดลองนำมาจากฟาร์มเพาะเลี้ยงเอกชนในจังหวัดเชียงใหม่ ขนาดความยาวประมาณ 9 – 10 ซม. ขนาดน้ำหนักประมาณ 5 - 6 กรัม (ภาพ 3) นำลูกปลาดุกมาพักให้ปรับตัวในกระชังขนาด 1x1x1.5 ตร.ม. ก่อนการทดลองต้องทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของปลาดุกทั้งหมดเป็นประชากรเริ่มต้นก่อนปล่อยเลี้ยงในกระชัง โดยปล่อยปลาดุกปลาดุกในอัตราความหนาแน่นกระชังละ 100 ตัว/1.5 ตร.ม. จำนวนกระชังคือ 9 กระชัง

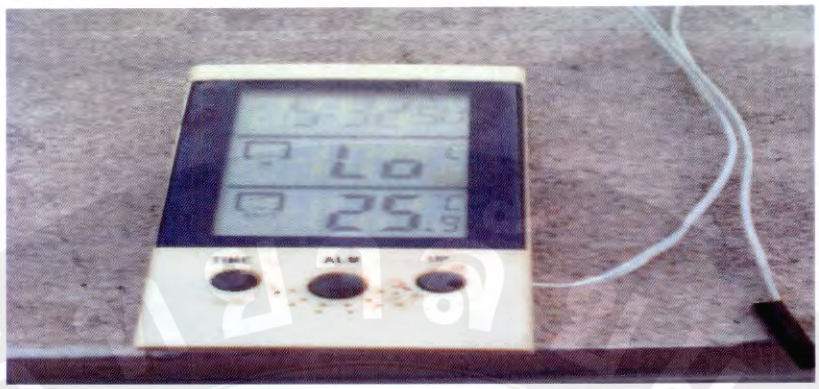
ภาพ 3 ลูกปลาดุกรัสเซียที่ปล่อยในบ่อทดลอง

อาหารและการให้อาหาร

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 % ให้วันละ 2 ครั้งที่เวลา 09.00 น. และ 17.00 น. ให้จนอิ่มตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน จดบันทึกข้อมูลและงดให้อาหารปลาในวันสุ่มเก็บข้อมูล

การตรวจวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิ ในบ่อใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ รุ่น TA318 (ภาพ 4) โดยจะกำหนดจุดวัดอุณหภูมิดังนี้การวัดอุณหภูมิน้ำในบ่อจะใช้ความลึกของน้ำที่ 30 เซนติเมตร ของแต่ละการทดลอง การวัดอุณหภูมิอากาศของบ่อ เป็นการวัดอุณหภูมิห่างจากบ่อเลี้ยง 50 เซนติเมตร ของแต่ละการทดลอง เวลาในการเก็บอุณหภูมิ วันละ 2 ครั้งที่เวลา 09.00 น. และ 17.00 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน และจดบันทึกข้อมูล



ภาพ 4 เครื่องวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์ รุ่น TA318

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของปลาดุกทุก 15 วัน ในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลา 3 เดือน โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งหน่วยเป็นกรัม และวัดขนาดความยาวของลำตัวด้วยไม้บรรทัดหน่วยเป็นเซนติเมตร

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองทุกๆ 15 วัน เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น TA318
2. ความขุ่นของน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
3. ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
4. ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
5. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Phenate method
6. ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method
7. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid

8. ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride method ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992)

9. คลอโรฟิลล์ เอ ดัดแปลงจากวิธี Lee (2000)

10. ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต

ชั่งน้ำหนักและวัดการเจริญเติบโตทั้งหมดทุก 15 วัน ตลอดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการคำนวณอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกด้านดังนี้

1. น้ำหนักเพิ่ม (%)

$$\text{น้ำหนักเพิ่ม} = \frac{(\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. ความยาวเพิ่ม (%)

$$\text{ความยาวเพิ่ม} = \frac{(\text{ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความยาวเริ่มต้น})}{\text{ความยาวเริ่มต้น}} \times 100$$

3. น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (total feed intake, TFI; กรัม/ตัว)

$$\text{TFI} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ปลากิน}}{\text{จำนวนปลา}}$$

4. อัตราการกินอาหาร (Daily feed intake, DFI; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$\text{DFI} = \left(\frac{\text{น้ำหนักอาหารปลาที่กินเฉลี่ยต่อวัน}}{(\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น} + \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง})/2} \right) \times 100$$

5. อัตราเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR ; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$\text{SGR} = \frac{\text{In น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{In น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)}} \times 100$$

6. อัตรารอด (Survival Rate ; เปอร์เซ็นต์)

อัตราการรอดตาย = $\frac{\text{จำนวนปลาที่สิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการทดลอง}} \times 100$

7. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Food Conversion Ratio, FCR)

FCR = $\frac{\text{จำนวนน้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$

8. ผลผลิต (น้ำหนัก) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (Total Biomass Increase)

กรัม = น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

การวิเคราะห์ผลทางทางสถิติ

นำผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของปัจจัยคุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักอาหารที่ปลากิน อัตราการกินอาหาร อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และผลผลิต มาวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแต่ต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ' s New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS for window version 11.5

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การเปรียบเทียบผลของการใช้โรงเรือนพลาสติกต่อการเพิ่มอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ

ผลของการใช้โรงเรือนพลาสติกต่อการเพิ่มอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ

การศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศและน้ำบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกโดยการวัดอุณหภูมิในช่วงเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. เป็นระยะเวลา 90วัน (ตาราง 2, 3 และ 3 และภาพ 5, 6) พบว่า อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำสูงสุดคือบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก รองลงมาได้แก่อุณหภูมิในบ่อดินปูพลาสติก และบ่อที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดคือบ่อซีเมนต์ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยรอบวันดัง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอุณหภูมิในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดีที่สุด

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียเวลา 09.00 น. และ 17.00 น.

บ่อ	อุณหภูมิ(^{0}C)			
	อุณหภูมิน้ำ เวลา 09.00น.	อุณหภูมิน้ำ เวลา 17.00น.	อุณหภูมิอากาศ เวลา 09.00น.	อุณหภูมิอากาศ เวลา 17.00น.
บ่อดินปูพลาสติก	27.00±1.53[a]	29.20±1.46[a]	30.64±3.12[a]	35.71±2.88[a]
บ่อซีเมนต์	26.46±1.24[a]	28.93±0.98[a]	30.64±3.12[a]	35.71±2.88[a]
บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก	29.89±0.97[b]	31.93±1.40[b]	34.23±3.20[b]	41.40±4.48[b]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกและนอกโรงเรือนพลาสติก

การศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกและนอกโรงเรือนพลาสติก วัดผลของอุณหภูมิอากาศโดยวัดห่างจากบ่อเลี้ยง 50 ซม.ในช่วงเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. เป็นระยะเวลา 90วัน (ตาราง 2, 3 และภาพ 5, 6) พบว่า อุณหภูมิอากาศที่สูงสุดคือในโรงเรือนพลาสติก รองลงมาได้แก่อุณหภูมิอากาศนอกโรงเรือนพลาสติก มีความแตกต่างของอุณหภูมิในเวลา 09.00 น. เฉลี่ย 3.73±0.45 °C และ 5.71±1.59 °C เวลา 17.00 น. ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยการเพิ่มอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกมีความเหมาะสมต่อการเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่สุด

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกและนอกโรงเรือนพลาสติกเวลา 09.00 น. และ 17.00 น.

อุณหภูมิอากาศ (^{O}C)				
บ่อ	เวลา09.00 น.	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	เวลา17.00 น.	ความแตกต่างของอุณหภูมิ
นอกโรงเรือนพลาสติก	30.64±3.12^{a}	3.73±0.45^{a}	35.71±2.88^{a}	5.71±1.59^{b}
ในโรงเรือนพลาสติก	34.23±3.70^{b}		41.40±4.48^{b}	

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ความแตกต่างของอุณหภูมิของบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำระหว่าง บ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ช่วงเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. เป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 2, 4 และภาพ 5, 6) พบว่า อุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงที่สูงสุดคือบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก รองลงมาได้แก่อุณหภูมิในบ่อดินปูพลาสติก และบ่อที่มีอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยต่ำสุดคือบ่อปูนซีเมนต์ ซึ่งในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบ่อซีเมนต์ เฉลี่ย 3.43±0.27 °C และ 3.00±0.42 °C ในบ่อพลาสติกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบ่อซีเมนต์เฉลี่ย 0.55±0.33°C และ 0.66±0.09 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอุณหภูมิน้ำบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกมีอุณหภูมิในน้ำดีที่สุดทั้งเวลา 09.00 น. และ 17.00 น.

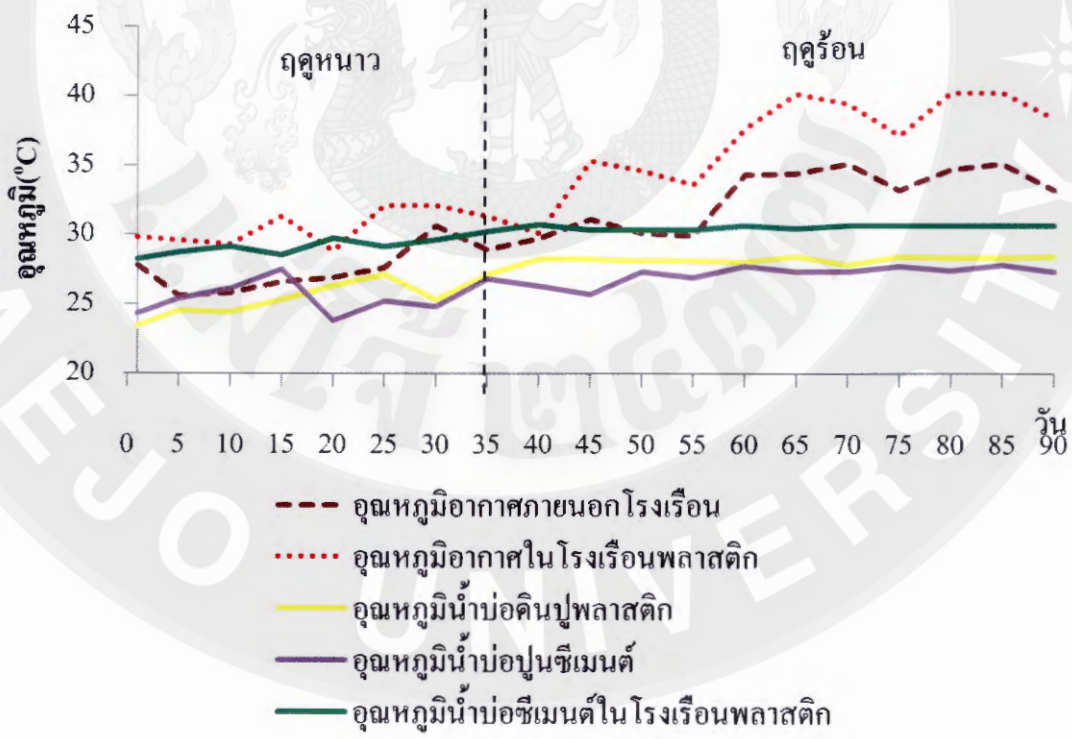
ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในเวลา 09.00 น. และ 17.00 น.

อุณหภูมิน้ำ (°C)				
บ่อ	เวลา09.00 น.	ความแตกต่างของอุณหภูมิ	เวลา17.00 น.	ความแตกต่างของอุณหภูมิ
บ่อดินปูพลาสติก	27.00±1.53[a]	0.55±0.33[a]	29.20±1.46[a]	0.66±0.09[a]
บ่อซีเมนต์	26.46±1.24[a]		28.93±0.98[a]	
บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก	29.89±0.97[b]	3.43±0.27[b]	31.93±1.40[c]	3.00±0.42[b]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียช่วงเวลา 09.00 น.

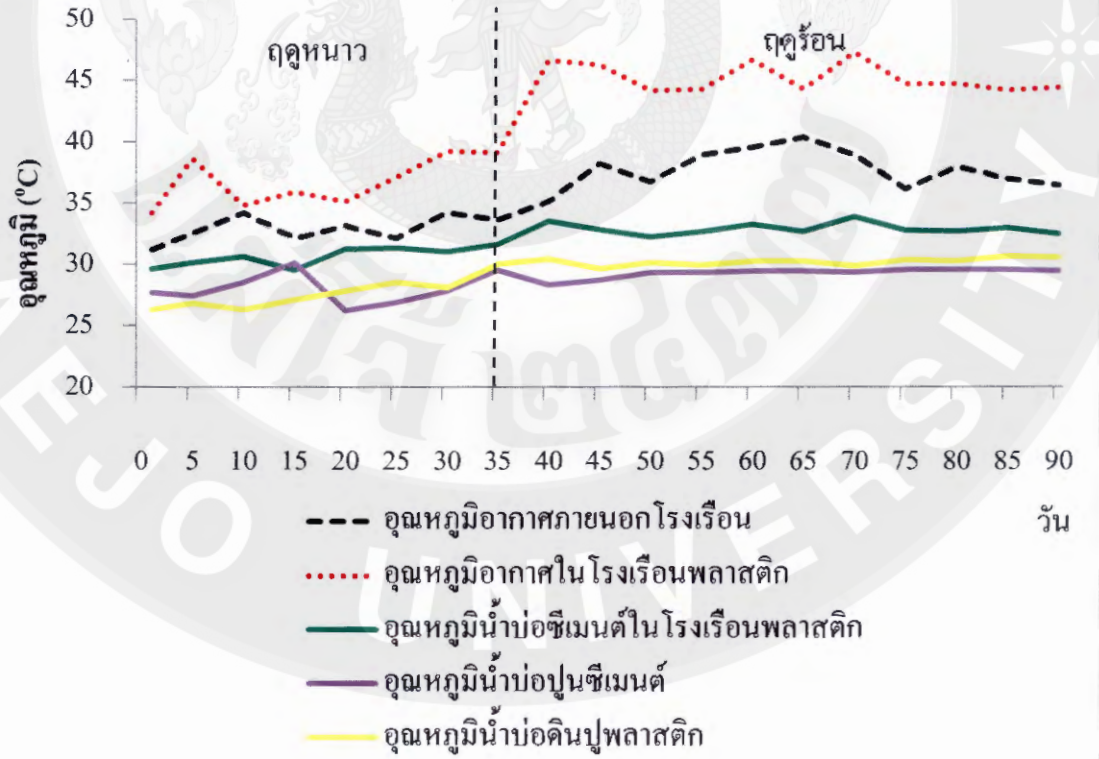
จากการศึกษาการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำช่วงเวลา 09.00 น. เป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 2, 3 และ 4 และภาพ 5, 6) พบว่า อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกมีความแตกต่างกับอุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนเฉลี่ย 4.34±02.73 °C อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนพลาสติกมีความแตกต่างกับอุณหภูมิน้ำในบ่อพลาสติกเฉลี่ย 3.64±1.59 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนพลาสติกมีความแตกต่างกับอุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์เฉลี่ย 4.17±1.87 °C เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในบ่อพลาสติกและบ่อซีเมนต์ที่ให้อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนที่ช่วยเพิ่มอุณหภูมิในบ่อ



ภาพ 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิอากาศและ อุณหภูมิน้ำ ในโรงเรือนพลาสติก นอกโรงเรือนพลาสติก บ่อพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกช่วงเวลา 09.00 น.

การเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียช่วงเวลา 17.00 น.

จากการศึกษาการเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำช่วงเวลา 17.00 น. เป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 2, 3 และ4 และภาพ 5, 6) พบว่า อุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกมีความแตกต่างกับอุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนเฉลี่ย 9.45±3.08 °C อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนพลาสติกมีความแตกต่างกับอุณหภูมิน้ำในบ่อพลาสติกเฉลี่ย 5.68±0.59 °C และอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนพลาสติกมีความแตกต่างกับอุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์เฉลี่ย 6.04±1.16 °C เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในบ่อพลาสติกและบ่อซีเมนต์ที่ให้อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือนที่ช่วยเพิ่มอุณหภูมิ



ภาพ 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิอากาศและ อุณหภูมิน้ำ ในโรงเรือนพลาสติก นอกโรงเรือนพลาสติก บ่อพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกช่วงเวลา 17.00 น.

ผลของการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย

ผลของอุณหภูมิ การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น FCR และ อัตราการรอด ของปลาดุกรัสเซีย ผลผลิต และต้นทุนของอาหารปลา

จากการศึกษาอุณหภูมิ การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (FCR) และ อัตราการรอด ผลผลิต และต้นทุนอาหารปลา ของปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00-10.00 น. และ 16.00-17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 5)

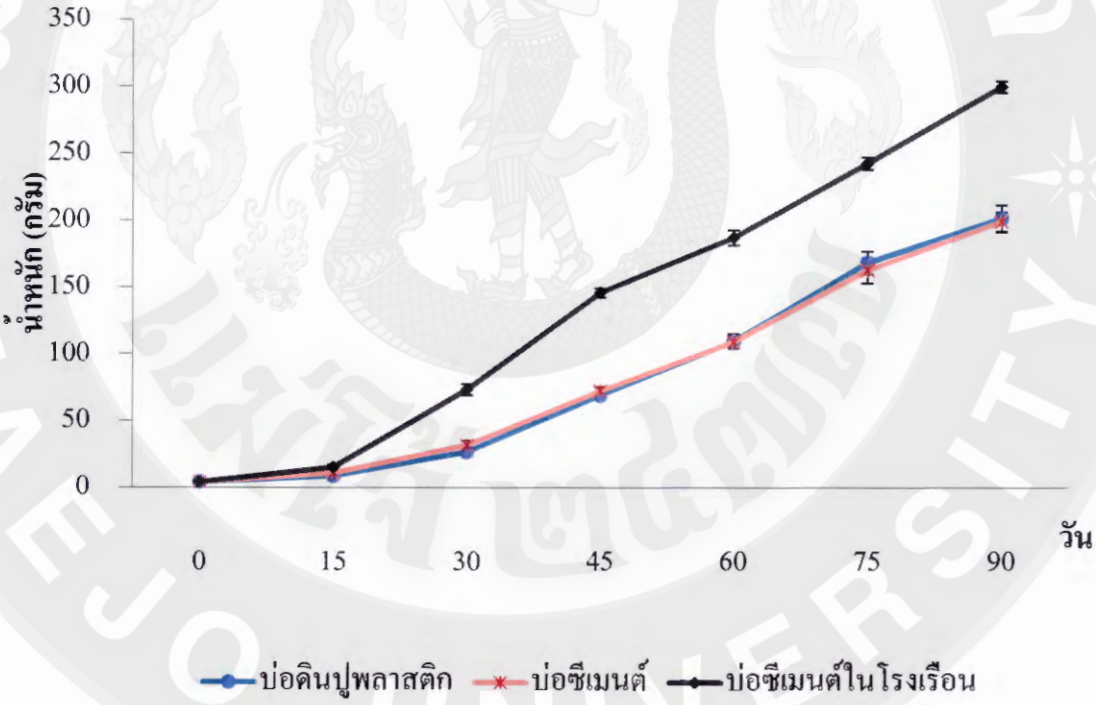
ตาราง 5 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และ อัตราการรอด ผลผลิต และต้นทุนของอาหารปลา (ค่าเฉลี่ย± ค่าเฉลี่ยเบี่ยงแบนมาตรฐาน)

ค่าเฉลี่ย	บ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือน
อุณหภูมิ	28.85±1.85[a]	27.71±1.25[a]	30.91±1.09[b]
น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม/ตัว)	4.07±0.58[a]	4.07±0.58[a]	4.07±0.58[a]
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย(กรัม/ตัว)	204.86±7.30[a]	202.50±5.32[a]	302.80±4.28[b]
SGR (%/วัน)	3.77±0.16[a]	2.20±0.04[a]	3.32±0.05[b]
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม/ตัว)	2.23±0.08[a]	2.20±0.04[a]	3.32±0.05[b]
FCR	1.80±0.04[a]	1.83±0.06[a]	1.78±0.06[a]
อัตรารอด(%)	87.00[a]	89.00[a]	95.00[b]
ผลผลิต	17.53±0.41[a]	17.61±0.39[a]	28.3±0.59[b]
ต้นทุนอาหาร (บาท)	871.75±23.38[a]	888.25±9.90[a]	1390±19.80[b]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

อัตราการเจริญเติบโตปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงที่ต่างกัน

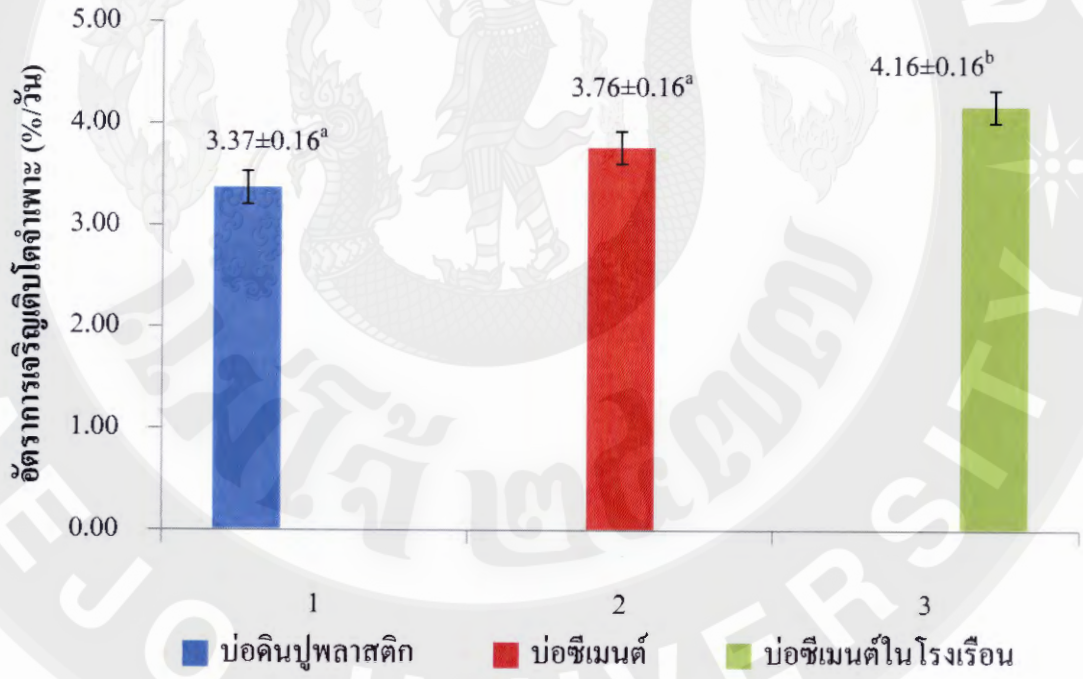
การศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลางโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00-10.00 น. และ 16.00-17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 7 และตาราง 5) พบว่าปลาดุกรัสเซียมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย 204.86±7.30, 202.50±5.32 และ 302.80±4.28 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยน้ำหนักปลาในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด



ภาพ 7 การเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลางโปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงที่ต่างกัน

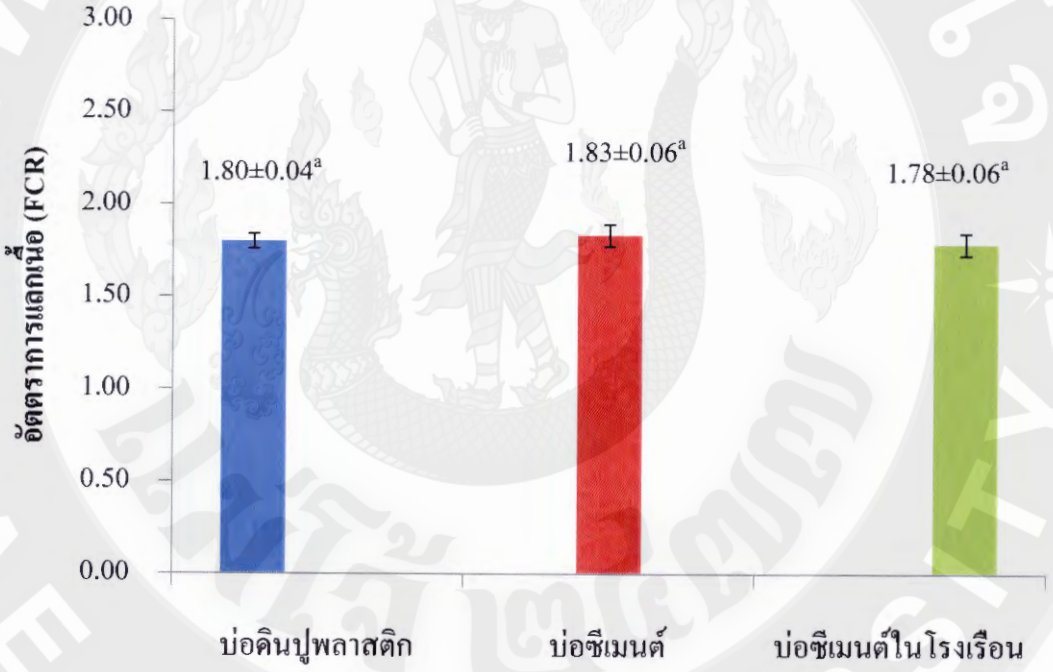
จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00-10.00 น. และ 16.00-17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 5 และภาพ 8) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด คือปลาดุกรัสเซียในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงในโรงเรือนพลาสติก รองลงมาคือที่เลี้ยงบ่อซีเมนต์และที่เลี้ยงในบ่อดินปูพลาสติกตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในบ่อปูนซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก จะมีอัตราการเจริญเติบโต ดีที่สุด



ภาพ 8 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน

อัตราการแลกเนื้อของปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงที่ต่างกัน

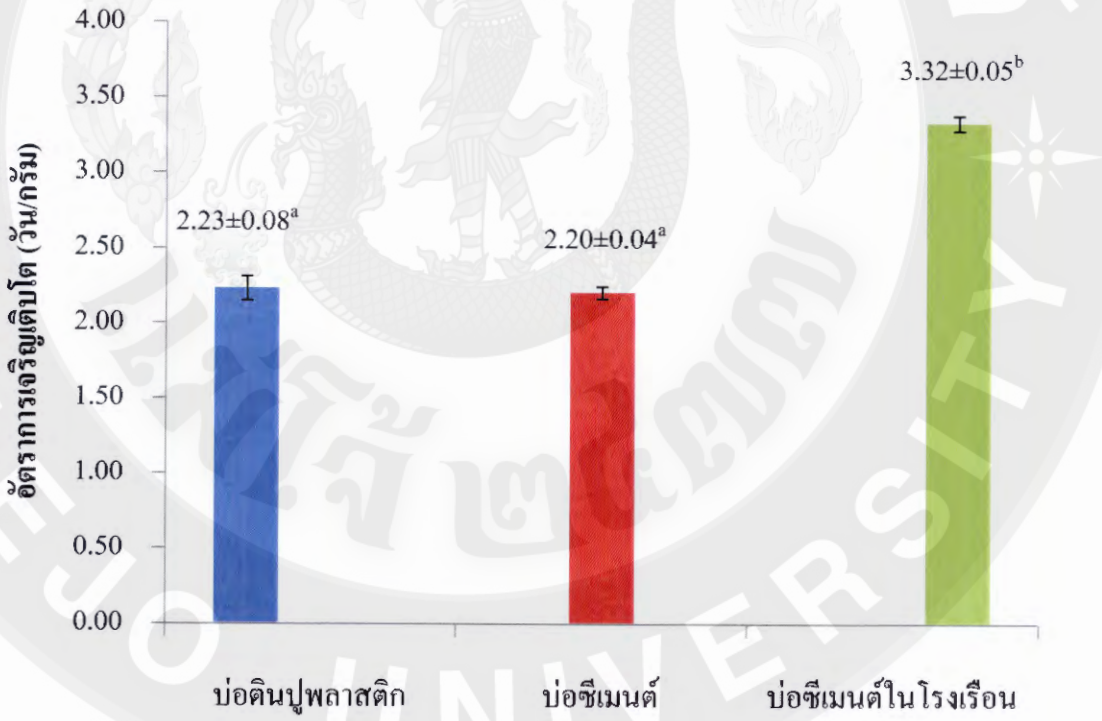
จากการศึกษาอัตราการอัตราการแลกเนื้อของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงต่างกันในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00-10.00 น. และ 16.00-17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 5 และภาพ 9) พบว่า อัตราการแลกเนื้อมีค่า 1.80±0.04, 1.83±0.06 และ 1.78±0.06 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)



ภาพ 9 อัตราการแลกเนื้อของปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงต่างกัน

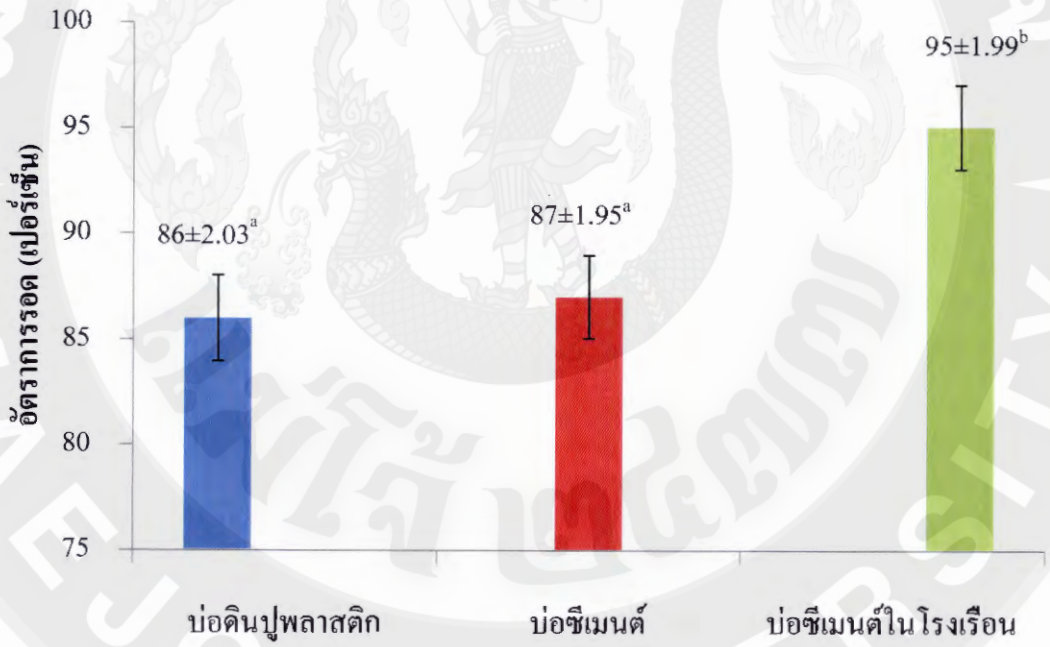
จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00-10.00 น. และ 16.00-17.00 น. ให้กินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 5 และภาพ 10) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันในปลาดุกรัสเซียสูงสุดที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก รองลงมาที่เลี้ยงในบ่อดินปูพลาสติกและที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอัตราการเจริญเติบโตต่อวันในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด



ภาพ 10 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาดุกรัสเซียในโดยบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน

อัตรารอดของปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงต่างกัน

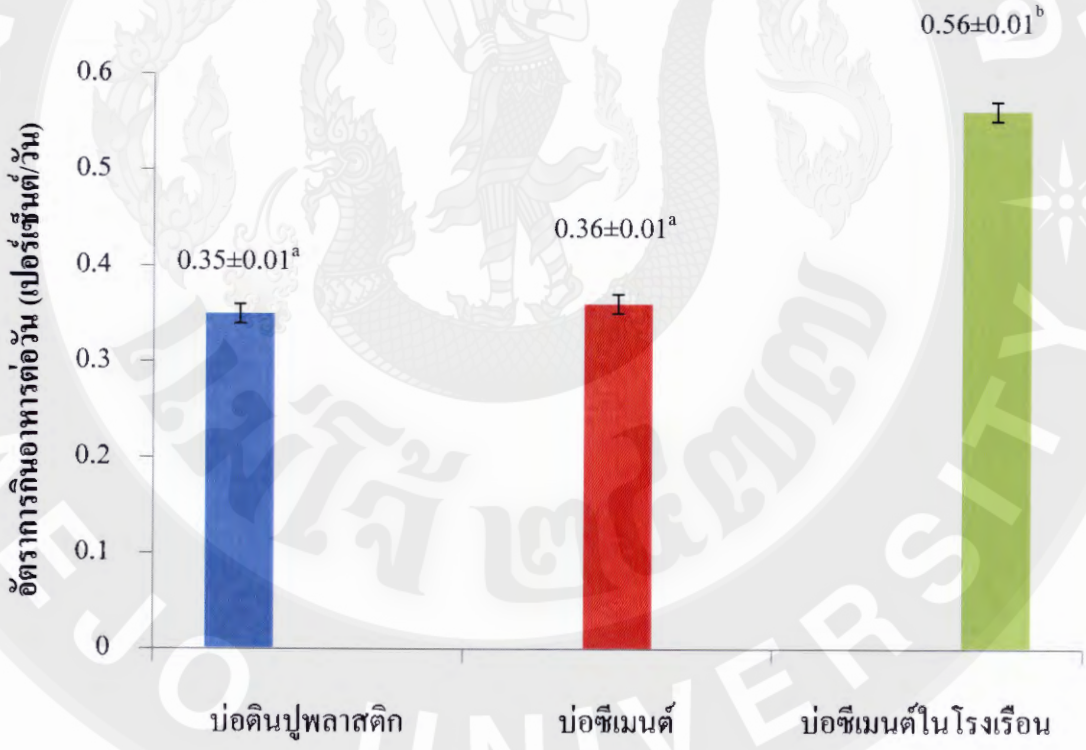
อัตรารอดของปลาดุกรัสเซียใน ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00 - 10.00 น. และ 16.00 - 17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 5 และภาพ 11) พบว่า อัตรารอดของปลาดุกรัสเซียในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกสูงสุดรองลงมา คือบ่อซีเมนต์และบ่อปูพลาสติกตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยอัตราการรอดในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกดีที่สุด



ภาพ 11 อัตราการรอดของปลาดุกรัสเซียใน บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์และ บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน

อัตราการกินอาหารต่อวันของปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงต่างกัน

อัตราการกินอาหารต่อวันปลาดุกรัสเซียในโดยทำการทดลอง ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้งคือเวลา 09.00 - 10.00 น. และ 16.00 - 17.00 น. ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ตาราง 5 และภาพ 12) พบว่า อัตราการกินอาหารต่อวันของปลาดุกรัสเซียในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกสูงสุด รองลงมาคือที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ และที่เลี้ยงในบ่อปูพลาสติก ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อัตราการกินอาหารต่อวันบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกดีที่สุด



ภาพ 12 อัตราการกินอาหารต่อวันของปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้วันละ 2 ครั้ง ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน

คุณภาพน้ำในบ่อปลาปลาดุกรัสเซียในระบบเลี้ยงต่างกัน

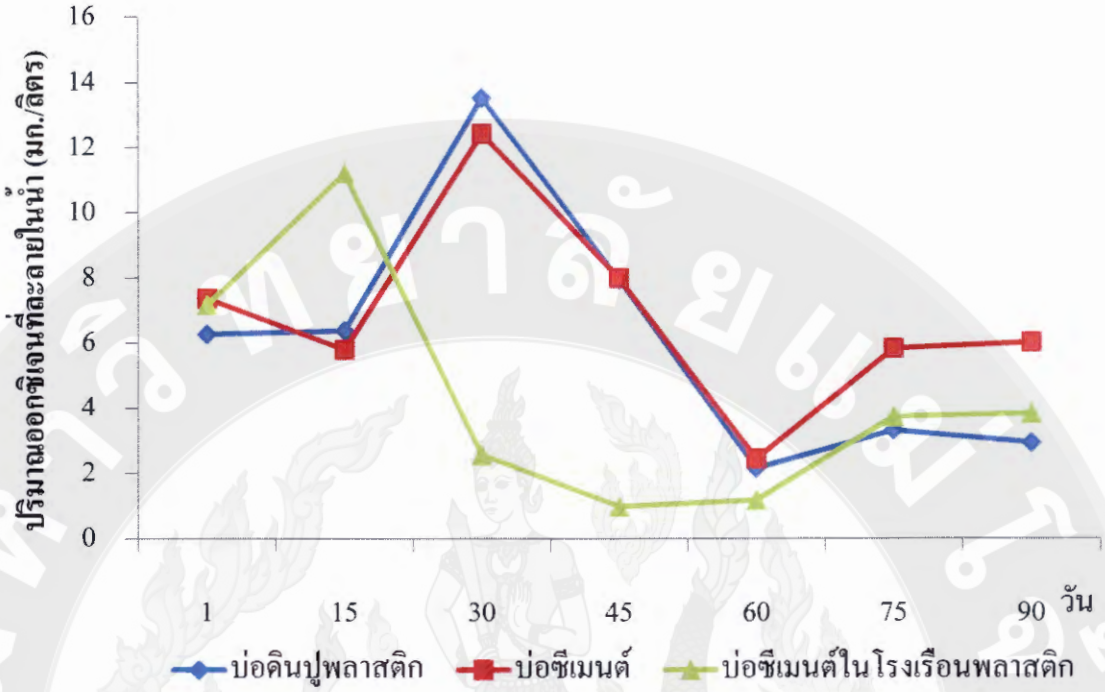
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ลิตร)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียต่างกัน ดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 13 และตาราง 6) พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.97 - 13.5 มก./ลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำบ่อปูพลาสติก ในวันที่ 30 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 13.5±0.13 มก./ลิตร และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำสุดในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนในวันที่ 45 มีค่าเฉลี่ยคือ 0.9±0.01 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 6 ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(มก./ลิตร)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	6.27±0.11^{a}	7.37±0.31^{b}	7.17±0.20^{b}
15	6.37±0.21^{a}	5.79±0.12^{b}	11.19±0.18^{c}
30	13.5±0.13^{a}	12.41±0.06^{b}	2.56±0.04^{c}
45	7.93±0.07^{a}	7.98±0.10^{a}	0.97±0.01^{b}
60	2.14±0.15^{a}	2.43±0.09^{a}	1.17±0.56^{b}
75	3.30±0.11^{a}	5.81±0.07^{b}	3.72±0.05^{a}
90	2.91±0.03^{a}	5.99±0.05^{b}	3.81±0.24^{c}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 13 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ระยะเวลา 90 วัน

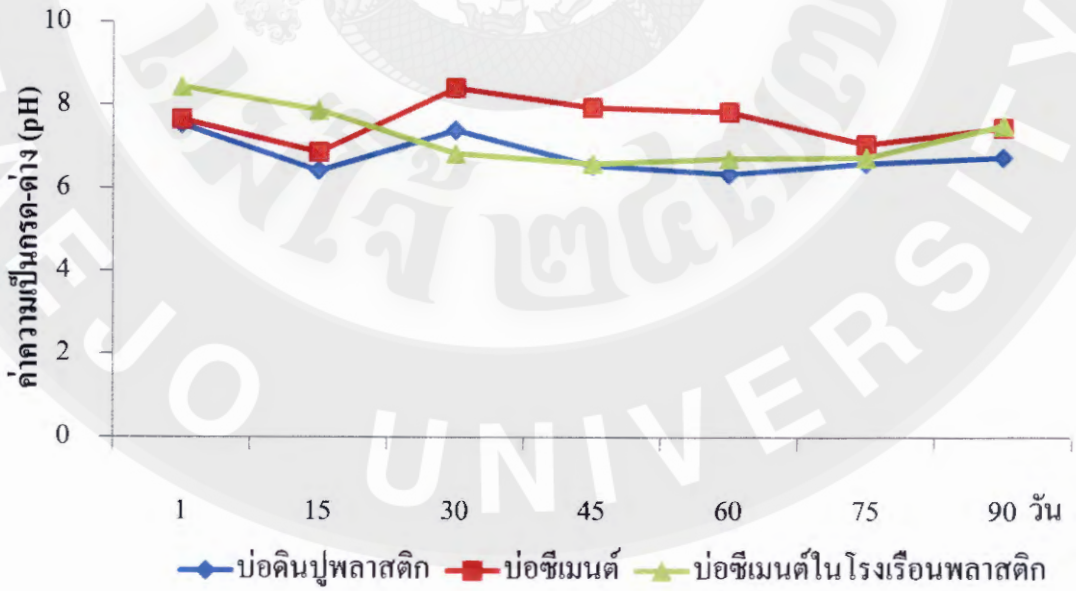
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกันดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อปูซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 14 และตาราง 7) พบว่า ปริมาณความเป็นกรด - ด่าง ในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียมีค่า เฉลี่ย 6.32 - 8.43 ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนในวันที่ 30 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.43±0.03 และปริมาณความเป็นกรด-ด่างในน้ำต่ำสุดในบ่อดินปูพลาสติกในที่วัน 60 มีค่าเฉลี่ย 6.32±0.07 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 7 ปริมาณความเป็นกรด - ด่างในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	7.52±0.02[a]	7.65±0.07[a]	8.43±0.03[b]
15	6.41±0.07[a]	6.86±0.10[b]	7.87±0.01[c]
30	7.38±0.07[a]	8.39±0.03[b]	6.58±0.05[c]
45	6.53±0.13[a]	7.92±0.06[b]	6.58±0.04[a]
60	6.32±0.07[a]	7.81±0.04[b]	6.70±0.08[c]
75	6.58±0.11[a]	7.04±0.07[b]	6.72±0.05[a]
90	6.72±0.03[a]	7.43±0.11[b]	7.49±0.01[b]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 14 ปริมาณความเป็นกรด - ด่าง ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ระยะเวลา 90 วัน

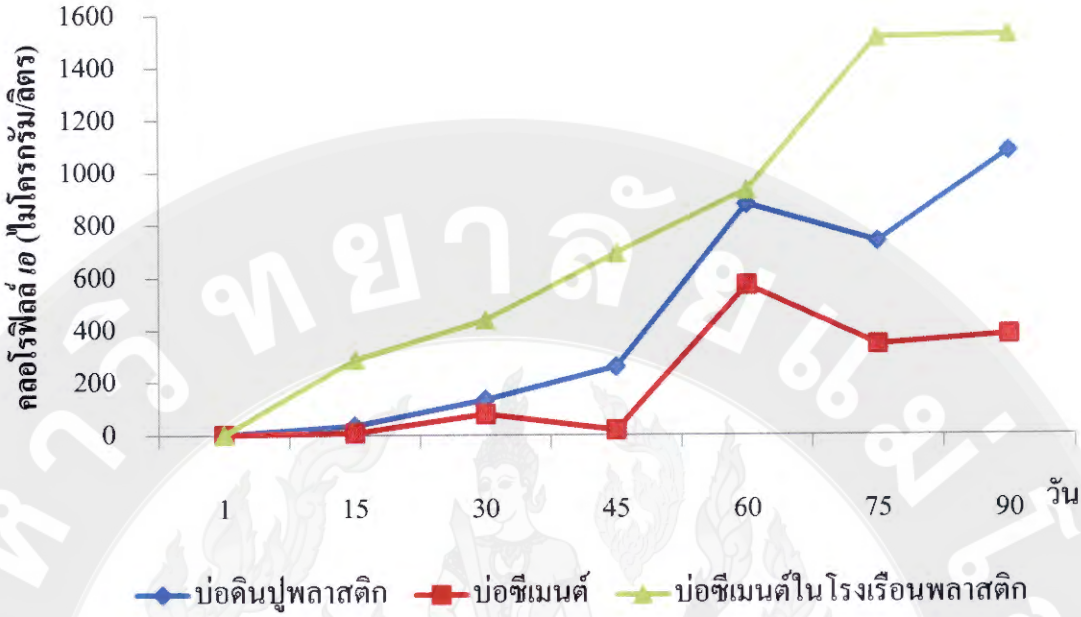
ปริมาณคลอโรฟิลล์-*เอ* (ไมโครกรัม/ลิตร)

ปริมาณความเป็นคลอโรฟิลล์-*เอ*ในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกัน ดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 15 และตาราง 8) พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์-*เอ* ในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย มีค่าเฉลี่ย 1.02 - 1514.40 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์-*เอ*ในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือน ในวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 1514.40 ± 159.52 ไมโครกรัม/ลิตร และปริมาณคลอโรฟิลล์-*เอ* ในน้ำต่ำสุดในบ่อซีเมนต์มีค่าเฉลี่ย 1.02 ± 0.01ไมโครกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-*เอ* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์-*เอ* ที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	คลอโรฟิลล์-*เอ* (ไมโครกรัม/ลิตร)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	1.04±0..01[a]	1.02±0.01[a]	1.05±0.015[a]
15	35.33±2.75[a]	8.17±0.76[b]	286.33±4.16[c]
30	133.67±3.06[a]	78.83±3.21[b]	439.33±26.63[c]
45	258.67±10.07[a]	18.37±0.12[b]	690.88±40.00[c]
60	874.67±8.08[a]	568.67±6.11[b]	928.67±7.02[c]
75	732.00±22.54[a]	342.67±24.01[b]	1506.00±30.27[c]
90	1073.30±43.33[a]	377.00±30.27[b]	1514.40±159.52[c]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 15 ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือน ระยะเวลา 90 วัน

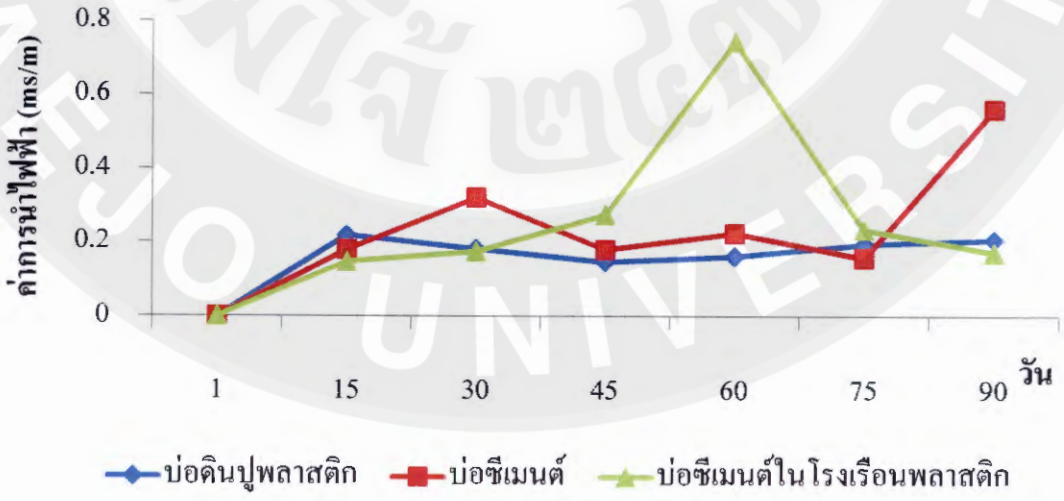
ค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณค่าการนำไฟฟ้าในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกัน ดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 16 และตาราง 9) พบว่า ปริมาณค่าการนำไฟฟ้าในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย เฉลี่ยอยู่ในช่วงดังนี้ 0.14 - 38.80 ms/m ปริมาณค่าการนำไฟฟ้าในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนในวันที่ 75 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 38.80±0.04 ms/m และปริมาณค่าการนำไฟฟ้าในน้ำต่ำสุดในบ่อซีเมนต์ในวัน 60 มีค่าเฉลี่ย 0.14±0.03 ms/m เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 9 ปริมาณค่าการนำไฟฟ้าที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (ms/m)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	6.32±0.03[b]	0.18±0.04[a]	13.98±0.03[c]
15	6.80±0.14[b]	0.17±0.04[a]	15.70±0.09[c]
30	9.80±0.05[b]	0.18±0.03[a]	17.00±0.06[c]
45	10.80±0.07[b]	0.18±0.05[a]	18.90±0.11[c]
60	9.70±0.07[b]	0.14±0.03[a]	25.30±0.05[c]
75	13.20±0.09[a]	11.70±0.04[a]	38.80±0.04[b]
90	30.00±0.06[b]	19.80±0.03[a]	35.00±0.05[c]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 16 ปริมาณค่าการนำไฟฟ้า ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ระยะเวลา 90 วัน

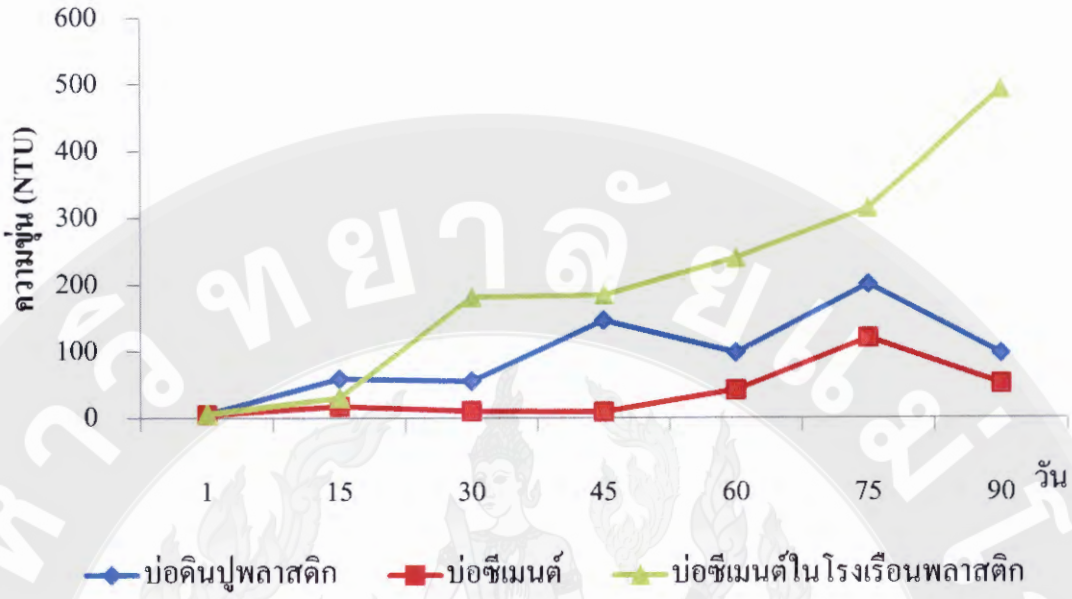
ค่าความขุ่นในน้ำ

ปริมาณความขุ่นในน้ำในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 17 และตาราง 10) พบว่า ปริมาณขุ่นในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย เฉลี่ยอยู่ในช่วงดังนี้ 4.90 - 488.60 NTU ปริมาณขุ่นในน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือน ในวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 488.60±1.36 NTU และปริมาณความขุ่นของน้ำ ในน้ำต่ำสุดในบ่อดินปูพลาสติก ในวันที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 4.90±0.02 NTU เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณความขุ่นในน้ำในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 10 ปริมาณความขุ่นในน้ำที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ค่าความขุ่นในน้ำ (NTU)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	5.70±0.02^{b}	4.90±0.02^{a}	5.80±0.03^{c}
15	58.70±0.07^{b}	17.20±0.06^{a}	30.50±0.02^{c}
30	55.00±0.05^{b}	10.30±0.03^{a}	180.80±0.07^{c}
45	145.90±0.11^{b}	9.00±0.05^{a}	183.80±0.21^{c}
60	97.80±0.07^{b}	41.70±0.03^{a}	239.10±0.05^{c}
75	199.90±0.09^{a}	119.40±0.04^{a}	312.90±1.45^{c}
90	96.30±0.06^{b}	50.70±0.03^{a}	488.60±1.36^{c}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 17 ปริมาณความขุ่นในน้ำในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกระยะเวลา90วัน

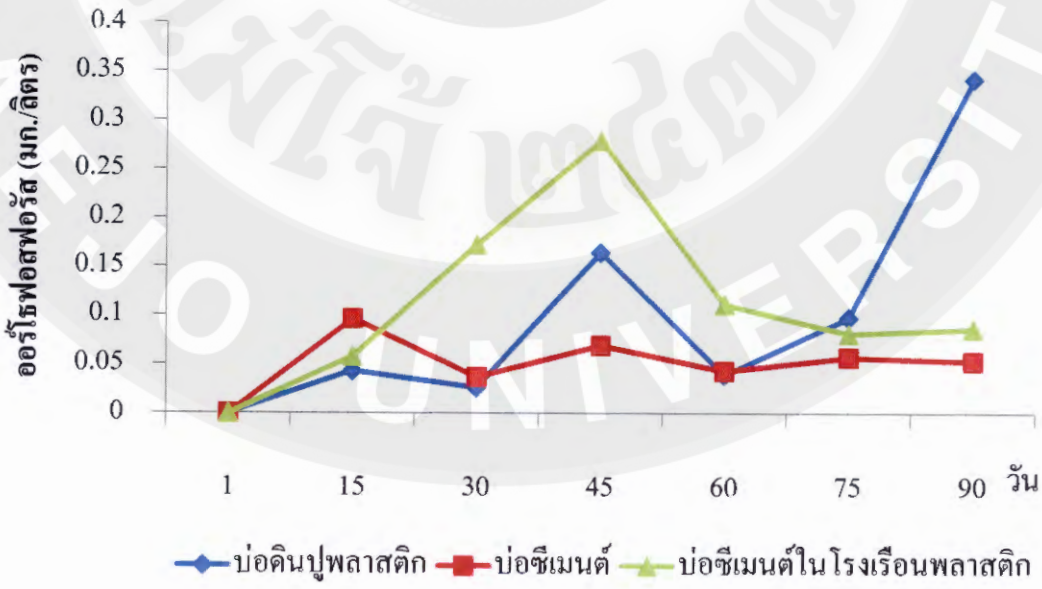
ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (มก./ลิตร)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกันดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่ม ระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 18 และตาราง 11) พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย พบว่าเฉลี่ย 0.02 - 0.34 มก./ลิตร โดยปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในบ่อดินปูพลาสติกในวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.34±0.01 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 11 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส(มก./ลิตร)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	0.02±0.00[a]	0.02±0.00[a]	0.02±0.00[a]
15	0.04±0.00[a]	0.10±0.01[c]	0.06±0.00[b]
30	0.04±0.00[a]	0.04±0.02[a]	0.17±0.01[c]
45	0.16±0.00[b]	0.07±0.00[a]	0.28±0.01[c]
60	0.04±0.00[a]	0.04±0.00[a]	0.11±0.00[b]
75	0.10±0.00[c]	0.06±0.01[a]	0.08±0.00[b]
90	0.34±0.01[c]	0.05±0.01[a]	0.09±0.00[b]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 18 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ระยะเวลา 90 วัน

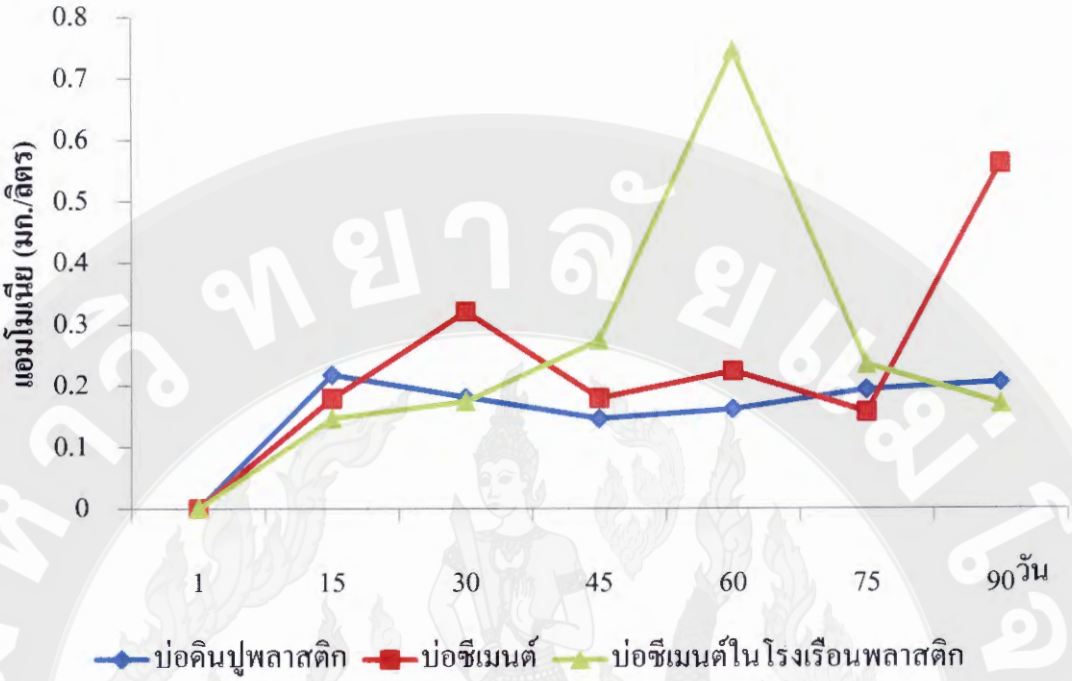
ปริมาณแอมโมเนีย (มก./ลิตร)

ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกัน ดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 19 และตาราง12) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.13 - 0.74 มก./ลิตร ปริมาณแอมโมเนียในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนในวันที่ 60 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.74±0.01 มก./ลิตร และปริมาณความแอมโมเนียในน้ำต่ำสุดในบ่อดินปูพลาสติกในวัน 45 มีค่าเฉลี่ย 0.13±0.00 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 12 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ปริมาณแอมโมเนีย(มก./ลิตร)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}
15	0.22±0.00^{c}	0.18±0.00^{b}	0.15±0.00^{a}
30	0.18±0.00^{a}	0.32±0.00^{c}	0.17±0.01^{a}
45	0.13±0.00^{a}	0.18±0.00^{b}	0.27±0.00^{c}
60	0.16±0.00^{a}	0.22±0.01^{b}	0.74±0.01^{c}
75	0.19±0.02^{b}	0.16±0.00^{a}	0.23±0.01^{c}
90	0.21±0.01^{b}	0.56±0.08^{c}	0.17±0.02^{a}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 19 ปริมาณแอมโมเนีย ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ระยะเวลา 90 วัน

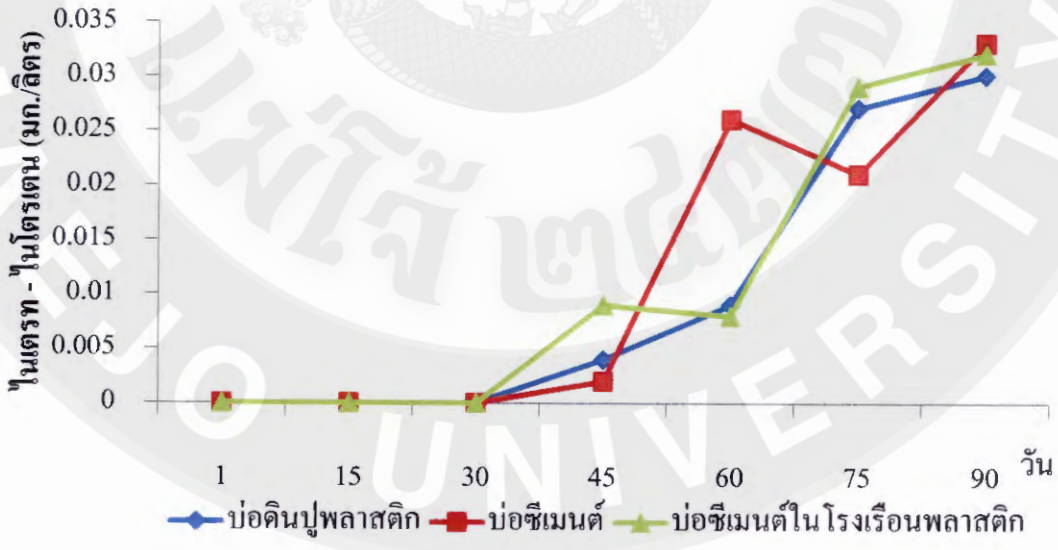
ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน (มก./ลิตร)

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกัน ดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 20 และ ตาราง 13) พบว่า ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย มีค่าเฉลี่ย 0.00 - 0.033 มก./ลิตร ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนในบ่อซีเมนต์ ในวันที่ 30 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.033±0.02 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนในน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 13 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน ในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (มก./ลิตร)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก
1	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]
15	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]
30	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]
45	0.004±0.00[a]	0.002±0.00[a]	0.009±0.00[a]
60	0.009±0.00[a]	0.026±0.03[a]	0.008±0.00[a]
75	0.027±0.00[a]	0.021±0.00[a]	0.029±0.00[a]
90	0.030±0.00[a]	0.033±0.02[a]	0.032 ±0.02[a]

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 20 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ระยะเวลา 90 วัน

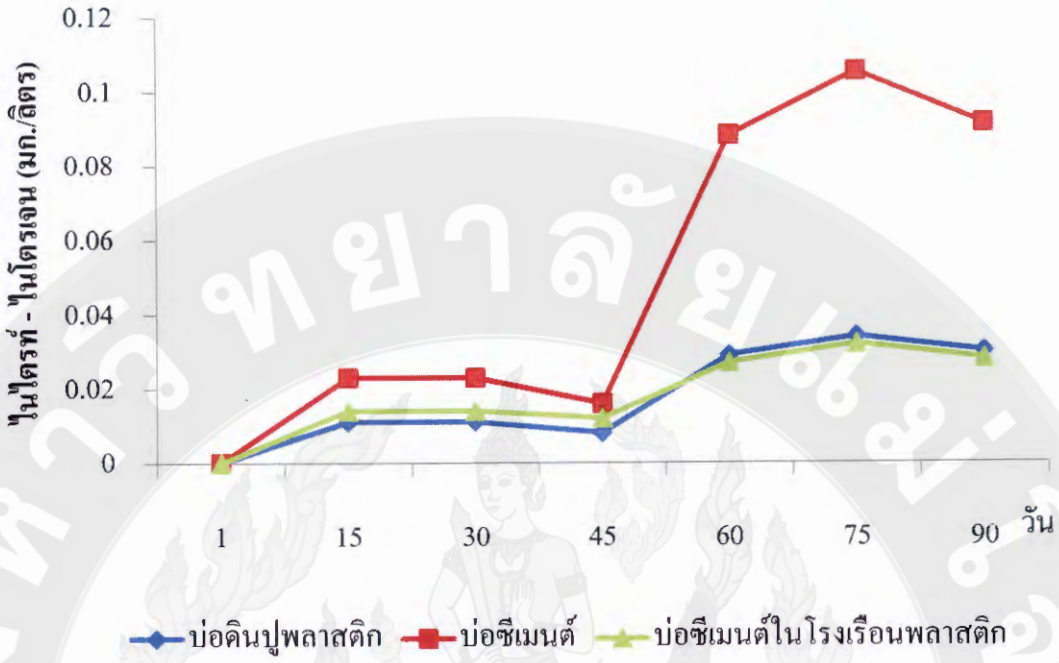
ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน (มก./ลิตร)

ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซียโดยมีบ่อเลี้ยงต่างกัน ดังนี้ บ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่ใช้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำสำหรับปลาดุกขนาดกลาง โปรตีนไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ปลากินจนอิ่มเป็นระยะเวลา 90 วัน (ภาพ 21 และ ตาราง 14) พบว่า ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย พบว่าเฉลี่ย 0.00 -0.105 มก./ลิตร ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือน ในวันที่ 60 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.032 เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจนในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 14 ปริมาณของปริมาณไนไตรท์ -ไนโตรเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

วันที่	ปริมาณปริมาณไนไตรท์ -ไนโตรเจน(มก./ลิตร)		
	บ่อดินปูพลาสติก	บ่อซีเมนต์	บ่อซีเมนต์ในโรงเรือน
1	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}
15	0.011 ± 0.00^{a}	0.023 ± 0.00^{b}	0.014 ± 0.00^{a}
30	0.011 ± 0.00^{a}	0.023 ± 0.00^{b}	0.014 ± 0.00^{a}
45	0.008 ± 0.00^{a}	0.016 ± 0.00^{c}	0.012 ± 0.00^{b}
60	0.029 ± 0.00^{a}	0.088 ± 0.00^{b}	0.027 ± 0.00^{a}
75	0.034 ± 0.00^{a}	0.105 ± 0.00^{b}	0.032 ± 0.00^{a}
90	0.030 ± 0.00^{a}	0.091 ± 0.00^{b}	0.028 ± 0.00^{a}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 21 ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน ในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกรัสเซียในบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือน ระยะเวลา 90 วัน

ความหนาแน่น ชนิด แพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาชนิดแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย พบปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta จำนวน 14 ชนิด ได้แก่ *Anabaena* sp., *Aphanocapsa* sp., *Spirulina* sp., *Calothrix* sp., *Chroococus* sp., *Cylindrospermopsis* sp., *Gloeocapsa* sp., *Microcystis* sp., *Nostoc* sp., *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp., *Planktolyngbya* sp., *Pseudanabaena* sp., และ *Synechococcus* sp. Division Chlorophyta พบจำนวน 13 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Chlorococcum* sp., *Dictyosphaerium* sp., *Eudorina* sp., *Golenkinia* sp., *Kirchneriella* sp., *Monoraphidium* sp., *Nephrocytium* sp., *Oocystis* sp., *Pandorina* sp., *Pediastrum* sp., *Scenedesmus* sp., และ *Ulothrix* sp. Division Euglenophyta พบจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Strombomonas* sp., และ *Trachelomonas* sp. Division Bacillariophyta พบจำนวน 1 ชนิด ได้แก่ *Navicula* sp. และ Division Cryptophyta จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ *Chroomonas* sp. และ *Rhodomonas* sp.

ตาราง 15 ชนิดของแพลงก์ตอนพืชในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกรัสเซีย

แพลงก์ตอนพืช				
Division Cyanophyta	**Division Chlorophyta**	**Division Euglenophyta**	**Division Bacillariophyta**	**Division Cryptophyta**
Anabaena sp.	*Chlorella* sp.	*Euglena* sp.	*Navicula* sp.	*Chroomonas* sp.
Aphanocapsa sp.	*Chlorococcum* sp.	*Phacus* sp.		*Rhodomonas* sp.
Spirulina sp.	*Dictyosphaerium* sp.	*Strombomonas* sp.		
Calothrix sp.	*Eudorina* sp.	*Trachelomonas* sp.		
Chroococcus sp.	*Golenkinia* sp			
Cylindrospermopsis sp.	*Kirchneriella* sp.			
Gloeocapsa sp.	*Monoraphidium* sp.			
Microcystis sp.	*Nephrocytium* sp.			
Nostoc sp.	*Oocystis* sp.			
Oscillatoria sp.	*Pandorina* sp.			
Phormidium sp.	*Pediastrum* sp.			
Planktolyngbya sp.	*Scenedesmus* sp.			
Pseudanabaena sp.	*Ulothrix* sp.			
Synechococcus sp.				

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1: ผลของการการใช้โรงเรือนพลาสติกต่อการเพิ่มอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อุณหภูมิน้ำเป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการพัฒนาและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ โดยการผลิตเลี้ยงสัตว์น้ำอุณหภูมิน้ำจะต้องอยู่ในช่วง 25 - 32 °C ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น Singh and Marsh (1996) กล่าวว่าการใช้โรงเรือนพลาสติกก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำรวมถึงการเพิ่มผลผลิตของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โรงเรือนพลาสติกที่เก็บกักความร้อนมีแสงผ่านได้มากกว่า 75 % การกระจายของแส่งมากกว่า 60% และความหนาต้องมากกว่า 150 ไมครอน สามารถเพิ่มอุณหภูมิในเรือนพลาสติก ให้สูงกว่าบรรยากาศภายนอกได้ประมาณ 2 - 14 °C ส่งผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว

จากการศึกษาอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในโรงเรือนพลาสติกในช่วงเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนพลาสติกจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศนอกโรงเรือนพลาสติก 3.54 - 5.74 °C ซึ่งสอดคล้องกับ Montero et al. (1987) ได้ศึกษาโรงเรือนพลาสติกที่ตั้งอยู่ที่อัลเมเรีย ในสเปน พบว่าช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิอากาศในเรือนพลาสติกจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ 2 - 4 °C Kyritsis and Mavrogianopoulos (1987) ได้ศึกษาอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนพลาสติกในการปลุกมะเขือเทศ พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนจะสูงกว่าภายนอก 2-4°C ในช่วงฤดูหนาว

จากการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิน้ำระหว่างบ่อดินปูพลาสติก, บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก โดยวัดอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงในช่วงเวลา 09.00 น. และ 17.00 น. ปรากฏว่าอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกมีอุณหภูมิของน้ำสูงสุด เฉลี่ย 30 - 32 °C เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติก เฉลี่ย 26.5 - 30 °C ซึ่งมีความสอดคล้องกับ (กรวัฒน์ และ ทนงเกียรติ, 2553) ทำการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้

พลังงานแสงอาทิตย์สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงปลาให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (28 - 32 °C) ส่งผลให้ปลาดุกมีการเจริญเติบโตดี เมื่อเทียบกับบ่อที่ไม่มีการควบคุม กรวัฒน์ (2554) รายงานว่าในฤดูหนาวค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลาที่ทำการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 30 °C และค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C ในฤดูฝนค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในบ่อเลี้ยงปลาที่ทำการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 29.5 °C และค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 27 °C

จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกมีอุณหภูมิน้ำสูงกว่าบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติกเฉลี่ย 4.35 - 5.31 °C ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Zhu et al. (1998) ได้กล่าวว่าผลของการใช้พลาสติกคลุมบ่อ สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้ 4.67 - 5.83 °C เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยง และระดับของอุณหภูมิในน้ำเป็นผลมาจากการครอบคลุมของเรือนกระจกรวมทั้ง Li et al. (2009) รายงานว่าการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำในโรงเรือนกระจกและอุณหภูมิน้ำบ่อกลางแจ้ง อุณหภูมิน้ำภายในโรงเรือนกระจกจะสูงกว่า อุณหภูมิของน้ำในบ่อน้ำกลางแจ้ง 5.2 °C ในช่วงฤดูหนาว

Tribeni et al. (2006) รายงานไว้ว่าได้วิจัยและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนาย อุณหภูมิของบ่อปลาในฤดูหนาวของอินเดีย (ธันวาคม 2005) โดยในการวิจัยใช้ระบบเรือนกระจกร่วมกับการน้ำร้อนแสงอาทิตย์ในบ่อเลี้ยงปลา ผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ระบบโรงเรือนกระจกร่วมกับน้ำร้อนแสงอาทิตย์ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในบ่อปลา อุณหภูมิน้ำของบ่อปลาเพิ่มขึ้น 4.13- 6.92 °C เมื่อใช้ระบบโรงเรือนกระจกในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำของบ่อปลาเพิ่มขึ้น 3.12 - 5.64 °C ซึ่งทั้งสองระบบมีค่าสูงกว่าบ่อเปิดเนื่องมาจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ Jain (2007) รายงานว่า ประสิทธิภาพการทำงานโรงเรือนกระจกในบ่อปลาที่ได้รับการประเมินในแง่ของการเพิ่มอุณหภูมิความร้อน สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำจาก 11 °C เป็น 20 °C .ในช่วงเวลา 07:00 - 16:00 น. จากการเพิ่มของอุณหภูมิในรอบวัน

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการเพิ่มของอุณหภูมิน้ำมีค่าสูงที่สุดในหน่วยทดลองที่เป็นบ่อซีเมนต์ในเรือนพลาสติก โดยการเพิ่มของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเกิดมาจากการสะสมความร้อนในโรงเรือนพลาสติก ทำให้เกิดความร้อนและเป็นตัวเก็บกักอุณหภูมิโดยตรงจากพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติกที่อยู่ในสภาพโล่งแจ้งทำให้การ

สะสมความร้อนและการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเกิดได้ยากขึ้นเนื่องจากอยู่กับสภาพแวดล้อมภายนอกเพียงอย่างเดียว

ผลการทดลองที่ 2 : ผลของการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย

จากผลการศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย พบว่าบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกมีอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตรารอดสูงกว่าการเลี้ยงปลาดุกในบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติก ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ และอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตรารอดของบ่อทดลองที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซียในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อขบวนการต่างๆ ภายในร่างกายของปลา มีสอดคล้องกับ ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) กล่าวตามกฎของ Van Hoff ว่าอัตราขบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 - 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 °C กิจกรรมต่างในร่างกายจะเพิ่มขึ้นไปด้วยเช่น การย่อยอาหาร การหายใจ การเคลื่อนไหว การกินอาหาร การเจริญเติบโต มีความสอดคล้องกับ Shcherbina and Kazlauskene (1971 ; Al-Asgah and Ali , 1997) รายงานไว้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำไปเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารซึ่งอาจจะเร่งการย่อยอาหารของสารอาหารจึงทำให้เกิดการเจริญเติบโตที่ดี และกลไกที่เป็นตัวกำกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตและอุณหภูมิมีความเกี่ยวข้องกับการปรับเอนไซม์ของกระบวนการเผาผลาญอาหารในปลา

Khan et al. (2004) พบว่าปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงส่งผลต่อการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นโดยเปรียบเทียบจากการเลี้ยงปลายีสกเทศในโรงพลาสติกที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 19 °C เปรียบเทียบกับปลาที่เลี้ยงในถังน้ำกลางแจ้งที่อุณหภูมิเฉลี่ย 14.8 °C และจากการศึกษา Majhi and Das (2014) พบว่า ปลาจีดที่เลี้ยงด้วยอุณหภูมิน้ำสูง 35 °C มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าที่เลี้ยงอุณหภูมิน้ำต่ำ ที่ 20 °C เช่นเดียวกับ Hilge (1985) ที่พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดของปลาเวลส์ยุโรปอยู่ในช่วงของ 25 - 28 °C และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 27 °C

Michael et al. (2013) ศึกษาผลอุณหภูมิในบ่อปลากดอเมริกัน เลี้ยงในบ่อที่มีอุณหภูมิ 23 - 27 °C, 27 - 31 °C และ 31 - 35 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโต การกินอาหาร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตรารอดในบ่อที่เลี้ยงด้วยอุณหภูมิ 27 - 31 °C ดีที่สุดกว่าในบ่อที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 23-27 °C จะมีอัตราการเจริญเติบโต การกินอาหารอาหาร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดน้อย และบ่อที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 31 - 35 °C จะมีการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดจะน้อยที่สุด และการกินอาหารจะสูงที่สุด ซึ่งเกิดจากการทำกิจกรรมของปลาที่มากขึ้น เช่น การย่อยอาหาร การหายใจ การเคลื่อนไหว การขับถ่าย เร็วกว่าปกติทำให้การดูดซับสารอาหารได้น้อยลงทำให้การเจริญเติบโตลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ (Jauncey and Ross, 1982) รายงานว่าสายพันธุ์ส่วนใหญ่ของปลายี่สกเทศจะหยุดกินอาหารที่อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 16 °C) และจะมีอัตราการเจริญเติบโตดีที่ 24 - 26 °C อุณหภูมิน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเผาผลาญอาหารของปลาก็เพิ่มขึ้นไปด้วย

Kausar and Salim (2006) รายงานว่าอัตราการแลกเนื้อที่ดีที่สุดในปลายีสกเทศจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 24 - 26 °C รองลงมาจะอยู่ในช่วง 22 - 24 °C และ 20 - 22 °C มีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Andrews and Stickney (1972) รายงานว่าปลาดุกอเมริกันที่ถูกเลี้ยงในช่วงอุณหภูมิ 18-34 °C อัตราแลกเนื้อดีที่สุดจะอยู่ในช่วงของอุณหภูมิ 30 °C และ Osborne and Riddle (1999) พบว่าประสิทธิภาพการใช้อาหารในการเจริญเติบโตของปลาอุณหภูมิสูงจะดีกว่าอุณหภูมิต่ำ (17 - 27 °C)

ผลของการเจริญเติบโตของปลาดุกในการเพิ่มอุณหภูมิในบ่อเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหารและอัตรารอดของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงอุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้นส่งผลให้น้ำในบ่อเลี้ยงมีอุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้การเผาผลาญและการดูดซึมสารอาหารของปลาดีขึ้น ทำให้อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหารและอัตรารอด ดีขึ้นไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกในวันที่ 30 - 60 อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม มีค่าต่ำสุด 0.97 - 2.56 มก./ลิตร และ

ในบ่อดินปูพลาสติกถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม ในวันที่ 60 - 90 เฉลี่ยต่ำสุดที่ 2.14 - 3.30 มก./ลิตร และในบ่อซีเมนต์ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม ในวันที่ 60 เฉลี่ยต่ำสุดที่ 2.43 มก./ลิตร กล่าวคือถ้าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีน้อยและลดลงมากๆ สัตว์น้ำจะลอยหัวขึ้นมาอยู่ข้างบ่อหรืออาจเริ่มทยอยตาย ถ้าปริมาณออกซิเจนลดลงถึงจุดวิกฤตสัตว์น้ำก็จะตาย และปริมาณออกซิเจนต่ำยังทำให้สัตว์น้ำตายและอ่อนแอและก่อให้เกิดโรคได้ง่าย หรืออาจมีผลต่อการเจริญเติบโต Swinger (1969) กล่าวว่า ระดับออกซิเจนที่ดีสำหรับสัตว์น้ำคือไม่ต่ำกว่า 5 มก./ลิตร Mckee and Wolf (1963) รายงานว่าปริมาณออกซิเจนสำหรับสัตว์น้ำไม่ควรต่ำกว่า 5มก./ลิตร เกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน และไม่ควรต่ำกว่า 3 มก./ลิตร

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ 6.32 - 8.39 โดยปกติค่า pH เป็นสิ่งบ่งบอกให้ทราบถึงความเข้มข้นของสภาพความเป็นกรดหรือสภาพความเป็นด่างของสารละลายโดยวัดออกมาในรูปของแอคทิวิตี ของอิออนไฮโดรเจน มั่นสิน (2542) กล่าวว่า pH ที่อยู่ในช่วง 6.5 - 8.5 ทำให้สัตว์ดำรงชีวิตได้ปกติ แต่ถ้าค่ามีค่าต่ำมากหรือสูงมากจะส่งผลต่อสัตว์น้ำถึงตาย คือระดับ pH 4 ก็ทำให้ตาย pH 4 - 5 จะทำให้ไม่สืบพันธ์ pH 9-11 ก็ทำให้โตช้า และ pH มากกว่า 11 ก็ส่งผลให้ตายเช่นกัน

ค่าไนเตรท เป็นธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปแบบหนึ่งที่พืชและแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ได้ ไนเตรทจึงมีความสำคัญต่อสัตว์น้ำและระบบนิเวศน์ในน้ำแง่ของการเป็นธาตุอาหารที่ก่อให้เกิดผู้ผลิตขั้นต้นในบ่อ ทำให้เกิดแพลงก์ตอนพืช ซึ่งค่าไนเตรทในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกอยู่ระหว่าง 0.00 - 0.033 มก./ลิตร ตามปกติไนเตรทจะมีอยู่ในแหล่งน้ำปริมาณน้อยมาก และในแหล่งน้ำธรรมชาติมีไนเตรทละลายเฉลี่ย 0.3 มก./ลิตร ปริมาณไนเตรทจะพบมากเป็นพิเศษในน้ำเสีย และความเข้มข้นไนเตรทในน้ำไม้ควรเกิน 5 มก./ลิตร

ค่าไนไตรท์ ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำมีค่าอยู่ ระหว่าง 0.00 - 0.105 มก./ลิตร เพราะค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดให้มีในน้ำ คือ 0.5-5 มก./ลิตร ดังนั้นไนไตรท์ไม่ส่งผลกระทบต่อปลาดุกในการทดลองครั้งนี้

ค่าแอมโมเนียในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ มีค่า 0.00 - 0.74 มก./ลิตร สำหรับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 มก./ลิตร ซึ่งค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มีน้อยมาก โดยค่าส่วน

ใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ซึ่งแอมโมเนียในน้ำจะปรากฏอยู่ 2รูป คือรูปที่เป็นพิษได้แก่แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และรูปที่ไม่เป็นพิษได้แก่ อิออนแอมโมเนีย (NH_4^+) สิทธิชัย (2549) การทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า เป็นแอมโมเนียที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษ เนื่องจากค่าความเป็นกรด - ด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือมีค่าเป็นกลาง เพราะถ้าเมื่อใดก็ตามที่ความเป็นกรด - ด่างของน้ำสูง พิษของแอมโมเนียจะปรากฏ ถ้าความเป็นกรด - ด่างยิ่งสูงพิษของแอมโมเนียก็ยิ่งมากตามด้วย สำหรับค่าแอมโมเนียในน้ำมากเกินไป จะส่งผลอันตรายต่อเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน และทำให้ปลาอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย

ค่าฟอสฟอรัส ในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการกำหนดความสมบูรณ์ในน้ำ ซึ่งฟอสฟอรัสในน้ำอยู่ระหว่าง มีค่า 0.02 - 0.34 มก./ลิตร แม้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำจะไม่มากนักแต่มีความสำคัญในบ่อเลี้ยง การขาดแคลนฟอสฟอรัสมีผลทำให้ให้ผลผลิตต่ำ

ค่าความขุ่นในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก ค่าความขุ่นเพิ่มมากขึ้นสูงสุดในวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ยที่ 488 NTU รองลงมาในบ่อดินปูพลาสติกในวันที่ 75 ค่าเฉลี่ยที่ 199 NTU และต่ำสุดในบ่อซีเมนต์ในวัน 60 ค่าเฉลี่ยที่ 119 NTU ค่าความขุ่นเพิ่มมากขึ้นอาจจะมีสาเหตุมาจากการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และสอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เพิ่มมาก จนกระทั้งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดแต่ละบ่อที่ 1514, 1073 และ 377 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปูนซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกที่มีปริมาณมากอาจเกิดจากการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในบ่อทำให้แพลงก์ตอนมีการเจริญเติบโตดี

จากผลการทดลองอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำในบ่อดินปูพลาสติก บ่อซีเมนต์ และบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก อุณหภูมิน้ำในบ่อเลี้ยงที่เหมาะสมอยู่ที่ 27 - 32 °C เพราะอุณหภูมิน้ำมีผลต่อการเกิดของเสียในบ่อเลี้ยง การปล่อยปลาดุกรัสเซียในปริมาณที่หนาแน่น ส่งผลให้ใช้อาหารที่มากขึ้น ของเสียและสิ่งขับถ่ายที่หลงเหลืออยู่ในบ่อเลี้ยงมีปริมาณมาก ทำให้คุณภาพน้ำเกิดความเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ส่งผลกระทบต่อด้านลบของสัตว์น้ำที่รุนแรงได้โดยตรง และอุณหภูมิน้ำมีผลต่อการละลายของก๊าซชนิดต่างๆ ในน้ำอีกด้วย เช่น ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดต่ำลง และอุณหภูมิมี อิทธิพลต่อการเน่าสลายของสารอินทรีย์ การ

ละลายของเกลือแร่ในน้ำ อุณหภูมิสูงการเน่าสลายและการ ละลายของเกลือแร่ก็เกิดขึ้นได้ ทำให้คุณภาพน้ำในบ่อลดลง ดังนั้นการแก้ปัญหาสำหรับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงคือการเปลี่ยนถ่ายน้ำและการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในบ่อให้มากขึ้นเพื่อลดปัญหาต่อการศูนย์เสียของปลาที่เลี้ยง

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการทดลอง

1. การเลี้ยงปลาตุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงต่างกันโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการช่วยเพิ่มอุณหภูมิในน้ำ พบว่า บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติก ($p<0.05$)

2. การเลี้ยงปลาตุกรัสเซียในบ่อที่ต่างกันเมื่อวัดอัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตรารอด อัตราการกินอาหารในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติกจะมีอัตราสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อซีเมนต์และบ่อดินปูพลาสติก แต่ระดับของการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจะไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นปลาที่เจริญเติบโตสูงสุดอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในน้ำทำให้ปลาทำกิจกรรมของปลาเพิ่มมากขึ้นและดูดซับสารอาหารได้ดีตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การเลี้ยงปลาในโรงเรือนพลาสติกถึงได้ผลดีก็ตามแต่มองในแง่ของต้นทุนการสร้างโรงเรือนจะสูงกว่าแบบเลี้ยงธรรมดาดังนั้นการลดต้นทุนในการสร้างจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้

2.ควรมีการศึกษาเลี้ยงปลาหรือเลี้ยงปลาร่วมกับสัตว์น้ำอื่นให้มากหลายชนิดเพื่อเพิ่มผลผลิตและและความคุ้มค่าต่อการใช้โรงเรือน

บรรณานุกรม

กรวัฒน์ วุฒิกิจ. 2554. **การเลือกขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับระบบทำน้ำร้อนเสริมด้วยปั๊มความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิบ่อเลี้ยงปลา**. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 112 น.

กรวัฒน์ วุฒิกิจ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. 2553. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ เสริมปั๊มความร้อนในการควบคุมบ่อเลี้ยงปลา**. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เกษตรวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ครั้งที่ 2. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา. 71-78 น.

จำเนียน ทองพันชั่ง. 2542. **ปลาดุก**. กรุงเทพ: เกษตรศาสตร์วิชาการ. 240 น.

ธรรมรักษ์ ละอองนวล. 2541. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. อุบลราชธานี: คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี. 212 น.

นันทนา คชเสนี. 2536. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 117 น.

บรรเลง ศรนิล. 2551. **เทคโนโลยีพลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่ 21. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) . 426 น.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำเพื่อการประมง**. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 86 น.

ปรากรม วุฒิพงศ์. 2537. **คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี**. กรงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล. 253 น.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ 2531. การเพาะและอนุบาลปลาดุกเทศ. **วารสารการประมง.** 41(6):535-544.

มั่นสิน ตันฑุลเวศน์. 2542. **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 245 น.

มั่นสิน ตันฑุลเวศน์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2539. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 214 น.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมสิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง.**กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 114น.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. ม.ป.ป. **การควบคุมคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา**. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 23 น.

โยธิน ลีลานนท์. 2524. **ชีววิทยาปลาดุกด้าน**. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 65 - 72 น.

ศักดิ์ชัย ชูโชติ. 2536. **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**.กรุงเทพฯ: โอเดียสโตร์. 210 น.

สิทธิชัย ดันธนะสฤษดิ์. 2549. **ความรู้เบื้องต้นกับคุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์239 น.

สุภาพร สุกสีเหลือง. 2538. **การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพฯ: ศูณย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ. 291 น.

สมเกียรติ์ กาญจนาคาร. 2541. **ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อไวรัสเชื้อราและอุณหภูมิในการทำให้ปลาช่อนป่วยเป็นโรคระบาดในห้องปฏิบัติการ.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 108

สถิติการประมงแห่งประเทศไทย . 2553. **กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ** กรุงเทพ: กรมประมง. 91 น.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2544. **ปลาดุก**. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 140 น.

Alabaster, J.S. and Lloyd, R. 1982. **Water Quality Criteria for Freshwater Fish**. London: Butterworths. 361 p.

Al-Asgah, N. and Ali, A. 1997. Growth performance and body composition of *Oreochromis niloticus* reared at different water temperatures. **Ann. Zootech**, 46 (1997):331–338.

Andrews, J. W. and R. R. Stickney. 1972. Interactions of feeding rates and environmental temperature on growth, food conversion and body composition of channel catfish. **Transactions of the American Fisheries Society**, 101: 94-99

Arnold, M.B., Torrans, E.L., and Allen, P.J. 2012. Influences of cyclic, high temperatures on juvenile channel catfish growth and feeding. **North American Journal of Aquaculture**, 75(1):77-84.

Azevedo, P. A., Cho, C. Y., Leeson, S. and Bureau, D. P. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). **Aquat Living Resour**, 11(4): 227-238.

Brooks, Jr. G.B. and Kimball. B.A. 1982. Simulation of a low cost method for solar heating and aquaculture pond. **Energy in Agriculture**, 1: 281-285.

Canakci, M. and Akinci, I. 2005. Energy use pattern analysis of greenhouse vegetable production. **Energy**, 31: 1243-1256.

Campos, H., Stelfeu, W., Aguero, G., Pawa, O. and Zuning, L. 1992. Limnological Study of lake Rupanco (Chile) Morphoetry, Physics, Chemistry, Plankton and Primary Productivity. **Archiv für Hydrobiologie Supplement Band**, 90: 85-113.

Tiwari, G.N., Das, T. and Sarkar, B. 2006. Thermal Performance of a Greenhouse Fish Pond Integrated with Flat Plate Collector. **International Journal of Agricultural Research**, 1: 406-419.

Hilge, V. 1985. Influence of temperature on the growth of the European catfish (*Isilurus glanis*). **Journal of Applied Ichthyology**, 1(1): 27-31.

Jain, D. 2007. Modeling the thermal performance of an aquaculture pond heating with greenhouse. **Building and Environment**, 42 (2007): 557–565

Jauncey, K. and Ross, B. 1982. The effects of varying dietary protein levels on the growth, feed conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). **Aquaculture**, 27: 43-54.

Kausar, R. and Salim, M. 2006. Effect of water temperature on the growts performance and feed conversion ratio of *labeo rohita*. **Pakistan Veterinary Journal**, 26(3): 105-108.

Karim, MA. and Hawlader, MNA. 2006. Performance evaluationof av-groove solar air collector for drying applications. **Applied Thermal Engineering**, 26:121–30

Klemetson, S.L. and Rogers, G.L. 1985. Aquaculture pond temperature modeling. **Aquacultural Engineering**, 14: 191-208.

Khan, M. A., Jafri, A. K. and Chanda, N. K. 2004. Growth and body composition of rohu, Labeo rohita (Hamilton), fed compound diet: winter feeding and rearing to marketable size. **Journal of Applied Ichthyology,** 20(4): 265-273.

Kyritsis, S. and Mavrogianopoulos, G. 1987. Passive system for heating greenhouses. pp. 3:111-117. In Zabeltitz, C. von (Ed.). **Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating**. REU Technical Series. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Li, s., D.H. Willits., Browdy, C.L., Timmons, M.B. and T.M. Losordo. 2009. Thermal modeling of greenhouse aquaculture raceway systems. **Aquacultural Engineering**, 41(1):1–13.

Lopa, G., Tiwari, G.N., Das, T. and Sarkar, B. 2008. Modeling the Thermal Performance of Solar Heated Fish Pond: An Experimental Validation. **Asian Journal of Scientific Research**, 1: 338-350.

Majhi , S. K. and Das S. K. 2014. Feed Utilization, Gonadal Maturation, Carcass Composition and Stress of the Catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) Fed with Animal Viscera-Based Diets at Varied Temperatures. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences,** 84(1): 83-89.

McKee, J.E. and Wolf, H.W. 1963. **Water Quality Criteria. State of Calif., State Water Quality Control Board**. Sacramento: n.p. 548 p.

Montero, M., Marfa, M., Serrano, T. and Anton, S. 1987. Use of solar energy for heating of greenhouses. pp. 3:133-139. In Zabeltitz, C. von (Ed.). **Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Osborne, J. A. and Riddle, R. D. 1999. Feeding and growth rates for triploid grass carp as influenced by size and water temperature. **Journal of Freshwater Ecology,** 14: 41-45.

Othman MYH, Sopian K, Yatim B, abnd Daud WR. 2006. Development of advanced solar assisted dryingsystems. **Renewable Energy**, 31:703–9.

Raanan, Z. and Cohen, D. 1980. Production of the fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii,* in Israel. **Aquaculture** , 34:47-58.

Sarkar, B. and Tiwari, G.N. 2006. Thermal modeling and parametric studies of a greenhouse fish pond in the central Himalayan region. **Energy Conversion and Management**, 47:3174–3184.

Singh, S. and Marsh, L.S. 1996. Modeling thermal environment of a recirculating aquaculture facility . **Aquaculture,** 139:11-18.

Shcherbina, M. A. and Kazlauskene, O. P. 1971. Water temperature and digestibility of nutrient substances by carp. **Hydrobiologia,** 9: 40-44.

Sumpter, J.P. 1992. Control of growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture,** 100 : 299–320

Swinger, H.S. 1969 . **Methods of Analysis for Waters, Organic Matter, and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research.** Auburn. Ala: University in Auburn. Ala. 119p.

Zhu, S., Detour, J. and Wang S. 1998. Modeling the thermal characteristics of greenhouse pond systems. **Aquacult**, 18: 201-217.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

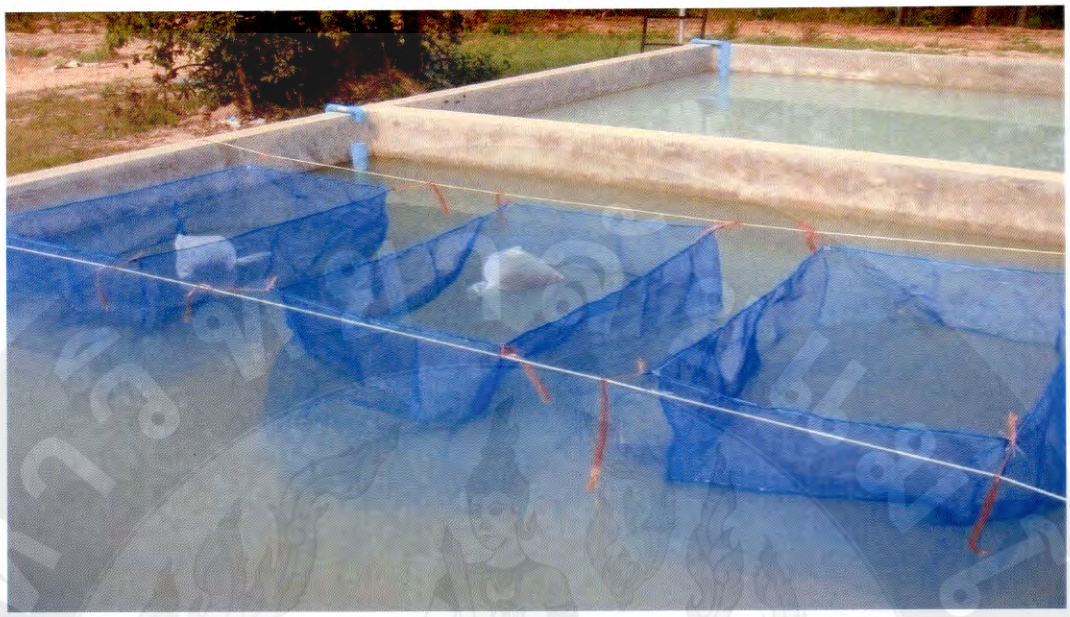
บ่อทดลองและขั้นตอนต่างๆในการทดลอง

ภาพผนวก 1 สถานที่ใช้ในการทดลอง

ภาพผนวก 2 ชุดการทดลองที่ 1 (T1) บ่อดินปูพลาสติก

ภาพผนวก 3 ชุดการทดลองที่ 2 (T2) บ่อซีเมนต์

ภาพผนวก 4 ชุดการทดลองที่ 3 (T3) บ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก

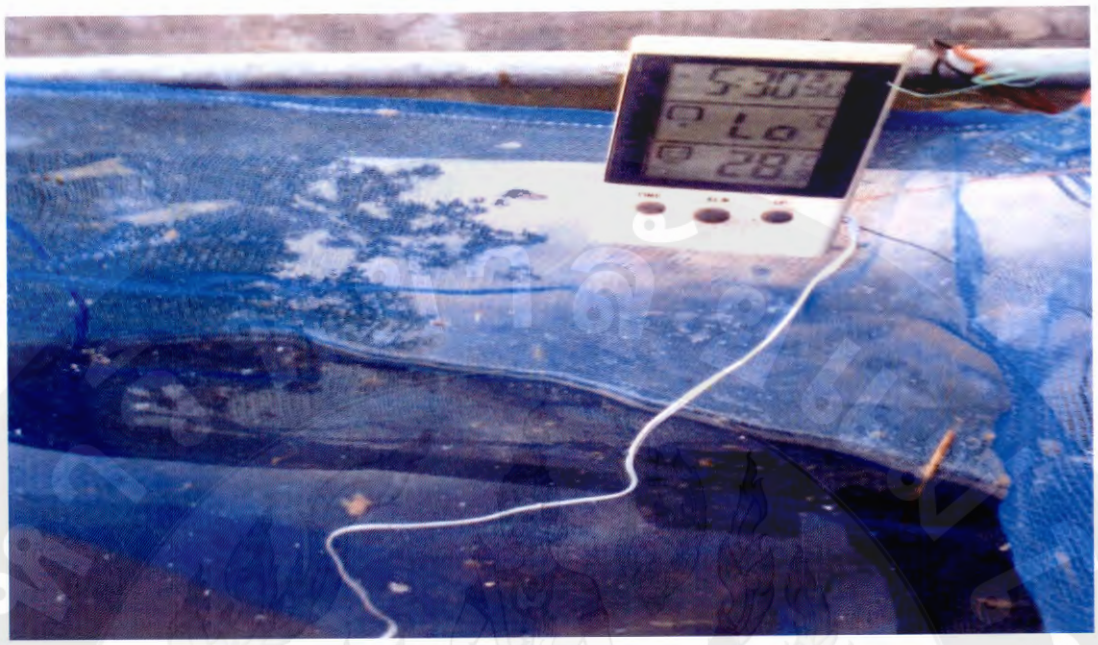


ภาพผนวก 5 การวางกระชังในบ่อในแต่ละชุดการทดลอง

ภาพผนวก 6 การปล่อยลูกปลูกปลาตุกรัสเซีย

ภาพผนวก 7 การสุ่มชั่งน้ำหนักขณะดำเนินการทดลอง

ภาพผนวก 8 การวัดความยาวขณะดำเนินการทดลอง



ภาพผนวก 9 การเก็บอุณหภูมิในรอบวันขณะดำเนินการทดลอง

ภาพผนวก 10 การถ่ายน้ำขณะดำเนินการ

ภาพผนวก 11 เปรียบเทียบขนาดของปลาดุกรัสเซียในบ่อเลี้ยงที่ต่างกัน

ภาพผนวก 12 ขนาดปลาที่จับขายในบ่อซีเมนต์ในโรงเรือนพลาสติก

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen)

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia nitrogen)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในแหล่งน้ำเกิดขึ้นจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น โปรตีนและจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ แอมโมเนียในแหล่งน้ำ ปรากฏอยู่ 2 รูปแบบคือ NH_3 และ NH_4^+ จะเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิของแหล่งน้ำ แอมโมเนียในรูป NH_3ในปริมาณที่เข้มข้นจะเกิดโทษต่อสัตว์น้ำหลายอย่าง เช่น การระคายเคืองของเหงือก การหายใจ การขับถ่ายของเสีย ความเป็นกรด-ด่าง ในเลือดสูง รบกวนกระบวนการบางอย่างของเอนไซม์บางตัว เป็นต้น ระดับความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพแวดล้อมอื่นๆประกอบด้วย

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต

สารเคมี

1. Oxidizing solution

เตรียมสาร โซเดียมโปคลอไรด์ (5%) หรือ ใช้น้ำยาฟอกสี เช่น ไฮเดอร์, คลอรอกซ์ ที่มีคลอรีน ประมาณ 5% จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.0 ด้วยกรดเกลือ (HCL) สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกอาทิตย์

2. Rochelle salt solution

ละลายสาร Rochelle salt ($KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) จำนวน 50 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรแล้วต้ม 30 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วเติม Manganoussulphatr ($MnSO_4$) 50 มก. เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

3. Phenate solution

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2.5 กรัม และฟีนอล (Phenol) 10 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ให้เก็บไว้ในตู้เย็น (ควรเตรียมใหม่ทุกอาทิตย์)

4. Standard ammonium chloride solution

ชั่ง NH_4Cl อบแห้ง 3.819 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียให้ได้ปริมาตร 1,00 0 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร จากนั้นดูดสารละลายมาจำนวน 5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่ความเข้มข้น 10 มก./ลิตร จากนั้นดูดสารละลาย 15 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.3 มก./ลิตร ใช้เป็น Standard ammonium chloride solution

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง Syringe Filters จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง (test tube)

2. ขณะที่เขย่าน้ำตัวอย่างใน หลอดทดลอง (test tube) เติมสารละลายเหล่านี้ลงในน้ำตัวอย่าง

- Rochelle salt solution 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- Oxidizing solution 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- Phenate solution 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้สารละลายทำปฏิกิริยาเต็มที่

4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 630 นาโนเมตร (nm)

พร้อม Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น และเตรียม Standard solution โดยใช้ Standard Ammonium chloride (0.3 มก./ลิตร) อย่างละ 5 มิลลิลิตร แทนน้ำตัวอย่างและเติมสารละลายในข้อ 2

5. คำนวณค่าความเข้มข้นแอมโมเนียโดยเปรียบเทียบกับสารละลายแอมโมเนียมาตรฐาน ดังนี้ คำนวณปริมาณ Total ammonia nitrogen ด้วยสมาการ

$$C1 = A1 \qquad \text{หรือ } C2 = \frac{C1xA2}{A1}$$

$$C2 = A2$$

C1 = ความเข้มข้นของ Total ammonia nitrogen ใน Standard solution (0.3)

C2 = ความเข้มข้นของ Total ammonia nitrogen ใน Sample

A1 = ค่า Absorbance ของ Standard solution

A2 = ค่า Absorbance ของ Sample

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-nitrogen)

การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen)

ไนไตรท์-ไนโตรเจน เป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง โดยเกิดกึ่งกลางระหว่างการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียเป็นไนเตรท (Nitrification) และไนเตรตเปลี่ยนกลับเป็นแอมโมเนีย (Denitrification) ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนเพียงพอไนไตรท์จะออกซิไดส์ (Oxidation) ไปเป็นไนเตรต ได้รวดเร็ว แต่ถ้าน้ำขาดออกซิเจนพวกจุลินทรีย์จะรีดิวซ์ (Reduced) ไนเตรตไปเป็นไนไตรท์ ทำให้ฮีโมโกบินในเลือดปลามีประสิทธิภาพรับออกซิเจนน้อยลง ความเป็นพิษของไนไตรท์-ไนโตรเจน ต่อปลาและสัตว์น้ำจะแตกต่างกันไปตามชนิดของปลาและสัตว์น้ำ แต่มักเกิดในปริมาณต่ำ

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต

สารเคมี

1. Diazotizing Reagent

ชั่งสาร Sulfanilamide 5 กรัม ละลายในสารละลายกรดเกลือ โดยใช้กรดเกลือ (HCL) เข้มข้นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตรแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. Coupling Reagent

ชั่ง N-(1-napthyl)-ethylenediamine-dihydrochloride 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เตรียมสารละลายใหม่ทุกเดือนหรือเมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. Standard Nitrite Solution

เตรียมสารละลาย Standard nitrite ($NaNO_2$) 0.4925 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร(ได้สารละลายความเข้มข้น 100 มิลลิลิตร NO_2-N) ดูดสารละลาย Standard Nitrite

Solution (ความเข้มข้น 100 มิลลิลิตร NO_2-N) จำนวน 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (ได้สารละลายความเข้มข้น 1.0 มิลลิลิตร NO_2-N) ใช้สารละลาย NO_2-N ที่มีความเข้มข้น 1.0 มิลลิลิตรเป็น Standard Solution เจือจางสารละลาย (ตารางผนวก 2)

ตารางผนวก 1 ระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรท์-ไนโตรเจน

ปริมาตร NO_2-N ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร	ความเข้มข้นสารละลาย NO_2-N (มก./ลิตร)	ค่า Abs ของสารละลาย NO_2-N ที่วัดได้ (มก./ลิตร)
0.00	0.00	
1.00	0.01	
2.00	0.02	
4.00	0.04	
6.00	0.06	
8.00	0.08	
10.00	0.10	
15.00	0.15	
20.00	0.20	

ปริมาตร NO_2-N ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ต้องทำการดูดด้วย Volumetric pipet ลงใน Volumetric flask จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์สารละลายโดยวิธีการวิเคราะห์ไนไตรท์ แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน (เลือกกราฟแบบ XY กระจาย) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น NO_2-N (แกน X) กับค่าการดูดซับแสง (แกน Y) โดยนำเข้าสมการ Regression ลงในโปรแกรม Excel

วิธีการ

1. ตวงน้ำตัวอย่างที่กรองด้วยกระดาษกรอง 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง (test tube)

2. เติมสารละลาย Diazotizing Reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. เติมสารละลาย Coupling Reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที

4. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร (nm) พร้อม Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น และเตรียม Standard solution โดยใช้ Standard Ammonium chloride ที่เจือจาง แทนน้ำตัวอย่างและเติมสารละลายในข้อ 2 และ3

5. คำนวณค่าความเข้มข้น nitrite nitrogen (NO_2-N) จากกราฟมาตรฐานที่ได้

6. แปลงค่าความเข้มข้น nitrite nitrogen (NO_2-N) ให้เป็น Nitrite (มก./ลิตร)

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen)

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (Nitrate nitrogen)

ไนเตรท – ไนโตรเจน เป็นสารประกอบของไนโตรเจนที่พบมากที่สุดในลำธาร ทะเลสาบ ซึ่งจะพบในปริมาณมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะ และวิธีการใช้ที่ดินในทางการเกษตร เนื่องจากไนเตรทเป็นสารประกอบที่สามารถถูกชะล้างได้ง่าย เมื่อมีการไหลผ่านของน้ำบนพื้นดิน ดังนั้น ปริมาณไนเตรทจะลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น เมื่อมีการพังทลายของดินมาก ปริมาณของไนเตรท สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ โดยปกติจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อย เมื่อเทียบกับไนไตรท์และแอมโมเนีย นอกจากนี้ไนเตรทยังมีประโยชน์ต่อพืชในการดูดซึมไปใช้ในขบวนการสร้างโปรตีนอีกด้วย ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ จะทำการวิเคราะห์โดยวิธีการเทียบสีกับสารประกอบมาตรฐานที่เตรียมขึ้นจากนั้นนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทต้องใช้หลักการ Reduce ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ ก่อน โดยการผ่านน้ำตัวอย่างไปลงในคอลัมน์ที่บรรจุแคดเมี่ยมเคลือบด้วยทองแดง จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยวิธีการเดียวกับการหาปริมาณไนไตรท์

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต
4. คอลัมน์ (Reduction Column)

สารเคมี

1. Diazotizing Reagent

ชั่งสาร Sulfanilamide 5 กรัม ละลายในสารละลายกรดเกลือ โดยใช้กรดเกลือ (HCl) เข้มข้นปริมาตร 50 ml. ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. Coupling Reagent

ชั่งสาร N – (1 - napthyl) – ethylenediamine – dihydrochloride 0.500 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา เตรียมสารละลายใหม่ทุกเดือนหรือเมื่อสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น)

ชั่งสารละลาย NH_4Cl 125กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

4. NH_4Cl – EDTA Solution (เจือจาง)

ดูดสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้เป็น 2,000 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Disodium EthyenediamineTetracetate จำนวน 0.3 กรัม ทำการปรับ pHให้ได้ 7.5 (โดยเติมสารละลาย NaOH)

5. Stock Nitrate Solution (เข้มข้น)

ชั่งสารละลาย KNO_3 ที่ผ่านการอบแห้ง 0.7218 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

6. Standard Nitrate Solution

ดูดสารละลาย Stock Nitrate Solution (เข้มข้น) ในข้อ 5 ด้วย volumetric pipette จำนวน 50 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร

7. Copper sulfate 2%

ชั่งสารละลาย Copper sulfate จำนวน 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

8. กรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 6 N

9. ผง Cadmium

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมแคดเมียม (Cadmium)

นำผง Cadmium ประมาณ 25 กรัม แช่ในกรด HCl (กรดเกลือ) เข้มข้น 6 N กวนด้วยแท่งแก้วจนสะอาด (ประมาณ 5 นาที) เทกรดทิ้งและล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งจนหมดกลิ่นกรด จากนั้นนำสารละลาย Copper sulfate 2% ประมาณ 200 มิลลิลิตร เทลงไป กวนด้วยแท่งแก้วนาน ประมาณ 5 นาที หรือจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป สะเก็ดสารละลายให้แห้ง แล้วเติม Copper sulfate 2% ของใหม่ลงไป กวนด้วยแท่งแก้วเหมือนเดิม ทำตามขั้นตอนหลายๆครั้ง จนเกิดผลึกสีน้ำตาลเกิดขึ้น จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งไม่มีผลึกสีน้ำตาลติดอยู่

2. การเตรียมคอลัมน์แคดเมียม (Cadmium Column)

เติมน้ำกลั่นลงในคอลัมน์เปล่า จากนั้นตักแคดเมียมที่เตรียมไว้ลงในคอลัมน์ให้ได้ความสูงประมาณ 18.5 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำให้ท่วมแคดเมียม ทำการล้างแคดเมียม โดยใช้สารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เจือจาง) จำนวน 200 มิลลิลิตร ผ่านคอลัมน์ลงอย่างช้าๆ และให้เตรียมสารละลาย Standard Nitrate Solution จำนวน 100 มิลลิลิตร กับสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทสารละลายลงในคอลัมน์ให้ไหลในอัตรา 7 – 10 มิลลิลิตรต่อนาที

3. การเตรียมน้ำตัวอย่างและการผ่านลงในคอลัมน์

ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง จำนวน 100 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7 -10 มิลลิลิตรต่อนาที (ใช้เวลาประมาณ 10 – 15 นาที) ทิ้งไว้ 25 มิลลิลิตร แรกทิ้งและเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

4. การสร้างสีและการวัดค่า Abs (การวิเคราะห์ค่าไนเตรท)

ดูดสารละลายหลังจากผ่านคอลัมน์ จำนวน 50 มิลลิลิตร โดยผ่านคอลัมน์ต้องไม่เกิน 15 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที แล้วเติมสารละลาย Coupling Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10

นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าดูดซับแสง (Abs) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร (nm)

5. การหา Recovery factor

โดยการดูดสารละลาย Standard Nitrate Solution (0.1 มก./ลิตร) จำนวน 100 มิลลิลิตร มาผสมกับ สารละลาย NH_4Cl – EDTA Solution (เข้มข้น) จำนวน 2 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในคอลัมน์ ปล่อยให้ไหลผ่านในอัตรา 7-10 มิลลิลิตรต่อนาที ทิ้งน้ำ 25 มิลลิลิตรแรกและเก็บปริมาตรที่เหลือไว้

ดูดสารละลายที่เก็บไว้ 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-4 นาที แล้วเติมสารละลาย Diazotizing Reagent จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาทีแต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าดูดซับแสง (Abs) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 543 นาโนเมตร (nm)

หาค่า F (Recovery factor) =(0.1มิลลิลิตร/ลิตร) ของ Nitrite nitrogen x 100)/ (ความเข้มข้นของ Nitrite nitrogen)

คำนวณหาค่าความเข้มข้น Nitrate nitrogen ดังนี้

$$\text{Nitrate nitrogen (mg/l)} = \{(A-B) \times F\} / 100$$

โดยที่ A = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ที่ผ่าน Column

B = ความเข้มข้นของไนไตรท์ ที่ไม่ผ่าน Column

F = Recovery factor

ทำการแปลงค่า Nitrate nitrogen ให้เป็น Nitrate (มก./ลิตร) โดยคูณด้วย 4.43

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟต(Ortho-phosphate)

การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟต

ออร์โธฟอสเฟต เป็นธาตุอาหารที่สำคันอย่างหนึ่งต่อสิ่งที่มีชีวิตในแหล่งน้ำ โดยปกติแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะพบธาตุนี้ในปริมาณน้อย ซึ่งนับเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลผลิตทางชีวภาพ ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ในแง่ของธาตุอาหารธรรมชาติ ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำพบได้หลายรูปแบบ ทั้งในรูปของสารละลายและสารแขวนลอยในรูปของสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ แต่ในที่สุดทุกรูปแบบจะสลายตัวไปอยู่ในรูปแบบอื่น ๆ ต้องทำการย่อยให้สลายตัวอยู่ในรูปของ Orthophosphate ก่อนทำการวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์แบบ Stannous Chloride

อุปกรณ์

1. Spectrophotometer และ Cuvette
2. กระดาษกรอง
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ขวดรูปชมพู่ ปิเปต

สารเคมี

1. Ammonia molybdate solution

เตรียมสารละลาย Ammonia molybdate $(NH_4)_6MO_7.4H_2O$ จำนวน 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 35 มิลลิลิตร นำสารละลายดังกล่าว เติมลงในสารละลายกรด H_2SO_4 (ละลายกรด H_2SO_4 56 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร) แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 200 มิลลิลิตร

2. Stannous chloride solution

เตรียมสารละลาย Stannous chloride ($SnCl_2.2H_2O$) จำนวน 2.5 กรัมละลายใน Glycerol ในปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้อ่างน้ำร้อน (water bath) ในการทำละลาย

3. Stannous phosphate solution

เตรียมสารละลาย KH_2PO_4 จำนวน 0.2195 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (ได้สารละลายเข้มข้น 50 มก./ลิตร PO_4-P) ดูดสารละลาย Stannous phosphate solution ที่ด้าม

จำนวน 50 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร (ได้สารละลายเข้มข้น 5 มก./ลิตร PO_4-P) เพื่อใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน ดั่งนี้

ตารางผนวก 2 ระดับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานออร์โธฟอสเฟต

ปริมาตร PO_4-P ความเข้มข้น 5.0 มก./ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นสารละลาย PO_4-P (มก./ลิตร)	ค่า Abs ของสารละลาย PO_4-P ที่วัดได้ (มิลลิลิดร/ลิตร)
0.00	0.00	
0.50	0.025	
1.00	0.050	
2.00	0.100	
5.00	0.250	
10.00	0.500	
15.00	0.750	

ปริมาตร PO_4-P ความเข้มข้น 5.0 มก./ลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ต้องทำการดูดด้วย Volumetric pipe ลงใน Volumetric flask จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์สารละลายโดยวิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสแล้วสร้างกราฟมาตรฐาน (เลือกกราฟแบบ XY กระจาย) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น PO_4-P (แกนX) กับค่าการดูดซับแสง (แกนY) โดยนำเข้าสมการ Regression ลงในโปรแกรม Excel

วิธีการ

1. ดูดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง 25 มิลลิลิตร ลงใน บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลาย Ammonia molybdate Solution จำนวน 1 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน และเติมสารละลาย Stannous chloride solution 5 หยด เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 12 นาที

3. นำไปวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่คลื่น 690 นาโนเมตร พร้อมกับ Reagent blank โดยใช้น้ำกลั่น แทนตัวอย่างน้ำและเติมสารละลายในข้อ 2.

4. คำนวณค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัส (Phosphorus) จากกราฟมาตรฐาน

5. ทำการแปลงค่า PO_4-P ให้เป็น PO_4 (มก./ลิตร) โดยคูณด้วย 3.0

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a)

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll -a)

การวัดความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ ทำได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและมวลชีวภาพของสาหร่าย (Algae biomes) มีปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการสร้างคือ สารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟอสฟอรัส โดยปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ของแพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งบอกถึงผลผลิตเบื้องต้น (Primary productivity) ของแหล่งน้ำ ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์-เอจะขึ้นกับปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ฯลฯ

อุปกรณ์

1. เครื่องกรองตัวอย่างน้ำพร้อมอุปกรณ์
2. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)
3. Spectrophotometer และ Cuvette
4. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

สารเคมี

1. Methanol 90%

ตวงน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask แล้วเติม methanol ลงไปปรับปริมาณให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ควรเก็บไว้ในขวดสีชา

วิธีการ

1. กรองน้ำตัวอย่างประมาณ 50-100 มิลลิลิตร (ขึ้นอยู่กับความเข้มของคลอโรฟิลล์เอ โดยสังเกตจากสีของน้ำ) ด้วยเครื่องกรองน้ำ (Vacuum pump) โดยใช้กระดาษกรองแบบ GF/C หรือแบบ Membrane

2. ใส่ Methanol 90% ในหลอด 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำกระดาษที่กรองในข้อ 1. ใส่ลงไปในหลอดที่เตรียมไว้ ห่อด้วยกระดาษฟอยด์ นำไปต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3. จากนั้นนำเอามาปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงโดยใช้ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที

เพื่อให้สารละลายตกตะกอน นำสารที่ตกตะกอนแล้วไปทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อน ระมัดระวังอย่าให้หลอดกระทบกระเทือน

4. นำสารไปวัดค่าการดูดซับคลื่นแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 750, 665, 645 และ 630 นาโนเมตร

5. การคำนวณ

คลอโรฟิลล์-เอ (ไมโครกรัม/ลิตร) = (11.6 D665 – 1.31 D645 – 0.14 D630) x F

F = (ปริมาณรวมของสารที่สกัด (มิลลิลิตร)/ปริมาณน้ำตัวอย่าง (ลิตร) x 1/ความกว้าง Cuvette (ซม.)

D665 = ค่าดูดซับแสงที่ช่วงคลื่น 665 nm – ค่าดูดซับแสงที่ช่วงคลื่น 750 nm

D645 = ค่าดูดซับแสงที่ช่วงคลื่น 645 nm – ค่าดูดซับแสงที่ช่วงคลื่น 750 nm

D630 = ค่าดูดซับแสงที่ช่วงคลื่น 630 nm – ค่าดูดซับแสงที่ช่วงคลื่น 750 nm

ภาคผนวก ช

การตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (Total Suspended Solids)

การตรวดวัดค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ (Total suspended Solids)

อุปกรณ์

1. กระบอกตวง
2. เครื่องกรองตัวอย่างน้ำ พร้อมอุปกรณ์ (Vacuum pump)

วิธีการทดลอง

1. นำกระดาษกรอง GF/C ไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง วางบนอลูมิเนียมฟอยล์
3. กรองน้ำตัวอย่างปริมาตร 400 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องกรองน้ำ
4. นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วทำให้เย็นใช้โถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองคำนวณหาปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด

หาปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended Solids) คำนวณโดยสมการดังนี้

ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร) = (A-B) x1000/C

เมื่อ A = น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็ง

B = น้ำหนักกระดาษกรองอย่างเดียว

C = ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง

ภาคผนวก ช

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายวิรวุฒิ แต้มประสิทธิ์

เกิดเมื่อ 20 มิถุนายน 2526

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2547 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาเกษตรและเทคโนโลยี วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีตรัง

พ.ศ. 2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (วิทยาเขตพิษณุโลก)