

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การเติบโตและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ระดับ
ความหนาแน่นต่างกัน
Evaluation of Water Quality and Growth Performance of Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus*) Cultured in Closed Recirculation System at Difference
Stocking Densities

ชื่อนักศึกษา นายต่อศักดิ์ เต็มวงศ์ รหัส 40044275
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นงนุช เลหาะวิสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....*kmj kmv*.....
(อาจารย์นงนุช เลหาะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....*kmj kmv*.....
(อาจารย์นงนุช เลหาะวิสุทธิ)

รักษาการหัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 31 เดือน.....พ.ค.....พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ
เรื่อง

การเติบโตและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลใน
ระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน
Evaluation of Water Quality and Growth Performance of
Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultured in Closed
Recirculation System at Difference Stocking Densities

โดย
นายต่อศักดิ์ เชื้อวงศ์ รหัส 40044275



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Fisheries Science
Faculty of Agriculture Technology

ป.พ.
๓ ๒๓๗ ก
๒๕๔๔

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... ๒๑๕๐๐
วันเดือนปี..... ๒๕๔๔

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Chaokuntakam Lardkrabang
Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเติบโตและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน

Evaluation of Water Quality and Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultured in Closed Recirculation System at Difference Stocking Densities

การศึกษาการเติบโตของปลานิล (Nile Tilapia) ในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ระดับความหนาแน่นต่างกันคือ ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร 200 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และ 300 ตัว/ลูกบาศก์เมตร เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเติบโต อัตราการรอดตายและคุณภาพน้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completery Randomized Design) ทำการทดลองเป็นเวลา 14 สัปดาห์ พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีการเติบโตดีที่สุด มีน้ำหนักเฉลี่ย 108.86 ± 12.48 กรัม รองลงมาได้แก่ที่ระดับความหนาแน่น 200 ลูกบาศก์เมตร และ 300 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 102.05 ± 8.42 กรัม และ 75.04 ± 1.39 กรัม ตามลำดับ อัตราการรอดตายพบว่าที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดคือ 86.27 ± 5.19 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ที่ระดับความหนาแน่น 200 ตัว/ลูกบาศก์เมตร และ 300 ตัว/ลูกบาศก์เมตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 76.47 ± 2.94 เปอร์เซ็นต์ และ 73.86 ± 1.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คุณภาพน้ำ พบว่า อุณหภูมิ, ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนโตรเจน มีการเปลี่ยนแปลงสูงในระหว่างการทดลอง โดยเฉพาะ ชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัว/ลูกบาศก์เมตร ส่วนความนำไฟฟ้า, ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ และปริมาณออร์โธฟอสเฟต มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยาม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และ อาจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษ ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ปัญหาต่างๆ ตลอดจนการทดลอง พร้อมทั้งแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง จนปัญหาพิเศษเล่มนี้เสร็จ อย่างสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณพี่ป๊อผา จงพัฒน์, พี่นิพนธ์ จิตตำนาน, พี่สัญญา, พี่แสง และพี่ มณฑา ซึ่งคอยให้คำแนะนำช่วยเหลือและเตรียมงานทดลอง

สุดท้ายขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งให้ทั้งแรงกายแรง กำลังใจและกำลังทรัพย์ ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดงานทดลอง ที่ขาดไม่ได้ก็คือ นายต่อศักดิ์ ที่อดทนทำทุกอย่างตลอดเวลา 4 เดือน ขอบคุณจริง ๆ

ต่อศักดิ์ เชื้อวงศ์
พฤษภาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	11
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	16
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1	17
4.2	18
ตารางผนวกที่	หน้า
1	35
2	35
3	36
4	37
5	38
6	39
7	40
8	41
9	42
10	43
11	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แผนผังของระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ใช้ทดลองเลี้ยงปลานิล	13
3.2 ระดับน้ำในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ใช้ทดลองเลี้ยงปลานิล	13
4.6 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลานิลที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน	17
4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน	20
4.3 ความนำไฟฟ้าในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน	20
4.4 ปริมาณของแข็งเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน	21
4.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน	21
4.6 ความเป็นต่างเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน	22
4.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน	22
4.8 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน	24
4.9 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน	24
4.10 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน	25

บทที่ 1 บทนำ

การเลี้ยงปลานิลเป็นอาชีพที่ดีที่สามารถสร้างรายได้ที่มั่นคงให้กับเกษตรกร เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายโตไวเหมาะกับการเลี้ยงปลาในเขตร้อน และมีรสชาติดีจึงทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด ในปัจจุบันรูปแบบการเลี้ยงปลานิลมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น และได้พัฒนารูปแบบใหม่ ๆ ขึ้นมาเพื่อปรับปรุงการเลี้ยงปลาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม, การประหยัดต้นทุนและแรงงาน ซึ่งการเลี้ยงในรูปแบบทั่วไปจะเป็นการเลี้ยงในระบบเปิดมีการปล่อยน้ำทิ้งลงแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากในน้ำทิ้งมีสารประกอบไนโตรเจนผสมอยู่เป็นส่วนใหญ่ สารประกอบไนโตรเจนนี้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และ ไนเตรท ซึ่งบางรูปจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำหากมีในปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แนวทางที่เป็นไปได้คือ การปรับเปลี่ยนระบบการเลี้ยงจากระบบเปิดมาสู่ระบบปิด (Closed system) พร้อมกับมีการบำบัดน้ำแล้วกรองมาใช้ใหม่ ซึ่งจะไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าน้ำ และป้องกันการติดเชื้อโรคที่จะแพร่มาที่น้ำ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงในระบบปิดนี้ยังมีการพัฒนาในวงแคบ ดังนั้นต้องมีการศึกษาหารูปแบบการบำบัดน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย เพื่อพัฒนาการเลี้ยงปลาให้ได้มาตรฐานสิ่งแวดล้อม (ISO 14000)

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบการเติบโตของปลานิลเพศผู้ ที่เลี้ยงในระบบปิดหมุนเวียนน้ำในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน
- 1.1.2 เพื่อศึกษาอัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อ ของปลานิลที่เลี้ยงในระบบปิดหมุนเวียนน้ำในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน
- 1.1.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ ในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน
- 1.1.4 เพื่อศึกษาระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิล

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

2.1 ระบบปิด

ในปัจจุบันธุรกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้มีการพัฒนาและก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เกษตรกรส่วนใหญ่ต่างพยายามคิดค้นหาเทคนิค วิธีการที่เหมาะสมและทันสมัยมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงโดยมีเป้าหมายหลักเพื่อต้องการเพิ่มผลผลิตให้ได้ในปริมาณมากที่สุด แนวทางหนึ่งที่ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายนั้นคือการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะเลี้ยงจากแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive system) มาเป็นการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive system) ซึ่งต้องใช้วิธีการที่ทันสมัย ใช้ความรู้ตามหลักวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตลอดจนการบริหารจัดการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการเนื้องานซึ่งการเลี้ยงแบบพัฒนาในยุคแรกๆ เป็นการเลี้ยงในระบบเปิด (Opened system) ทั้งนี้เพราะจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อย 2-3 วันต่อครั้ง ทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วเกษตรกรจึงจำเป็นต้องมีการปรับวิธีการเลี้ยงใหม่เข้าสู่ระบบปิด (Closed system)

ระบบปิด คือ ระบบที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกตลอดระยะเวลาการเลี้ยง หรือ มีการเปลี่ยนถ่ายออกบ้างแต่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งหมดแล้วมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ (ทิพากร แฉ้วสกุล, 2539) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อไม่ต้องการนำน้ำจากภายนอกเข้าสู่บ่อเลี้ยงเพื่อป้องกันโรคและเป็นการง่ายต่อการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา

อ้าง อมรสกุล (2528) กล่าวว่า การเลี้ยงปลาตู้กักกันในระบบหมุนเวียน จะสามารถปล่อยลูกปลาเลี้ยงได้ที่ความหนาแน่นสูงถึง 300 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าที่ กรรณิการ์ กาญจนชาติรี (2538) แนะนำให้เลี้ยงคือที่ความหนาแน่น 200 ตัวต่อตารางเมตร

อนันต์ ต้นสุตะพานิช และคณะ (2540) พบว่าการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระยะบ่อเลี้ยงจนถึงระยะโพสลาวาในระบบปิด ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงถึง 82 เปอร์เซ็นต์

2.2 ปลานิล

ปลานิล เป็นปลาน้ำจืดที่จัดอยู่ใน

Phylum Vertebrata

Class Osteichthyes

Order Perciformes

Family Cichlidae

Genus Oreochromis

Species niloticus

(มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และคณะ, 2536)

ปลานิลเป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา รูปร่างของปลานิลคล้ายปลานมทะเล คือ มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาลและมีลายพาดขวาง 9-10 แถบ ครีบก้น ครีบท้องและครีบทวารมีจุดสีขาวและเส้นสีดำตัดขวาง

อาหารและนิสัยการกินอาหาร ปลานิลเป็นปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omniveres) เช่น สาหร่ายแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ แพลงก์ตอนพืช ได้แก่ *Euglena* sp. *Phacus* sp. *Closterium* sp. *Oscillatoria* sp. และ Diatom แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ ไรแดง *Daphia* *Cyclop* และ *Nauplius* นอกจากนี้ปลานิลยังกินตะไคร่น้ำ และของเสียที่เน่าเปื่อยต่างๆ เป็นอาหารอีกด้วย (มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และคณะ, 2536) ปลานิลยังเป็นปลาที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี จากลักษณะที่กินอาหารได้แทบทุกชนิดและมีความทนทานสูงนี้เอง เกษตรกรจึงเล็งเห็นความสำคัญในการนำปลานิลมาใช้เป็นตัวบำบัดทางชีวภาพในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบัน

2.3 คุณสมบัติน้ำ

2.3.1 อุณหภูมิ(Temperature)

อุณหภูมิของน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น กิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิต เช่น การหายใจ, การเดินของหัวใจ, การกินและการย่อยอาหารก็สูงขึ้น กล่าวคืออัตราของขบวนการเมตาโบลิซึม (metabolic rate) ของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส และลดลงในทำนองเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ไม่ควรเกิน 3 องศาเซลเซียส (ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ, 2539) จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น (poikilotherms) ไม่สามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่เหมือนสัตว์เลือดอุ่น (homeotherms) โดยปกติอุณหภูมิภายในตัวปลาจะแตกต่างจากอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 0.15 – 1.00 องศาเซลเซียส ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรวรรณ สมสิริ (2528) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็วทำให้เกิดอันตรายโดยตรงต่อสัตว์น้ำได้ เช่น ทำให้ระบบการควบคุมขั้บถายน้ำและของเสียในร่างกาย (osmoregulatory system) ผิดปกติไป ส่งผลให้ร่างกายอ่อนแอและตายได้สอดคล้องกับ กรรณิการ์ กาญจนชาติ (2538) ซึ่งกล่าวว่า อุณหภูมิที่ทำให้ปลาช็อคและตายได้ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันต่างกัน 5 องศาเซลเซียส Dickerson and Vinyard (1999a) กล่าวว่าผลของอุณหภูมิที่จะทำให้ปลา Lahontan Cutthroat Trout (*Oncorhynchus clarki*) ตายทั้งหมด คือที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ภายใน 7 วัน ที่อุณหภูมิ 24 – 26 องศาเซลเซียส ปลาสามารถทนได้แต่ไม่มีการเจริญเติบโต สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 13 – 20 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อขนาด และความสมบูรณ์ของเพศเมียใน Blue Carbs พบว่าที่ความเค็มเท่ากับความสมบูรณ์เพศ 50 เปอร์เซ็นต์ ความกว้างของกระดูกจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Fisher, 1999) นิเวศน์ เรืองพานิช และเจนจิตต์ คงกำเนิด (2535) รายงานว่าการเพิ่มอุณหภูมิที่อนุบาลลูกปลากะพงขาวให้สูงขึ้น ทำให้ลูกปลากินอาหารได้มากขึ้นการเจริญเติบโตเป็นไปอย่างรวดเร็วและแข็งแรง นอกจากนี้ที่พากร จุลนั้บพะ (2539) กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการฟักและการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวอยู่ในช่วง 27 – 30 องศาเซลเซียสสำหรับการเลี้ยงปลาตู้กบิกขุย อุณหภูมิที่เหมาะสมคือช่วง 28 – 30 องศาเซลเซียส การศึกษาของสุรศักดิ์ วงศ์กิตติเวช (2541) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาโรซีบาร์บ อยู่ในช่วง 22 – 28 องศาเซลเซียส การศึกษาถึงกิจกรรมการย่อยสลายของพวกจุลินทรีย์ พุทธ สองแสงจินดา และ ดุสิต ต้นวิไล (2534) พบว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้ดีเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 5 – 35 องศาเซลเซียส และจะเพิ่มเป็นเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส (สถาพร ดิเรกบุษราคัม, 2542) ทั้งนี้ต้องมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอย่างเพียงพอ

2.3.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

ออกซิเจนนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดในการดำรงชีวิต เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในขบวนการต่างๆ ภายในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต สิริ ทุกชีวินาศ (2528) กล่าวว่าความสามารถในการละลายของออกซิเจนนั้นขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำในประเทศไทย ช้างโดยภาณู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์ตันมีณีกุล และคณะ (2539) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งและปลาควรมีค่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าออกซิเจนอยู่ในช่วง 1.0 – 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างต่อเนื่องทำให้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของปลาลดลง และถ้าออกซิเจนมีค่าน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาจะตาย (Boyd, 1982) จากการศึกษาของ ภานุ เทอร์ตันมีณีกุล และคณะ (2539) กล่าวว่าน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ 5.0–7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร Jarbone (1995) กล่าวว่าการบริโภคออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเฉลี่ยของลูกปลา Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ขนาด 1 นิ้ว ที่ให้อาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีค่าอยู่ระหว่าง 148.7–326.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ 16 ชั่วโมงมีค่าระหว่าง 295.8–462.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะมีค่าน้อยที่สุดในตอนเช้ามืด เนื่องจากในเวลากลางคืนบริเวณแหล่งน้ำจะมีการใช้ออกซิเจนในการหายใจ การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อปลาดุกเวลา 07.00 นาฬิกา มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0–3.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (Vijai, 1981 อ้างโดย สุชาติ อิงธรรมจิตร และคณะ, 2543) หากปรากฏว่ามีพีชีน้ำหรือแพลงก์ตอนพืชมากเกินไปจะเกิดการทดแทนออกซิเจนในตอนเช้า คือปลาจะมีอาการ “ปลาลอยหัว” เพื่อขึ้นมาหายใจจากน้ำบริเวณผิวน้ำ ซึ่งสภาวะขาดแคลนออกซิเจนถ้าเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ ทำให้สัตว์น้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ และยังกล่าวอีกว่า ในช่วงเวลาที่ออกซิเจนละลายน้ำลดลง ปริมาณแอมโมเนียและฟอสฟอรัสจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้สัตว์น้ำเครียดมากขึ้น ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงเกิดได้น้อย และออกซิเจนจำนวนมากถูกใช้ไปในปฏิกิริยาการย่อยสลายเศษซากสิ่งมีชีวิตตลอดจนการหายใจของสิ่งมีชีวิต จากการศึกษาของพุทธ สองแสงจินดา และดุสิต ดันวิไลย (2534) พบว่าปริมาณออกซิเจนระดับพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปลากินอาหารลดลง การเจริญเติบโตลดต่ำลงด้วยโดยทั่วไประดับออกซิเจนต่ำสุดที่ทำให้ปลาตายอยู่ในช่วง 0.1–2.4 พีพีเอ็ม ดังนั้นการควบคุมไม่ให้ปลาได้รับอันตรายจึงไม่ควรให้ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 3.0 พีพีเอ็ม

2.3.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ เป็นการวัดปริมาณของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำซึ่งเป็นเครื่องแสดงให้ทราบว่า น้ำนั้นเป็นกรดหรือเป็นด่าง (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ, 2528) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6.5–9.0 ช่วงความเป็นกรดเป็นด่าง 4.0–6.5 สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่จะหยุดการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ ในช่วงความเป็นกรดเป็นด่าง 9.0–11.0 สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าอยู่ต่อเนื่องเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลายาวนาน อาจได้รับอันตรายถึงตายได้และความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4.0 หรือสูงกว่า 11.0 สัตว์น้ำจะตาย ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ทำให้ปลาชอน, ปลาดุกด้านและปลาตะเพียนขาว ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 96 ชั่วโมง มีค่ามากกว่า 9.9 โดยที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง 9.2-10.2 ปลาตะเพียนขาวจะมีอาการตกเลือด เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างมีค่า 10.0 ปลาจะมีอาการ เคลื่อนไหวและตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นช้าลง นอกจากนี้ปลาชอนจะมีอาการเคลื่อนไหวช้าลงมีค่า ความเป็นกรดเป็นด่างตั้งแต่ 9.0 ขึ้นไป เมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มถึงระดับ 10.2-10.5 ปลา ชอนจะมีอาการตกเลือดบริเวณตัวและครีบ เมื่อกและเกล็ดจะหลุด (สุธรรม สิทธิชัยเกษม และ คณะ, 2524) ซึ่งทัศนีย์ ภูมิพัฒน์ (2524) รายงานว่าปลานิลเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเป็นกรด เป็นด่างระหว่าง 6.5-8.5 มีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 10 ที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5-6.5 อัตรา การตายเป็นร้อยละ 70 มีความเป็นกรดเป็นด่าง 4.5-5.5 และตายทั้งหมดที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 3.5-4.5 Lovshin (1978) กล่าวว่า ปลานิลอยู่ได้ดีที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.0-6.0 ที่ระดับต่ำกว่า นี้ปลาจะป่วย เชื่องซึมและเจริญเติบโตได้ไม่ดี ประทักษ์ ตามทิพย์วรรณ(2542) กล่าวว่า ความ เป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำควรอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 โดยที่ค่าความเป็นกรด เป็นด่างที่กุ้งกุลาดำเติบโตได้ดีที่สุดอยู่ระหว่าง 8.0-8.5 กุ้งกุลาดำระยะโพสลาวาอายุ 3-5 วัน จะรอดตายระหว่างความเป็นกรดเป็นด่าง 6.20-8.49 และที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 0.12, 3.26 และ 9.70 กุ้งจะเริ่มตายทันทีหลังจากปล่อยไปแล้วครึ่งชั่วโมง และตายหมดภายในเวลา 4 ชั่วโมง (ศิริ ทักษิณาศ และบุญชู เจริญฤทธิ์, 2526) จากการศึกษาของภาสกร ฤมพลกรัง และยงยุทธ พิศาสัมพะบุตร (2538) พบว่าที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 5.60-6.12 จะเป็นระดับที่ไม่ ปลอดภัยต่อลูกปลากะพงขาวขนาด 3-5 นิ้ว ความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาโร ซีบาร์มีค่า 7.0-7.2 (สุรศักดิ์ วงศ์กิตติเวช, 2541) จากการรายงานของจากรวรรณ สมสิริ และ คณะ (2538) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแหล่งน้ำหนองหารที่วัดได้อยู่ในช่วง 6.00-7.05 นอก จากนี้ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ (2539) กล่าวว่า แหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของ สัตว์น้ำไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่างเกินกว่า 2 หน่วยในรอบวัน

2.3.4 ความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ความนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึง ความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า ตัว การที่เป็นสื่อในการนำกระแสไฟฟ้าในน้ำ คือ อีออน (ion) ของสารประกอบอนินทรีย์ เช่น กรด อนินทรีย์ ต่างและเกลือ (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2538) ดังนั้น ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะมีปริมาณ มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของสารประกอบอนินทรีย์ ซึ่งสารที่สำคัญ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

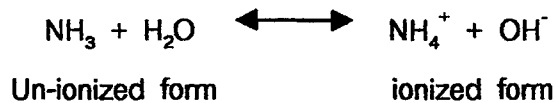
คลอไรด์ (Cl), คาร์บอนเนต (CO_3^{2-}), ซัลเฟต (SO_4^{2-}), ฟอสเฟต (PO_4^{2-}) และไนเตรท (NO_3) การเปลี่ยนแปลงค่าความนำไฟฟ้าในน้ำ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ หากอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนไปจากเดิม 2 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรวรรณ สมศิริ (2528) กล่าวว่า หากในน้ำที่มีกรดแก่ (pH<5) และเบสแก่ (pH>9) จะทำให้ค่าความนำไฟฟ้ามีค่ามากขึ้น

2.3.5 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจากขบวนการเมตาโบลิซึมและของเสียที่ถูกขับถ่ายออกมาจากการกินอาหารพวกโปรตีน ออกมาในรูปของแอมโมเนียลงสู่แหล่งน้ำ การศึกษาการขับถ่ายแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ มีรายงานของ Wagner et al. (1996) กล่าวว่าการศึกษาการขับถ่ายแอมโมเนียของปลา Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) มีความเข้มข้นต่ำที่สุดก่อนการให้อาหารมื้อแรกในรอบวัน ในขณะที่ Cai et al. (1996) พบว่าอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียสามารถให้บ่งชี้ถึงความเพียงพอของระดับโปรตีนที่ประกอบในสูตรอาหารเลี้ยงปลา ผลผลิตแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Ammonia-Nitrogen) ของลูกปลา Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ขนาด 1 นิ้ว ที่ทำการวัดในแต่ละชั่วโมงภายในเวลา 8 ชั่วโมง มีอัตราเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.1-64.4 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม และภายในเวลา 16 ชั่วโมง อัตราเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.9-105.4 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม (Jarboe, 1995) การศึกษาของ Mallekh et al. (1999) รายงานว่าปลาเทอบัท (*Scophthalmus maximus*) สามารถสะสมไนโตรเจนไว้ได้ 35 เปอร์เซ็นต์ ปลาที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม สะสมไนโตรเจนไว้ได้ทั้งหมด 51 กรัม และขับถ่ายออกมาภายนอกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร นอกจากนี้ Kikuchi (1995) ได้ศึกษาพบว่าอัตราการขับถ่ายไนโตรเจนของปลา Japanese flounder ในรุ่น Juvenile (น้ำหนัก 1.6-6.5 กรัม) วัยรุ่น (น้ำหนัก 15.0-56.0 กรัม) และที่ยังไม่โตเต็มที่ (น้ำหนัก 163.0-575.0 กรัม) มีค่าที่แน่นอนในแต่ละรุ่น โดยที่รุ่น Juvenile มีอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียมากที่สุด และมีค่าลดลงตามการเจริญเติบโต นอกจากสิ่งขับถ่ายแอมโมเนีย-ไนโตรเจนบางส่วนยังได้จากการเน่าสลายเศษซากสิ่งมีชีวิต เศษอาหารที่เหลือโดยกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ (2539) กล่าวว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปไอออนไนซ์ (ionized form : NH_4^+) และรูปอัน-ไอออนไนซ์ (un-ionized form : NH_3) ซึ่งอยู่ในสภาวะสมดุลกันดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แอมโมเนียทั้ง 2 รูปสามารถเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าหรือย้อนกลับทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ดังสมการ



กล่าวคือถ้าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำลดลง แอมโมเนียจะแตกตัวมาอยู่ในรูป อัน-ไฮออนไนซ์ ซึ่งเป็นรูปที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำมากที่สุด (ทิพวรรณ แผ้วสกุล, 2530) เพราะแอมโมเนียในรูปอัน-ไฮออนไนซ์ มีความสามารถแพร่กระจายผ่านผนังเซลล์ได้ เนื่องจากสามารถละลายไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ได้ (ช่วยชูศรี ศรีภูมัย และจากรวรรณ สมศิริ, 2525) จากการศึกษาความเป็นพิษของแอมโมเนีย เมื่อมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น แอมโมเนียที่ถูกขับถ่ายจากสัตว์น้ำจะลดลงและระดับของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อต่างๆ จะเพิ่มมากขึ้นและจะมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาที่เร่งโดยเอนไซม์และแอมโมเนียจะไปเพิ่มการใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อทำลายเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการขนส่งออกซิเจน เนื่องจากฮีโมโกลบินสูญเสียความสามารถในการรับออกซิเจน ดังเช่นการศึกษาของ สุจิตรา เขื่อนจิน (2539) พบว่าแอมโมเนียที่ปริมาณ 6.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปลาตะเพียนขาวตายร้อยละ 50 ในเวลา 96 ชั่วโมง ในลักษณะเช่นเดียวกับปลา *Puntius sophore* ที่สัมผัสยูเรียเป็นเวลา 30 วัน จะมีการขับเมือกมากขึ้น จำนวนเม็ดเลือดแดง erythrocyte และ haemoglobin ลดลงและตายในที่สุด นิรนาม (2542 ข.) รายงานว่าระดับแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) 0.10 พีพีเอ็มมีผลลดการเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกราม และในปี 1970 ทำการศึกษาในกุ้ง *Peneaus japonicus* พบว่าความเข้มข้นสูงสุดในรูปแอมโมเนียที่เป็นพิษ ($\text{NH}_3\text{-N}$) 0.10 พีพีเอ็ม ทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งลดลง ปริมาณของอัน-ไฮออนไนซ์แอมโมเนียที่ทำให้กุ้งกุลาดำวัยรุ่นตาย 50 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ 0.77 มิลลิกรัมต่อลิตร (Chen และ Lei, 1990) นอกจากนี้ Allan และ Naguire (1995) รายงานว่า ที่ปริมาณ 31.5-32.6 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้กุ้ง *Metapenaeus macleayi* ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ใช้เวลา 96 ชั่วโมงสำหรับการเลี้ยงกุ้ง ผลผลิตแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Ammonia-Nitrogen) ไม่ควรเกิน 3.0 พีพีเอ็ม ส่วนค่าแอมโมเนียที่เป็นพิษ (un-ionized Ammonia) ไม่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิน 0.1 พีพีเอ็ม ไนเตรต ดวงส์สตี และจากรูวรรณ สมสิริ (2528) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของ อัน-ไฮดรอนไนท์แอมโมเนียที่ไม่เป็นอันตรายต่อปลาไม่ควรเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งโดยทั่วไป ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Ammonia-nitrogen) 0.01-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3.6 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-nitrogen)

ไนไตรท์-ไนโตรเจน เน้นปฏิกิริยาระหว่างกลางที่เกิดขึ้นระหว่างแอมโมเนียกับไนเตรท แบบที่เรียจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรท ดังสมการ



ไนไตรท์โดยปกติจะมีพิษต่อสัตว์น้ำเช่นเดียวกับแอมโมเนีย (ไนเตรต ดวงส์สตี และจากรูวรรณ สมสิริ, 2528) ในแหล่งน้ำธรรมชาติปริมาณไนไตรท์จะมีน้อยมากประมาณ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร (สิริ ทุกขวินาศ, 2528) เว้นแต่ในบ่อที่มีการเลี้ยงกันหนาแน่นและมีการให้อาหารโปรตีนสูง (ไนเตรต ดวงส์สตี และจากรูวรรณ สมสิริ, 2528)

ความเป็นพิษของไนไตรท์-ไนโตรเจนที่มีต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (สุชาติ อิงธรรมจิตร และคณะ, 2534) และในรูปโมเลกุลไม่มีชีวิต (HNO_2) โดยกลไกการซึมเข้าสู่เหงือกและผิวหนังเข้าสู่พลาสมาในสัตว์น้ำ (สิริ ทุกขวินาศ, 2528) แล้วไปออกซิไดซ์ (oxidize) ฮีโมโกลบิน ในเม็ดเลือดให้กลายเป็นเมธฮีโมโกลบิน (methemoglobin : Mhb) ซึ่งเป็นฮีโมโกลบินรูปที่ขาดประสิทธิภาพในการส่งออกซิเจน ทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอและติดเชื้อง่าย ส่งผลให้โตช้าเนื่องจากกินอาหารลดลงและตายในที่สุด (ช่วยชูศรี ศรีภูมิ และจากรูวรรณ สมสิริ, 2525) จากการศึกษาของ สิริ ทุกขวินาศ (2537) รายงานว่า ปริมาณความเป็นพิษของไนไตรท์-ไนโตรเจน ต่อลูกปลากะพงขาว ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่า 928.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการศึกษาของ Konikoff (1975) พบว่าพิษเฉียบพลันของไนไตรท์ที่มีผลต่อปลา Channel catfish ในเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์เป็น 33.8, 28.8, 27.3 และ 24.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำนองเดียวกัน ช่วยชูศรี ศรีภูมิ และจากรูวรรณ สมสิริ (2525) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ทำให้ปลาดุกด้านตาย 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 30.62-41.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน จะมีระดับความเป็นพิษเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออยู่ในภาวะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีปริมาณออกซิเจนต่ำหรือขาดออกซิเจน ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ (2539) กล่าวว่าโดยทั่วไปในแหล่งน้ำปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3.7 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Orthrophosphate)

ฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟต เป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์และพืช ซึ่งจะนำเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตและการสร้างโปรโตพลาสซึม (protoplasm) (สุชาติ อิงธรรมจิตร และคณะ, 2534) โดยทั่วไปฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. สารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphate) ได้แก่สารประกอบฟอสเฟตที่เกิดจากขบวนการทางชีวะ และที่อยู่ร่วมกับสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำ
2. สารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic phosphate) แบ่งได้เป็น
 - 2.1 สารประกอบโพลีฟอสเฟต (polyphosphate)
 - 2.2 สารประกอบออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) ได้แก่สารประกอบพวก PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$ ซึ่งละลายน้ำได้ดี แพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายจะเอาไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต (ยุพา วรรษศ, 2532) ทำให้ปริมาณฟอสเฟตในน้ำลดลงได้ นฤมล ทับทิม (2541) ได้ศึกษาถึงความสามารถในการลดปริมาณไนโตรเจนและสารประกอบฟอสเฟตของสาหร่ายพวงองุ่นและสาหร่ายเกลียวทอง พบว่า สาหร่ายทั้งสองสามารถลดปริมาณออร์โธฟอสเฟตลงได้ถึง 49.85 เปอร์เซ็นต์ และ 75.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทั่วไปฟอสเฟตในแหล่งน้ำควรมีค่าไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 ถังทดลอง

3.1.2 ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร จำนวน 3 ถัง

3.1.3 ถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 150 ลิตร จำนวน 12 ถัง

3.1.4 ถังไฟเบอร์กลาสสี่เหลี่ยมขนาดความจุ 72 ลิตร จำนวน 3 ถัง

3.1.5 ถังพลาสติกขนาดความจุ 35 ลิตร จำนวน 3 ถัง

3.1.6 เครื่องให้อากาศ พร้อมด้วยอุปกรณ์ในการให้อากาศ

3.1.7 ถ่าน และกรวด

3.1.8 กระเบื้องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 7.5 x 7.5 เซนติเมตร จำนวน 30 แผ่น

3.1.9 ท่อน้ำ PVC และอุปกรณ์ท่อประปา

3.1.10 บั๊มน้ำ 3 ตัว

3.1.11 อวน และเชือก

3.1.12 เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด รุ่น HP-2000G

3.1.13 เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างหยาบ ขนาด 7 กิโลกรัม

3.1.14 ไม้บรรทัด

3.1.15 อาหารเม็ดลอยน้ำเล็ก, กลาง และใหญ่ สำหรับปลาดุก

3.1.16 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.1.17 เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.1.18 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) HANA รุ่น HI 8424

3.1.19 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO meter) รุ่น YSI 52

3.1.20 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) Milton Roy รุ่น SPECTRONIC401

3.1.21 ลูกปลานิลเพศผู้ จำนวน 306 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการ

3.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ทรีตเมนต์ ในแต่ละทรีตเมนต์มี 3 ซ้ำ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 เลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม.

ทรีตเมนต์ที่ 2 เลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 200 ตัว/ลบ.ม.

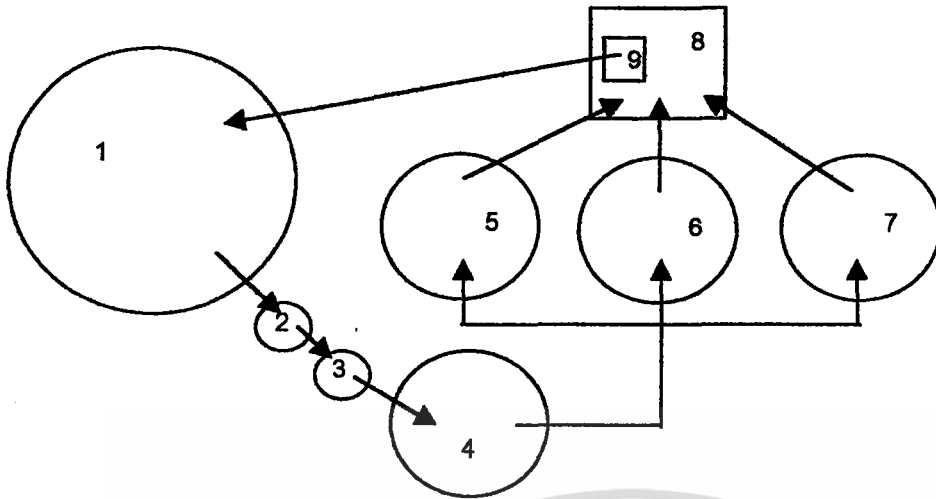
ทรีตเมนต์ที่ 3 เลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่น 300 ตัว/ลบ.ม.

3.2.2 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

การเลี้ยงปลานิลในระบบปิดหมุนเวียนน้ำ (ภาพที่ 3.1 และ 3.2) ประกอบด้วย

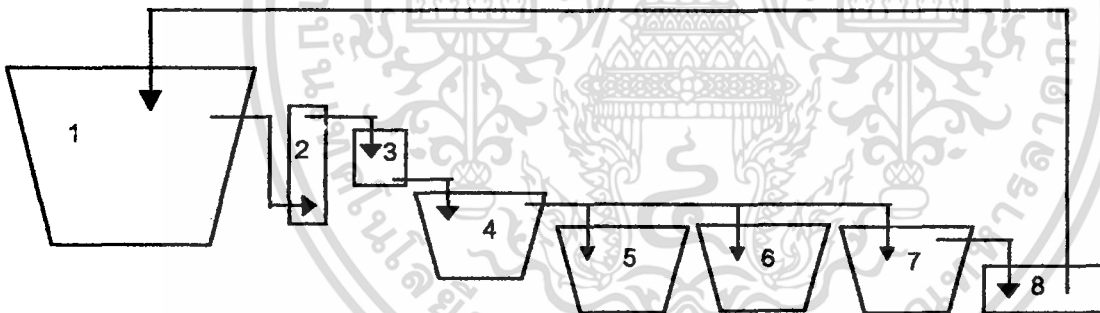
- (1) ท่อตกตะกอน ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 16 นิ้ว นำมาเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ทำเป็นทางน้ำเข้า-ออก โดยที่น้ำจะเข้าด้านล่างของท่อตกตะกอน และไหลออกทางด้านบน ซึ่งภายในท่อตกตะกอนจะมีแผ่นกระเบื้องแขวนไว้เป็นชั้น ๆ แต่ละแผ่นห่างกัน 2 นิ้ว ด้านล่างของท่อตกตะกอนต่อเข้ากับวาล์ว เพื่อระบายตะกอนออก
- (2) ถังกรอง ใช้ถังพลาสติกขนาดบรรจุ 35 ลิตร แต่ละถังนำมาเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว เป็นทางน้ำออก ซึ่งรองพื้นด้วยถ่านสูงประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วนำมุ้งเขียวมาวางทับ จากนั้นนำกรวดที่ล้างสะอาดมาใส่สูงประมาณ 7 เซนติเมตร
- (3) ถังพักน้ำก่อนการบำบัด ใช้ถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุ 500 ลิตร เจาะรูด้านบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว เพื่อทำทางน้ำออก
- (4) ถังพักน้ำหลังการบำบัด ใช้ถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุ 150 ลิตร เจาะรูด้านบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว เพื่อต่อท่อ PVC ให้แยกออกเป็น 3 ทาง
- (5) ถังรวบรวมน้ำจากถังเลี้ยงปลา ใช้ถังไฟเบอร์กลาสสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดบรรจุ 72 ลิตร จำนวน 3 ถัง สำหรับ 3 ทรีตเมนต์ นำปั้มน้ำซึ่งต่อกับสายยางและมีวาล์วเป็นตัวควบคุมอัตราการไหลมาติดตั้งในถัง โดยทำการสูบน้ำจากถังรวบรวมน้ำนี้ไปยังถังพักน้ำก่อนการบำบัด
- (6) ถังเลี้ยงปลา ใช้ถังไฟเบอร์กลาสขนาดบรรจุ 150 ลิตร จำนวน 3 ถัง เจาะรูด้านบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว เพื่อทำทางน้ำออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนผังของระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ใช้ทดลองเลี้ยงปลาชนิด

1 = ถังพักน้ำก่อนการบำบัด 2 = ท่อตกตะกอน 3 = ถังกรอง 4 = ถังพักน้ำหลังการบำบัด
5,6,7 = ถังเลี้ยงปลา 8 = ถังรวบรวมน้ำจากถังเลี้ยงปลา 9 = บั๊มน้ำ



ภาพที่ 3.2 ระดับน้ำในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ใช้ทดลองเลี้ยงปลาชนิด

1 = ถังพักน้ำก่อนการบำบัด 2 = ท่อตกตะกอน 3 = ถังกรอง 4 = ถังพักน้ำหลังการบำบัด
5,6,7 = ถังเลี้ยงปลา 8 = ถังรวบรวมน้ำจากถังเลี้ยงปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ขั้นตอนการทดลอง

(1) การเลี้ยงปลา

(1.1) สุ่มลูกปลานิลมาซึ่งน้ำหนัก และวัดความยาว ก่อนการทดลองแล้วนำมาเลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำที่เตรียมขึ้น

(1.2) เก็บข้อมูลในการชั่งวัดสัปดาห์ละครั้ง โดยการจับปลาทุกตัวในการชั่งวัด แล้วบันทึกผล

(1.3) การให้อาหาร จะให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลาการให้อาหารในแต่ละครั้งคือ ช่วงเช้าประมาณ 09.00-09.30 และช่วงเย็นประมาณ 16.00-16.30 นาฬิกา ซึ่งการให้อาหารในแต่ละครั้ง จะให้ในปริมาณที่อิ่มพอดี คือจะค่อย ๆ ให้อาหารที่ละน้อยแล้วสังเกตพฤติกรรมของปลา เมื่อปลาเริ่มอิ่มคือจะไม่ขึ้นมากินอาหาร ก็จะหยุดให้โดยจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

(1.4) การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ตลอดการทดลองจะไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

(2) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

(2.1) จะทำการเก็บทุกถังในระบบหมุนเวียน โดยจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ตั้งแต่เริ่มการทดลอง – วันที่ 33 ของการทดลอง จะทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก ๆ 3 วัน และช่วงที่ 2 ตั้งแต่ วันที่ 34 ของการทดลอง – สิ้นสุดการทดลอง จะทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำสัปดาห์ละครั้ง แล้วบันทึกผล มีดังนี้

- ความเป็นกรดเป็นด่าง
- ความนำไฟฟ้า
- ปริมาณความเป็นด่าง
- ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ
- อุณหภูมิ
- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ
- ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน
- ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟต

3.2.4 การบันทึกข้อมูล

- (1) น้ำหนัก, ความยาว และอัตราการรอดตายของปลา
- (2) ปริมาณการกินอาหารของปลา
- (3) คุณภาพน้ำ

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

- (1) นำข้อมูลน้ำหนัก, ความยาว, อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดปลานิลที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน มาหาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างน้ำหนัก, ความยาว และอัตราการรอดตาย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
- (2) นำข้อมูลวิเคราะห์คุณภาพน้ำ จากการทดลองมาหาปริมาณความเข้มข้น โดยแทนค่าในสมการมาตรฐาน ดังนี้

$$\text{ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน : } Y = (1.0356 * X) - 0.0053$$

$$\text{ปริมาณไนโตรท์-ไนโตรเจน : } Y = (2.9832 * X) + 0.0151$$

$$\text{ปริมาณออร์โทฟอสเฟต : } Y = (1.7747 * X) - 0.0085$$

3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.7 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนธันวาคม 2543 – เดือนมีนาคม 2544

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การเติบโต

จากการทดลองเลี้ยงปลานิล ในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ กัน คือ 100, 200 และ 300 ตัวต่อตารางเมตร พบว่า

(1) การเติบโตด้านน้ำหนัก

ปลานิลที่เริ่มทำการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.95 ± 0.06 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกปลานิลที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรและ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 108.86 ± 12.48 , 102.05 ± 8.42 และ 75.04 ± 1.39 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1 และตารางภาคผนวกที่ 1) จากการนำน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละระดับความหนาแน่นมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ($P < 0.05$) ส่วนการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่น 200 และ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

(2) อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวัน

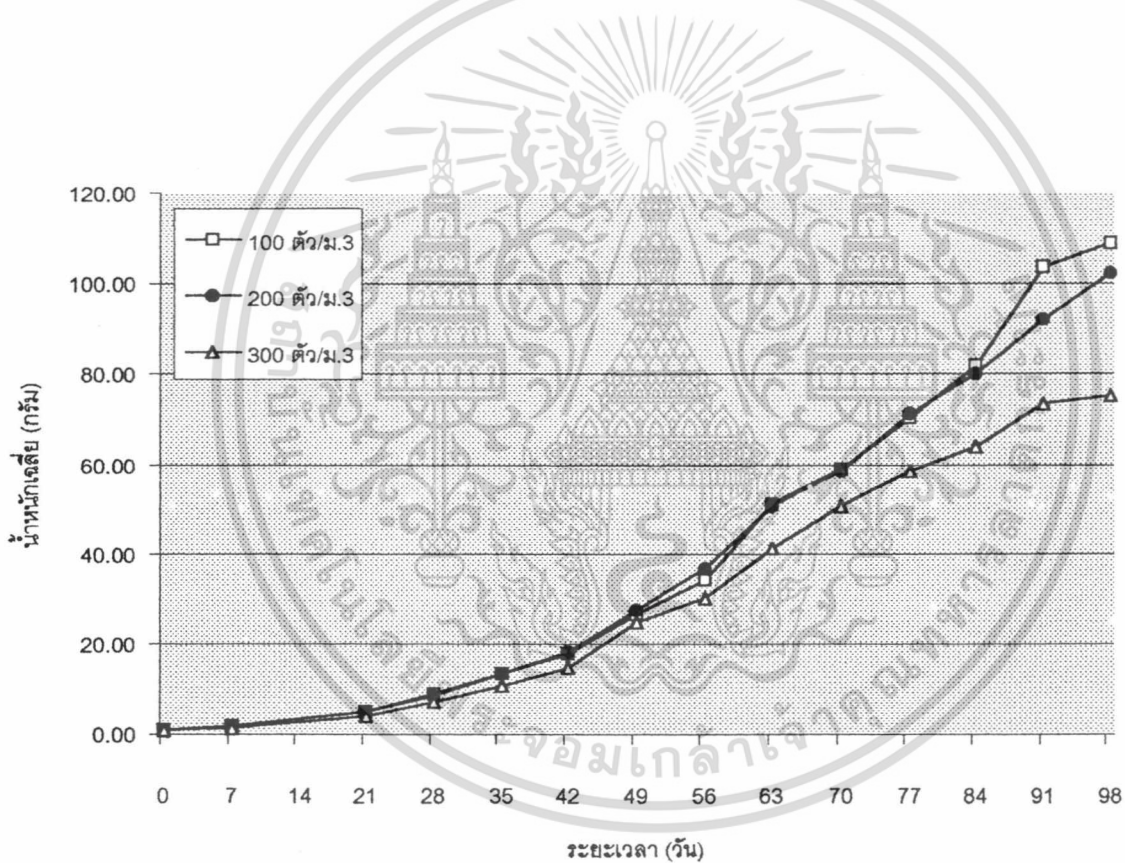
เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันของลูกปลานิลที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรและ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 1.10 ± 0.13 , 1.00 ± 0.04 และ 0.77 ± 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

(3) อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลานิลที่เลี้ยงในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรและ 300 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการรอดตาย $86.27 \pm 5.19\%$, $76.47 \pm 2.94\%$ และ $73.86 \pm 1.31\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักเฉลี่ย(กรัม)ของปลาชนิด ที่เลี้ยงในระบบปิดหมุนเวียน น้ำในความหนาแน่นที่ต่างกัน

อัตราความหนาแน่น (ตัว/ม. ³)	100	200	300
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	1.00±0.17	1.01±0.12	0.84±0.15
น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว/วัน)	1.10±0.13	1.00±0.04	0.77±0.01
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	108.86±12.48 ^{ab}	102.05±8.42 ^a	75.04±1.39 ^b
อัตราการรอด (%)	86.27±5.19 ^a	76.47± 2.94 ^a	73.86±1.31 ^a



ภาพที่ 4.1 แสดงน้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลาชนิดที่เลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำที่ความหนาแน่น แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 คุณสมบัติของน้ำ

คุณสมบัติของน้ำที่วิเคราะห์ระหว่างการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิความ, นำไฟฟ้าเฉลี่ย, ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ, ความเป็นกรดเป็นด่าง, ความเป็นด่าง, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน และ ปริมาณออร์โธฟอสเฟต สรุปในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของน้ำที่เลี้ยงปลานิลภายในระบบปิดที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน

คุณสมบัติของน้ำ	100 ตัว/ลบ.ม.	200 ตัว/ลบ.ม.	300 ตัว/ลบ.ม.
	ค่าเฉลี่ย+SE	ค่าเฉลี่ย+SE	ค่าเฉลี่ย+SE
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26.72±0.68	26.81±0.74	26.84±0.75
ความนำไฟฟ้า (ms/cm)	0.34±0.07	0.39±0.10	0.42±0.11
ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (ก./ล.)	0.17±0.04	0.20±0.05	0.21±0.06
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.62±0.34	7.37±0.41	7.36±0.38
ความเป็นด่าง (มก./ล.)	124±20.02	111±26.77	130±29.64
ออกซิเจน (มก./ล.)	5.30±0.78	4.90±0.80	4.42±0.96
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มก./ล.)	0.230±0.121	0.490±0.207	1.519±1.127
ไนโตรท-ไนโตรเจน (มก./ล.)	0.074±0.051	0.323±0.167	0.752±0.645
ออร์โธฟอสเฟต (มก./ล.)	0.684±0.530	1.621±1.244	1.692±1.172

(1) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน 24.1 ± 0.05 ถึง 29.2 ± 0.10 องศาเซลเซียส โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. , 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 26.72 ± 0.68 , 26.81 ± 0.74 และ 26.84 ± 0.75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2 และตารางผนวกที่ 3) ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของปลานิลในเขตร้อน คืออยู่ในช่วง 25.0 ถึง 32.0 องศาเซลเซียส (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ, 2528)

(2) ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย (Conductivity)

ค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.21 ± 0.00 ถึง 0.72 ± 0.00 ms/cm โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. , 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีปริมาณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย 0.34 ± 0.07 , 0.39 ± 0.10 และ 0.42 ± 0.11 ms/cm ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3 และตารางผนวกที่ 4) ในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. มีค่าความนำไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากในระบบนี้มีปริมาณอิออนของสารอนินทรีย์ในน้ำน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับที่พบปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยต่ำที่สุดด้วย จึงส่งผลให้ค่าความนำไฟฟ้าต่ำที่สุด

(3) ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ

ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.11 ± 0.00 ถึง 0.36 ± 0.00 โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม., 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเฉลี่ย 0.17 ± 0.04 , 0.20 ± 0.05 และ 0.21 ± 0.06 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4 และตารางผนวกที่ 5)

(4) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ✓

พีเอชเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.34 ± 0.03 ถึง 9.27 ± 0.01 โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม., 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีค่าพีเอชเฉลี่ย 7.62 ± 0.34 , 7.37 ± 0.41 และ 7.36 ± 0.38 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.5 และตารางผนวกที่ 6) ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของปลา คืออยู่ในช่วง 6.5–9.0 (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ, 2528)

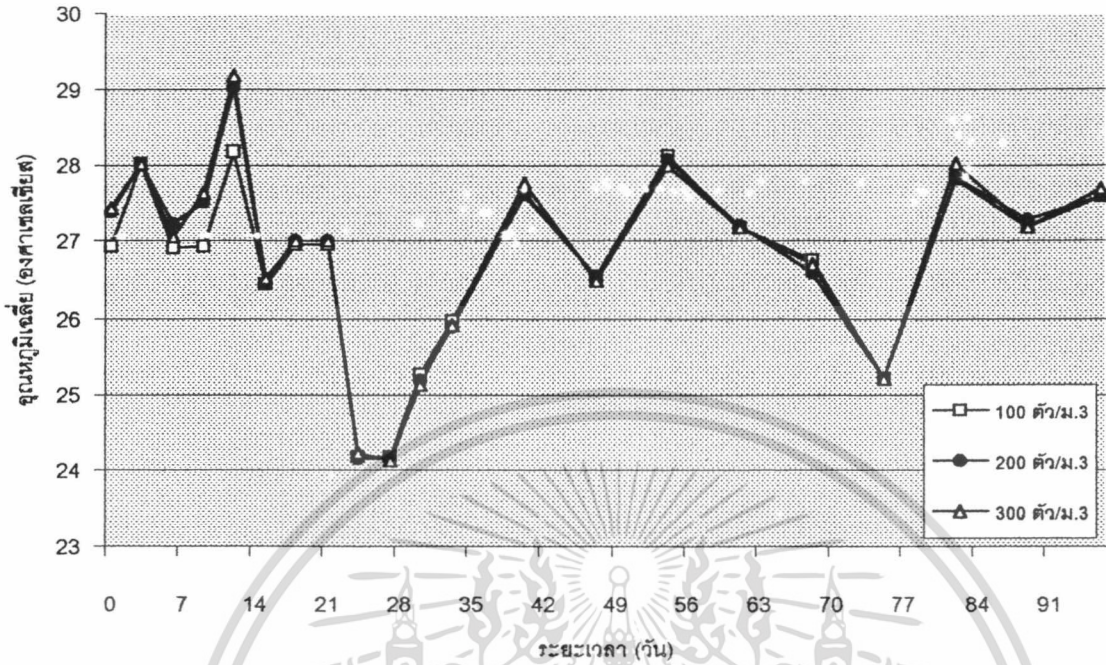
(5) ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 32 ± 0.00 ถึง 195 ± 9.66 โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม., 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. ความเป็นด่างมีค่าเฉลี่ย 124 ± 20.20 , 111 ± 26.77 และ 130 ± 29.64 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.6 และตารางผนวกที่ 7) ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเติบโตของปลา คืออยู่ในช่วง 25–500 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ, 2528)

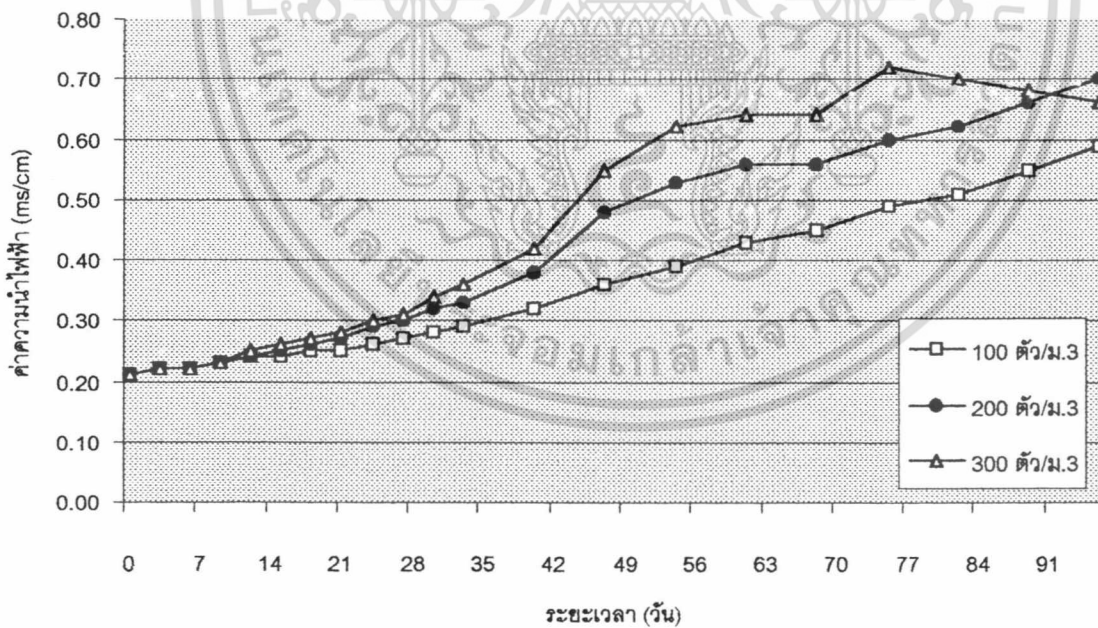
(6) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) ✓

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.35 ± 0.35 ถึง 7.91 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม., 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย 5.30 ± 0.78 , 4.90 ± 0.80 และ 4.42 ± 0.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.7 และตารางผนวกที่ 8) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์ที่กำหนดไม่ควรต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ, 2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

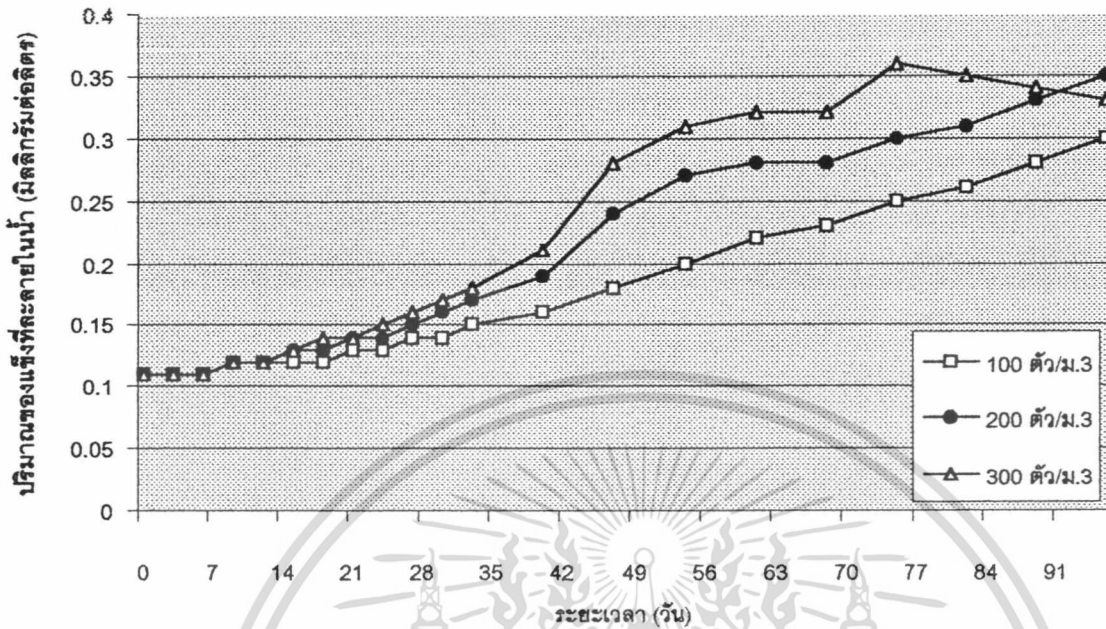


ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน

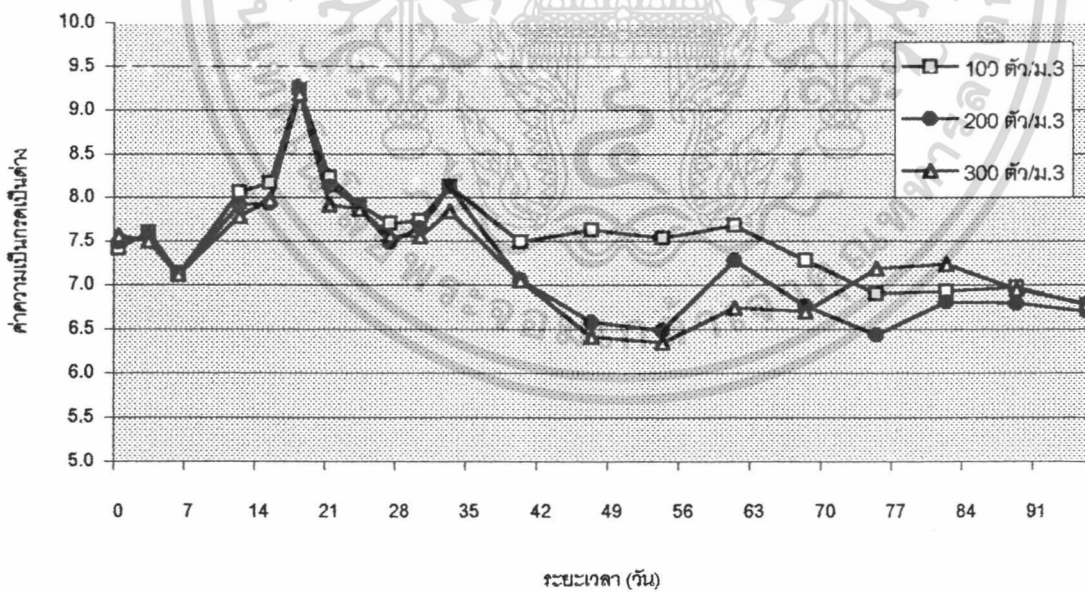


ภาพที่ 4.3 ความนำไฟฟ้าในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



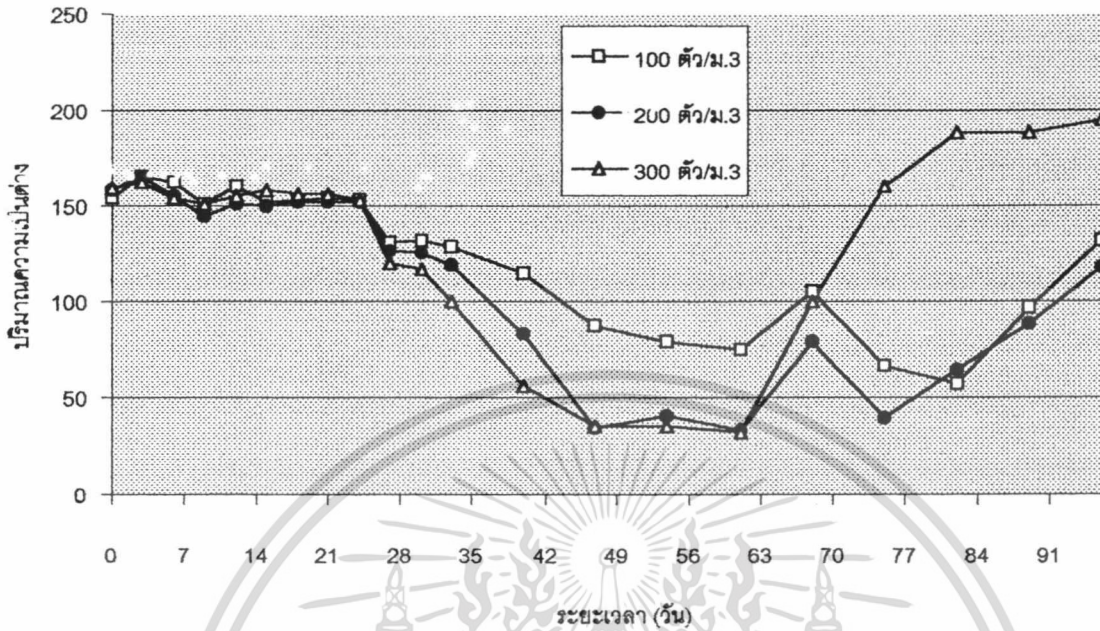
ภาพที่ 4.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลาชนิด ที่ความหนาแน่นต่างกัน



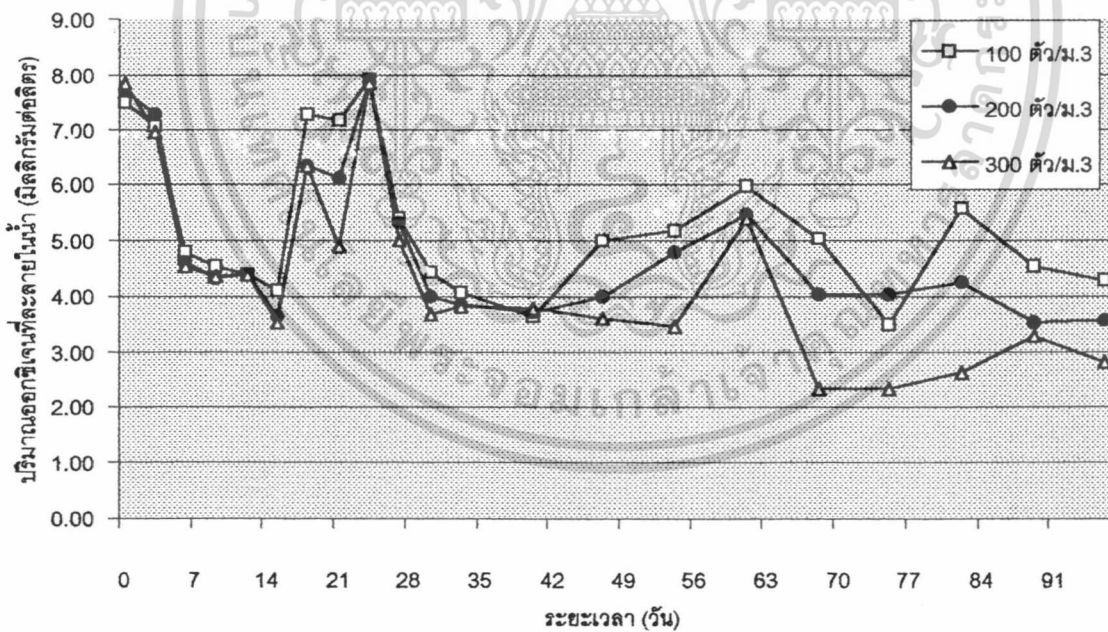
ภาพที่ 4.5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลา ชนิดที่ความหนาแน่น ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ภาพที่ 4.6 ความเป็นต่างเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิลที่ความหนาแน่นต่างกัน



ภาพที่ 4.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen)

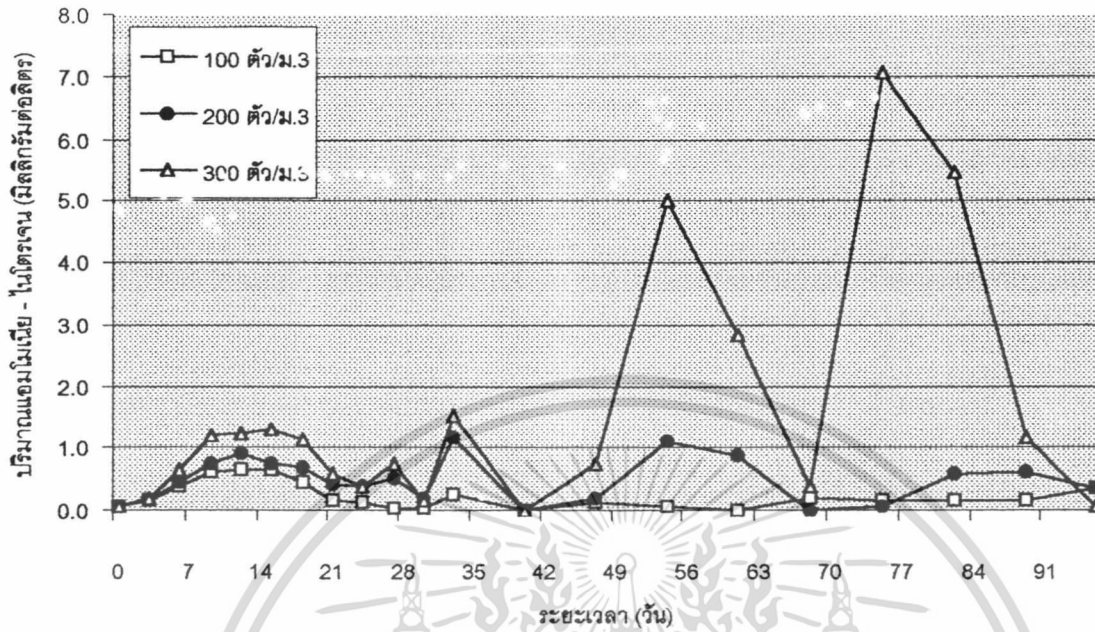
ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.000 ± 0.000 ถึง 7.052 ± 0.515 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. , 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.230 ± 0.121 , 0.490 ± 0.207 และ 1.519 ± 1.127 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8 และตารางผนวกที่ 9)

(8) ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite-Nitrogen)

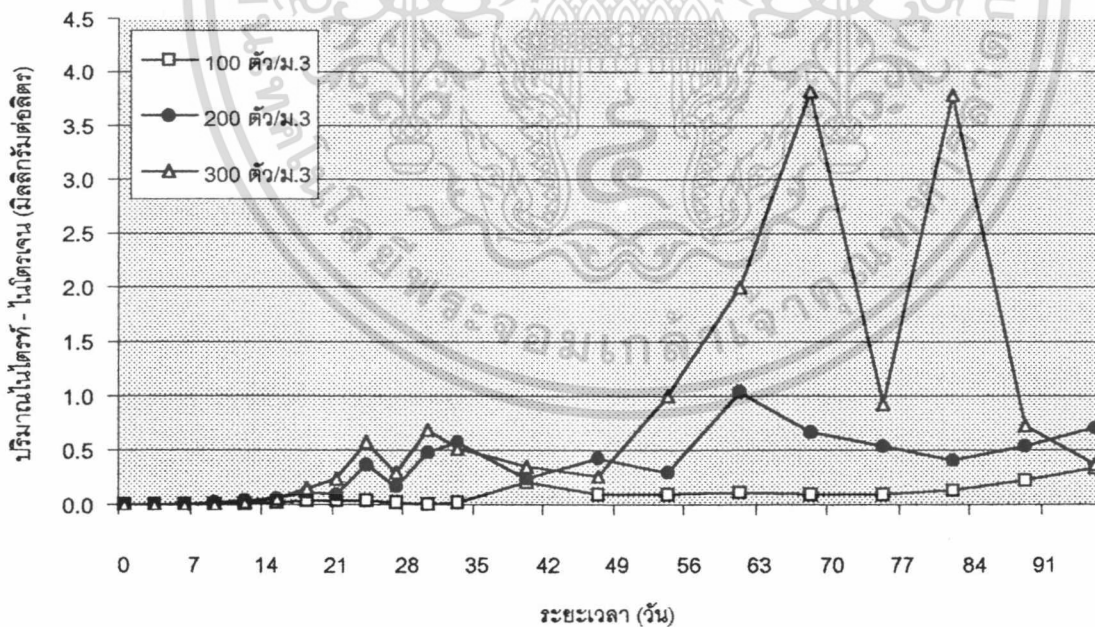
ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.000 ± 0.000 ถึง 3.812 ± 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. , 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.073 ± 0.051 , 0.322 ± 0.167 และ 0.752 ± 0.645 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9 และตารางผนวกที่ 10)

(9) ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.000 ± 0.000 ถึง 6.163 ± 0.051 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในระบบหมุนเวียนที่ความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. , 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย 0.505 ± 0.498 , 1.386 ± 1.171 และ 1.452 ± 1.102 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.10 และตารางผนวกที่ 11)

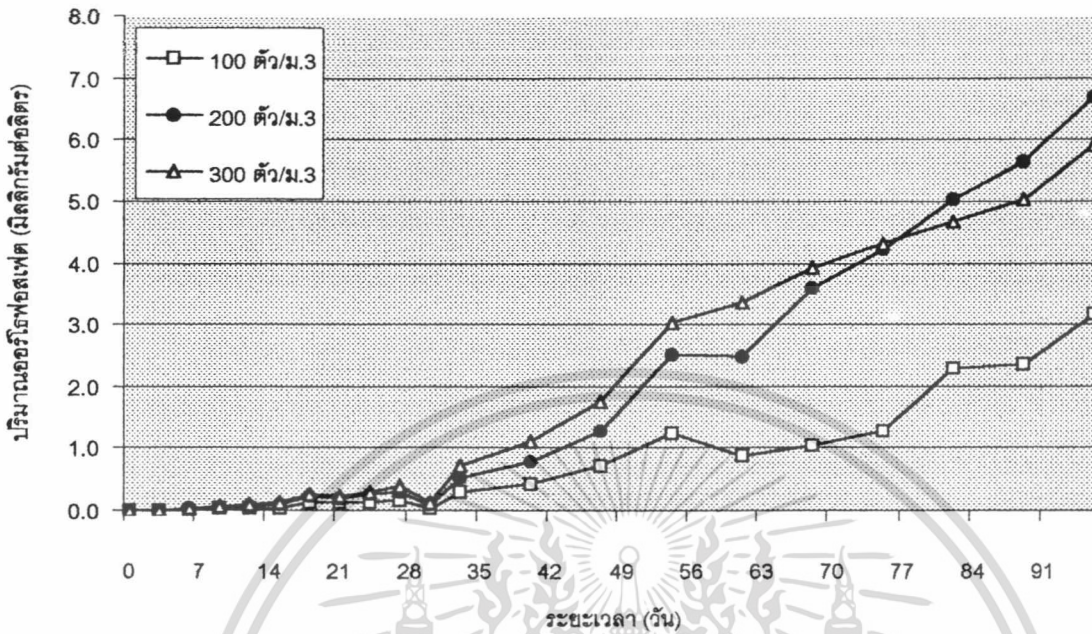


ภาพที่ 4.8 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน



ภาพที่ 4.9 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ปริมาณไวรัสที่ปลดปล่อยในระบบหมุนเวียนการเลี้ยงปลานิล ที่ความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิจารณ์ผล

การเติบโตด้านน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิล ที่เลี้ยงในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ความหนาต่างกัน พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงในความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. มีการเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือที่ความหนาแน่น 200 ตัว/ลบ.ม. และ 300 ตัว/ลบ.ม. ตามลำดับ การที่ปลานิลที่เลี้ยงในความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. มีการเติบโตดีที่สุด อาจจะเป็นเพราะว่ามีตะกอนและของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายน้อย ทำให้คุณสมบัติของน้ำอยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อปลา ซึ่งจะสอดคล้องกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำที่วิเคราะห์ได้ จากการทดลอง พบว่าคุณสมบัติของน้ำบางค่าที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำเช่น ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรท์-ไนโตรเจน ในชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรท์-ไนโตรเจน น้อยที่สุด โดยมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับ ทิพวรรณ แก้วสกุล (2530) รายงานว่า เกณฑ์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่กำหนดควรต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรท์-ไนโตรเจนมากที่สุดในการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัว/ลบ.ม. ซึ่งสอดคล้องกับที่ว่าชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัว/ลบ.ม. มีการเติบโตต่ำที่สุดเช่นกัน ดังที่ ประเทือง ศุภลักษณ์วิจิระ (2541) รายงานว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่มีปริมาณค่อนข้างสูง เกิดจากการเน่าเสียของเศษอาหารและการขับถ่ายของสัตว์น้ำ

กิจจา ใจเย็น และพรพนศรี จริโมภาส (2535) ทดลองเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ขนาด 50 ตร.ม. เป็นเวลา 6 เดือน ได้น้ำหนักเฉลี่ย 154 กรัม/ตัว และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.84-2.00, Liao and Lei (1983) ทดลองเลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์ขนาด 100 ตร.ม. เป็นเวลา 4 เดือน ได้น้ำหนักเฉลี่ย 600 กรัม/ตัว และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.2-1.5, Guerrero (1982) ทดลองเลี้ยงปลานิลในกระชังขนาด 50 ตร.ม. เป็นเวลา 5 เดือน ได้น้ำหนักเฉลี่ย 600 กรัม/ตัว, กิจจา ใจเย็น และสุจินต์ หนูขวัญ (2536) ทดลองเลี้ยงปลานิลในบ่อดินขนาด 400 ตร.ม. เป็นเวลา 8 เดือน ได้น้ำหนักเฉลี่ย 600 กรัม/ตัว และมีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.63 เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้ พบว่าการเลี้ยงปลานิลในระบบอื่น ๆ มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงปลานิลในระบบอื่น ๆ ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงมากกว่า

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 การเลี้ยงปลานิลในระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลบ.ม. ทำให้ปลานิลมีการเติบโตดีที่สุด

5.1.2 คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำในระบบปิดหมุนเวียนน้ำ มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลานิล ทุก ๆ ความหนาแน่น ยกเว้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรท์-ไนโตรเจน ที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัว/ลบ.ม.

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลอง พบว่าระบบปิดหมุนเวียนน้ำที่เตรียมขึ้น ไม่สามารถลดตะกอนและของเสียได้ จึงน่าจะมีการปรับเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.2 ควรมีการทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบปิดหมุนเวียนน้ำ ควบคู่กับการเลี้ยงพรรณไม้น้ำ เพื่อช่วยให้การบำบัดน้ำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา

5.2.3 ควรย้ายท่อตกตะกอนมาไว้หลังบ่อเลี้ยง เนื่องจากตะกอนส่วนใหญ่เกิดจากอาหารและของเสียที่ปลาขับถ่ายในบ่อเลี้ยง จึงน่าจะทำให้ท่อตกตะกอนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.4 จากการทดลอง พบว่าการเติบโตของปลานิลที่เลี้ยง ยังไม่ได้ขนาดที่ตลาดต้องการ จึงควรทดลองเลี้ยงปลานิลในระยะเวลาที่นานขึ้น โดยใช้เวลาประมาณ 4-5 เดือน

เอกสารอ้างอิง

- กรรมนิการ์ กาญจนชาติศรี. 2538. การศึกษาโรคของปลาอุกบึกอุยและคุณสมบัติของน้ำในบ่อคอนกรีตกลม จังหวัดภูเก็ต. วารสารการประมง. 48(2):131-137.
- กัจจา ใจเย็น และพรรณศรี จริโมภาส. 2535. การศึกษาเบื้องต้นในการเลี้ยงปลานิลสีแดงแบบหนาแน่นในบ่อซีเมนต์. (เอกสารวิชาการฉบับที่ 137). สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรุงเทพฯ. 11น.✓
- กัจจา ใจเย็น และสุจินต์ หนูขวัญ. 2536. การเลี้ยงนิลสีแดงในบ่อดิน. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด. 15น.
- จารุวรรณ สมศิริ, สมชาย สุวิทย์ และจินดา มีศักดิ์. 2538. คุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 173/2538. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด. กรุงเทพมหานคร.
- ช่วยชูศรี ศิริภูมัย และจารุวรรณ สมศิริ. 2525. พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและไนไตรท์ที่มีต่อปลาอุกด้าน. วารสารการประมง. 35(4):373-378.
- ทิพวรรณ แผ้วสกุล. 2530. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยสาหร่ายในระบบหมุนเวียนน้ำของถังปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 99น.
- ทิพากร จุลนัพพะ. 2539. เสนอสูตรเลี้ยงปลากระพงขาวด้วยระบบปิด. วารสารสัตว์น้ำ. 7(81):47-54.
- ธำรงค์ อมรสกุล. 2528. คุณสมบัติของน้ำในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียนที่เลี้ยงปลาอุกด้านในระบบการปล่อยที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นฤมล ทับทิม. 2541. ความสามารถในการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนและปริมาณออกซิโ
ฟอสเฟตของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) และสาหร่ายเกลียวทอง
(*Spirulina* sp.). วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 50น.

นิรนาม. 2542ข. แอมโมเนีย อันตรายที่ต้องเรียนรู้. เอกสารวิชาการ. บริษัท เอเชียโนควาคัลเจอร์
จำกัด. กรุงเทพมหานคร. น. 1-4.

นิเวศน์ เรืองพานิช และเจนจิตต์ คงกำเนิด. 2535. ศึกษาปัจจัยบางประการที่เหมาะสมเพื่อป้อง
กันและลดอัตราการตายของลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) อายุ 12-30 วัน. ราย
งานการสัมมนาวิชาการประจำปี2535. กรมประมง. น. 206-209.

ประทีภย์ ตาบทิพย์วรรณ. 2542. คุณภาพน้ำต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพมหานคร. น. 1-4.

ประเทือง ศุภลักษณ์วิจนะ. 2541. ผลของอาหารต่างชนิดกับคุณภาพน้ำในการอนุบาลลูกปลา
กะพงขาว (*Lates calcarifer*). วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การ
ประมง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
30 น.

พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ต้นวิไลย. 2534. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
ออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1/2534.
กรมประมง. 4น.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวันยคุณิ, วีระ วัชรกรโยธิน และนวลมณี พงศ์
นา. 2539 หลักการเพาะเลี้ยงปลา. ข่าวกรมประมง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด,
กรมประมง. น. 19-23.

- ภาสกร ถมพลกรัง และยงยุทธ พิศาลสัมพะบุตร. 2538. พิษเฉียบพลันของความเป็นกรด-ต่าง จากน้ำพุต่อลูกปลากระพงขาว 3-5 นิ้ว. รายงานสัมมนาประจำปี 2538. กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. น. 668-672.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล พรรรศรี จริโมภาส สุจินต์ หนูขวัญ กำชัย ลา วัณยวุฒิ วีระ วัชรกรโยธิน และวิมล จัทรโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลา นิล. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 23. สถาบันการวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. 95 น.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการ วิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115น.
- ยุพา วยศ. 2532. พันธุ์ไม้น้ำ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร. 487 น.
- สถาพร ดิเรกนุชราคม. 2542. ผลของออกซิเจนระดับต่ำกระทบต่อตัวกุ้ง. รายงานสัมมนา เทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง(ครั้งที่ 3). เกรทเทอร์นิวส์(มีนาคม). 1(3): 1-4.
- สิริ ทุกขวินาศ. 2528. วิธีวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 4. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 157 น.
- สิริ ทุกขวินาศ และบุญชา เจริญฤทธิ์. 2526. ผลของการเพิ่มแลลดความเป็นกรด-ต่างของน้ำ (pH) ต่ออัตราการตายของลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2526. สถาบัน ประมงน้ำกร่อย จังหวัดสตูล, กรมประมง. 8น.
- สุจิตรา เผือกจีน. 2539. พิษเฉียบพลันของแอมโมเนียและผลของแอมโมเนียที่เกิดจากอาหารที่มี ระดับโปรตีนต่างกันต่อปลาตะเพียนขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุชาติ อิงธรรมจิตร, โสภา อารีรัตน์, ไพโรพรรณ เทียนทอง และเสาวคนธ์ วัลลีย์. 2534. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของงองน้ำ แพลงค์ตอนพืชและแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาตก. รายงานสัมมนาวิชาการประจำปี 2534. กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. น. 203-254.

สุธรรม สิทธิชัยเกษม ชีระ เล็กขลุ่ยท์และจาวรวรรณ สมศิริ. 2524. ผลกระทบของค่า pH ที่แตกต่างกันต่อปลาน้ำจืด. รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 24. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. น. 53-59.

สุภาพร สุกสีเหลือง. 2538. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. บริษัทพิมพ์ดี จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 291น.

สุศักดิ์ วงศ์กิตติเวช. 2541. สารานุกรมปลาน้ำจืด. บริษัทเอมซีพหลาย จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 113 น.

อนันต์ ต้นสุตะพานิช สุพิศ ทองรอด ชตชนันธุ์ สังกรธนกิจ และอารี จันทร์นาค. 2540. การพัฒนารูปแบบและวิธีการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระบบปิด. วารสารการประมง. 50(1): 21-28.

Allan, G.L. and G.B. Maguire. 1995. Effect of Sediment on Growth and Acute Ammonia Toxicity for the School Prawn, *Metapenaeus macleayi* (Haswell). *Aquaculture*. 135(1-2):59-71.

Boyd, C.E. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Auburn University, Alabama. 318 p.

Cai, M., J. Wermerskischen and I.R. Adelman. 1996. Ammonia Excretion Rate Indicates Dietary Protein Adequacy for Fish. *The Processive Fish Culturist*. 58(2):124-127.

Chen, J.C. and S.C. Lei. 1990. Toxicity of Ammonia and Nitrite to *Penaeus monodon* Juveniles. *Juqmal of the World Aquaculture Society*. 21(4):300-306.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Dickerson, B.R. and G.L. Vinyard. 1999a. Effect of High Chronic Temperature and Diel Temperature Cycles on the Survival and Growth of Lahotan Cutthroat Trout. *Transactions of the American Fisheries Society*. 128(3):516-521.
- Dickerson, B.R. and G.L. Vinyard. 1999b. Effect of High Levels of Total and Growth of Lahotan Cutthroat Trout. *Transactions of the American Fisheries Society*. 128(3):507-515.
- Fisher, M.R. 1999. Effect of Temperature and Salinity on Size at Maturity of Female Blue Crabs. *Transactions of the American Fisheries Society*. 128(3):499-506.
- Guerrero, R. D. 1982. Commercial Product of Tilapia in Fresh Water Pond and Cage in the Philippines. Paper Presents During the First National Symposium and Workshop on Tilapia Farming 24-26 November 1982 Philippine Council for Agricultural Resources and Development, Los Banos, Laguna Philippines.
- Jarboe, H.H. 1995. Diel Dissolved Oxygen Consumption and Total Ammonia Nitrogen Production by Fingerling Channel Catfish following Feeding at Different Times. *The Processive Fish Culturist*. 57(2):156-160.
- Kikuchi, K. 1995. Nitrogen Excretion Rate of Japanese Flounder A Criterion for Designing Closed Recirculating Culture Systeme. *The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh*. 47(3-4):122-128.
- Konikoff, M. 1975. Toxicity of Channel Catfish. *Current Agriculture*. 37(1):96-98.
- Liao, I. C. and Lei, C. H. 1983. Studies on Feasibility of Red Tilapia Culture in Saline Water. *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*:8-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lovshin, L.L. 1978. Progress Report on Fisheries Development in Northeast Brazil. Res. Dev. Ser. No. 14. Int. Gent. Aquaculture, Auburn University, Alabama. 11 p.
- Mallekh, R.T. Boujard and J.P. Lagardere. 1999. Evaluation of Retention and Environmental Turbot (*Scophthalmis maximus*). North American Journal of Aquaculture. 61(2):141-145.
- Vijai, S., R. Soungchomphan and P. Sitasit. 1981. Comparison of Effect of Trash Fish and Pelleted Diets on Clarias Grow-out. Operation National, Inland Fisheries Institued. อ้างโดย สุชาติ อิงธรรมจิตร, ไชภา อาริรัตน์, ไพพรรณ เทียนทอง และ เสาวคนธ์ วัลลีย์. 2534. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ แพลงก์ตอนพืช และ แบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาดุก. รายงานสัมมนาวิชาการประจำปี 2534. กรมประมง. กรุงเทพมหานคร. น.243-254.
- Wagner, E.J., S.A. Miller and T. Bosakawski. 1996. Ammonia Excretion by Rainbow Trout over a 24 Hour Period at Two Density During Oxygen Injection. The Progressive Fish Culturist. 57(3):199-205.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (กรัม) ในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาใน ความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา(วัน)	0	7	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98
T1R1	0.71	1.82	4.25	8.25	10.23	13.33	22.20	28.07	38.46	45.38	56.15	60.77	82.31	86.15
T1R2	1.00	1.47	4.53	7.41	9.44	16.13	24.19	32.38	50.00	58.75	67.50	80.63	103.13	108.13
T1R3	1.29	2.15	5.85	10.93	14.56	23.25	32.94	41.38	62.67	71.33	85.33	100.67	122.00	129.33
เฉลี่ย	1.00	1.79	4.88	8.79	11.49	17.66	26.53	34.20	50.91	59.09	70.23	81.59	103.41	108.86
T2R1	0.82	1.37	3.66	6.68	10.13	15.24	23.85	30.81	40.74	52.80	61.15	69.81	86.25	92.92
T2R2	0.97	2.11	5.84	10.29	14.42	23.25	32.76	44.97	60.34	71.07	81.07	88.57	102.50	118.52
T2R3	1.24	1.69	4.85	8.14	11.22	15.86	26.46	34.39	49.64	51.17	70.37	81.48	86.67	93.70
เฉลี่ย	1.01	1.72	4.80	8.49	12.14	18.31	27.75	36.89	50.48	58.88	71.11	80.19	92.15	102.05
T3R1	1.10	1.79	5.33	8.96	11.53	21.13	29.91	37.44	48.89	58.22	65.71	68.54	77.03	77.84
T3R2	0.84	1.46	3.43	6.41	9.23	12.30	24.10	27.84	38.10	47.44	57.44	61.71	71.58	73.51
T3R3	0.57	1.10	3.05	5.72	8.26	10.18	20.21	24.79	36.75	45.00	52.50	61.00	72.00	73.85
เฉลี่ย	0.84	1.43	3.94	7.08	9.70	14.65	24.78	30.14	41.50	50.56	58.68	63.82	73.48	75.04

ตารางผนวกที่ 2 ความยาวเฉลี่ยต่อตัว (เซนติเมตร) ในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาใน ความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา(วัน)	0	7	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98
T1R1	3.49	4.09	5.63	6.79	7.73	8.87	10.10	11.00	11.96	12.85	13.81	14.19	15.69	16.00
T1R2	3.85	4.17	6.00	6.97	7.47	9.25	10.50	11.31	12.91	13.84	14.66	15.79	17.09	17.50
T1R3	4.16	4.92	6.42	8.11	8.63	10.59	11.59	12.56	14.10	15.73	15.93	16.93	18.43	18.63
เฉลี่ย	3.83	4.40	6.03	7.29	7.96	9.59	10.74	11.65	13.03	14.19	14.84	15.77	17.14	17.44
T2R1	3.64	4.02	5.53	6.82	7.54	8.83	10.07	11.07	12.26	13.32	14.31	15.12	16.60	16.50
T2R2	4.11	4.76	6.47	7.66	8.81	10.23	11.00	12.55	13.62	14.79	15.46	16.30	17.61	17.35
T2R3	4.04	4.24	6.21	7.02	7.93	9.21	10.45	11.63	12.84	13.74	14.22	15.22	16.50	16.57
เฉลี่ย	3.93	4.34	6.08	7.19	8.15	9.46	10.51	11.77	12.92	13.97	14.68	15.56	16.92	16.82
T3R1	3.91	4.40	6.34	7.29	8.37	9.61	10.90	11.89	12.92	13.86	14.64	14.70	15.51	15.72
T3R2	3.20	4.05	5.50	6.68	7.14	8.67	9.88	10.95	12.11	12.81	13.73	14.32	15.22	15.16
T3R3	2.86	3.70	5.24	6.47	7.10	8.41	9.70	10.86	12.00	12.64	13.63	14.74	15.53	15.68
เฉลี่ย	3.32	4.04	5.70	6.82	7.55	8.91	10.17	11.24	12.36	13.13	14.01	14.59	15.42	15.52

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม. T2 = 200 ตัว/ลบ.ม. T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ทำกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ค่าอุณหภูมิในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาใน ความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	27.4	28.1	26.7	26.7	28.3	26.5	27.0	27.0	24.2	24.2	25.4	26.0	27.9	26.6	28.1	27.2	26.8	25.2	28.0	27.2	27.5
T1R2	27.4	28.1	26.6	26.7	28.1	26.5	27.0	27.0	24.2	24.2	25.4	26.1	27.9	26.6	28.2		26.8	25.2	28.0	27.2	27.5
T1R3	24.3	28.0	26.7	26.5	27.9	26.5	27.0	27.0	24.2	24.2	25.3	25.9	27.6	26.6	28.2	27.2	26.8	25.2	27.9	27.2	27.5
T1R4	27.3	28.0	27.0	27.1	27.9	26.4	26.9	26.9	24.1	24.1	25.2	25.9	27.5	26.5	28.2	27.2	26.7	25.2	27.6	27.2	27.6
T1R5	27.3	28.0	27.2	27.2	28.1	26.4	26.9	26.9	24.1	24.1	25.2	25.9	27.6	26.5	28.1	27.2	26.7	25.2	27.7	27.3	27.6
T1R6	27.4	28.1	27.1	27.2	28.1	26.5	27.0	27.0	24.2	24.2	25.2	25.9	27.6	26.6	28.1	27.2	26.7	25.2	27.7	27.3	27.6
T1R7	27.4	28.0	27.1	27.2	28.9	26.4	26.9	26.9	24.2	24.2	25.1	26.0	27.5	26.5	28.0	27.2	26.7	25.2	27.9	27.3	27.7
เฉลี่ย	26.9	28.0	26.9	26.9	28.2	26.5	27.0	27.0	24.2	24.2	25.3	26.0	27.7	26.6	28.1	27.2	26.7	25.2	27.8	27.2	27.6
T2R1	27.4	28.1	27.2	27.1	28.9	26.5	27.0	27.0	24.1	24.1	25.2	25.9	27.7	26.6	28.1	27.2	26.6	25.2	28.0	27.3	27.5
T2R2	27.4	28.0	27.5	27.3	29.0	26.5	27.0	27.0	24.3	24.1	25.3	25.9	27.8	26.6	28.1		26.6	25.2	27.9	27.7	27.7
T2R3	27.4	28.0	27.5	27.4	29.0	26.5	27.0	27.0	24.1	24.3	25.3	25.8	27.6	26.6	28.1	27.3	26.6	25.2	27.8	27.2	27.6
T2R4	27.3	28.0	27.2	27.6	29.0	26.4	27.0	27.0	24.0	24.2	25.1	25.8	27.6	26.5	28.1	27.2	26.5	25.2	27.8	27.1	27.8
T2R5	27.4	28.0	27.1	27.8	29.1	26.5	27.0	27.0	24.1	24.2	25.1	25.9	27.6	26.5	28.1	27.2	26.6	25.2	27.8	27.3	27.7
T2R6	27.4	28.0	27.0	27.6	29.1	26.4	27.0	27.0	24.2	24.0	25.1	25.9	27.6	26.5	28.1	27.2	26.7	25.2	27.7	27.3	27.6
T2R7	27.4	28.1	27.2	27.6	29.1	26.4	27.0	27.0	24.2	24.1	25.1	26.0	27.5	26.5	28.0	27.2	26.6	25.2	28.0	27.2	27.6
เฉลี่ย	27.4	28.0	27.2	27.5	29.0	26.5	27.0	27.0	24.1	24.1	25.2	25.9	27.6	26.5	28.1	27.2	26.6	25.2	27.9	27.3	27.6
T3R1	27.5	28.0	27.1	27.5	29.0	26.5	27.0	27.0	24.2	24.1	25.2	26.0	27.9	26.5	28.1	27.2	26.6	25.2	28.0	27.2	27.6
T3R2	27.5	28.0	27.2	27.3	29.0	26.6	27.0	27.0	24.3	24.2	25.2	25.9	27.9	26.5	28.1		26.8	25.2	28.0	27.1	27.8
T3R3	27.5	28.1	27.2	27.5	29.1	26.6	27.0	27.0	24.2	24.3	25.1	25.9	27.8	26.5	28.1	27.1	26.7	25.2	28.0	27.1	27.7
T3R4	27.4	28.1	27.1	27.5	29.1	26.5	27.0	27.0	24.2	24.0	25.1	25.8	27.8	26.5	28.0	27.2	26.7	25.2	27.9	27.3	27.7
T3R5	27.4	28.0	27.0	27.7	29.2	26.4	27.0	27.0	24.2	24.1	25.0	25.8	27.7	26.5	27.9	27.2	26.7	25.2	28.0	27.3	27.7
T3R6	27.5	28.0	26.8	28.0	29.4	26.6	27.0	27.0	24.2	24.1	25.1	26.0	27.6	26.5	28.0	27.3	26.7	25.2	28.1	27.2	27.7
T3R7	27.4	28.1	27.0	28.1	29.4	26.5	27.0	27.0	24.2	24.1	25.2	26.0	27.7	26.5	27.9	27.2	26.7	25.2	28.3	27.0	27.6
เฉลี่ย	27.5	28.0	27.1	27.7	29.2	26.5	27.0	27.0	24.2	24.1	25.1	25.9	27.8	26.5	28.0	27.2	26.7	25.2	28.0	27.2	27.7

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ถังพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ถังกรอง

R3 = ถังพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ถังเลี้ยงปลา

R7 = ถังรวบรวมน้ำจากถังเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 4 ค่าความนำไฟฟ้าในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
T1R2	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39		0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
T1R3	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.45	0.49	0.51	0.55	0.59
T1R4	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
T1R5	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
T1R6	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
T1R7	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
เฉลี่ย	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.51	0.55	0.59
T2R1	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T2R2	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53		0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T2R3	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T2R4	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T2R5	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T2R6	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T2R7	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
เฉลี่ย	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.38	0.48	0.53	0.56	0.56	0.60	0.62	0.66	0.70
T3R1	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
T3R2	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62		0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
T3R3	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
T3R4	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
T3R5	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
T3R6	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
T3R7	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66
เฉลี่ย	0.21	0.22	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.34	0.36	0.42	0.55	0.62	0.64	0.64	0.72	0.70	0.68	0.66

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ตั้งพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ตั้งกรอง

R3 = ตั้งพักน้ำหลังการบำบัด

R4, R5, R6 = ตั้งเลี้ยงปลา

R7 = ตั้งรวบรวมน้ำจากตั้งเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T1R2	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20		0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T1R3	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T1R4	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T1R5	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T1R6	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T1R7	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
เฉลี่ย	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30
T2R1	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T2R2	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27		0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T2R3	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T2R4	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T2R5	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T2R6	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T2R7	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
เฉลี่ย	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.24	0.27	0.28	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35
T3R1	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
T3R2	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31		0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
T3R3	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
T3R4	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
T3R5	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
T3R6	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
T3R7	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33
เฉลี่ย	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.28	0.31	0.32	0.32	0.36	0.35	0.34	0.33

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ตั้งพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ตั้งกรอง

R3 = ตั้งพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ตั้งเลี้ยงปลา

R7 = ตั้งรวบรวมน้ำจากตั้งเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	7.33	7.59	7.13		8.06	8.09	9.24	8.24	7.47	7.35	7.73	7.98	7.39	7.54	7.57	7.61	7.28	6.72	6.84	6.98	6.78
T1R2	7.39	7.60	7.15		8.06	8.22	9.24	8.27	7.91	7.63	7.78	8.01	7.58	7.61	7.51		7.28	6.96	6.86	6.98	6.77
T1R3	7.43	7.61	7.11		8.06	8.14	9.24	8.24	7.95	7.65	7.77	8.16	7.55	7.64	7.49	7.55	7.28	6.91	6.85	6.97	6.78
T1R4	7.43	7.59	7.12		8.06	8.17	9.26	8.23	7.98	7.68	7.68	8.18	7.53	7.66	7.57	8.03	7.28	6.92	6.97	6.98	6.77
T1R5	7.42	7.59	7.13		8.06	8.18	9.26	8.19	8.01	7.86	7.68	8.19	7.51	7.66	7.54	8.04	7.28	6.93	6.97	6.95	6.75
T1R6	7.45	7.60	7.11		8.06	8.21	9.26	8.20	8.04	7.87	7.69	8.17	7.42	7.64	7.44	7.98	7.28	6.86	6.97	6.98	6.75
T1R7	7.45	7.60	7.11		8.06	8.18	9.24	8.22	8.04	7.87	7.75	8.20	7.48	7.66	7.59	6.85	7.28	6.96	7.05	6.98	6.76
เฉลี่ย	7.41	7.60	7.12		8.06	8.17	9.25	8.23	7.91	7.70	7.73	8.13	7.49	7.63	7.53	7.68	7.28	6.90	6.93	6.97	6.77
T2R1	7.38	7.58	7.12		7.91	7.77	9.26	8.16	7.91	7.53	7.65	8.13	7.01	6.85	6.71	7.52	6.76	6.49	6.82	6.80	6.66
T2R2	7.42	7.59	7.13		7.91	7.79	9.26	8.15	7.97	7.55	7.63	8.11	7.05	6.86	6.56		6.76	6.45	6.78	6.84	6.66
T2R3	7.44	7.58	7.14		7.91	8.00	9.28	8.11	7.95	7.58	7.68	8.14	7.05	6.81	6.44	7.23	6.76	6.41	6.75	6.80	6.70
T2R4	7.44	7.55	7.15		7.91	8.00	9.28	8.15	7.79	7.33	7.68	8.12	7.08	6.53	6.43	7.31	6.76	6.35	6.84	6.78	6.71
T2R5	7.55	7.55	7.12		7.91	7.99	9.26	8.09	7.86	7.42	7.59	8.09	7.05	6.50	6.41	7.59	6.76	6.42	6.80	6.76	6.69
T2R6	7.53	7.55	7.11		7.91	7.99	9.26	8.12	7.96	7.56	7.62	8.10	7.07	6.43	6.39	7.58	6.76	6.44	6.80	6.76	6.70
T2R7	7.57	7.55	7.13		7.91	7.99	9.28	8.12	7.82	7.42	7.68	8.14	7.11	6.50	6.45	6.42	6.76	6.45	6.84	6.77	6.70
เฉลี่ย	7.48	7.56	7.13		7.91	7.93	9.27	8.13	7.89	7.48	7.65	8.12	7.06	6.58	6.48	7.28	6.76	6.43	6.80	6.79	6.69
T3R1	7.49	7.54	7.14		7.78	7.97	9.16	8.01	7.89	7.59	7.51	7.95	6.81	6.44	6.34	7.61	6.69	7.19	7.18	6.95	6.78
T3R2	7.50	7.50	7.11		7.78	7.97	9.18	8.01	7.83	7.58	7.52	7.89	7.01	6.43	6.32		6.69	7.19	7.17	6.93	6.79
T3R3	7.54	7.53	7.12		7.78	7.97	9.18	7.90	7.86	7.53	7.52	7.86	7.00	6.31	6.29	6.81	6.69	7.15	7.26	6.93	6.79
T3R4	7.60	7.54	7.13		7.78	7.97	9.19	7.93	7.85	7.55	7.58	7.75	7.06	6.39	6.30	6.78	6.69	7.12	7.26	6.95	6.77
T3R5	7.57	7.47	7.11		7.78	7.97	9.19	8.02	7.87	7.57	7.56	7.75	7.11	6.41	6.34	6.65	6.69	7.18	7.22	6.95	6.77
T3R6	7.59	7.45	7.10		7.78	7.97	9.19	7.47	7.83	7.53	7.57	7.81	7.19	6.39	6.37	6.60	6.69	7.19	7.26	6.96	6.79
T3R7	7.60	7.47	7.11		7.78	7.97	9.19	8.00	7.89	7.59	7.57	7.84	7.20	6.50	6.42	5.99	6.69	7.24	7.24	6.96	6.77
เฉลี่ย	7.56	7.50	7.12		7.78	7.97	9.18	7.91	7.86	7.56	7.55	7.84	7.05	6.41	6.34	6.74	6.69	7.18	7.23	6.95	6.78

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ตั้งพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ตั้งกรอง

R3 = ตั้งพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ตั้งเลี้ยงปลา

R7 = ตั้งรวบรวมน้ำจากตั้งเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณความเป็นต่างในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	154	174	162	160	178	146	152	154	154	138	134	128	114	88	88	72	112	70	58	94	130
T1R2	156	176	166	150	168	158	152	152	152	132	136	130	116	88	80	72	100	70	56	94	132
T1R3	156	166	166	150	156	154	152	152	152	132	132	126	114	86	76	76	104	66	58	96	132
T1R4	152	160	164	148	162	152	152	154	154	128	128	128	118	88	76	76	98	66	58	102	132
T1R5	150	156	164	162	156	150	152	152	152	130	130	132	116	84	80	76	106	66	58	100	132
T1R6	158	160	160	150	152	152	158	158	150	130	132	132	118	88	76	76	106	68	58	100	130
T1R7	154	164	154	146	156	148	154	154	154	128	132	128	112	90	80	80	116	66	56	96	132
เฉลี่ย	154	165	162	151	160	151	153	154	153	131	132	129	115	87	79	75	106	67	57	97	131
T2R1	160	164	150	150	158	146	152	152	152	126	132	122	92	36	40	36	80	40	66	90	118
T2R2	164	164	154	140	154	146	152	152	152	126	130	126	94	36	40	36	78	40	66	94	120
T2R3	154	162	156	134	156	154	152	152	152	128	122	120	80	32	40	36	80	40	64	88	120
T2R4	160	166	158	140	150	150	152	152	152	126	120	116	80	32	40	32	80	40	66	90	122
T2R5	158	168	154	152	144	152	152	152	152	126	128	118	78	36	40	32	74	40	64	88	116
T2R6	158	170	154	150	144	154	150	150	150	129	124	120	80	36	44	32	82	40	66	88	118
T2R7	152	164	158	142	150	142	150	150	150	126	124	116	80	34	40	32	82	40	64	88	116
เฉลี่ย	158	165	155	144	151	149	151	151	151	127	126	120	83	35	41	34	79	40	65	89	119
T3R1	160	164	156	150	160	156	152	152	152	120	116	98	56	36	36	32	92	160	190	186	192
T3R2	162	160	156	146	150	156	156	156	156	120	118	100	56	36	36	32	100	160	186	186	232
T3R3	156	158	152	150	156	156	156	156	152	120	116	104	56	36	34	32	98	160	188	190	188
T3R4	164	164	154	150	150	156	158	154	154	120	122	98	58	36	36	32	104	160	190	192	188
T3R5	156	164	156	154	156	156	156	156	150	120	118	96	56	36	36	32	100	160	186	188	188
T3R6	156	156	150	152	156	156	156	158	154	120	116	102	58	36	36	32	106	160	188	188	188
T3R7	160	166	154	150	156	166	158	158	152	120	116	104	58	36	38	32	104	160	190	190	186
เฉลี่ย	159	162	154	150	155	157	156	156	153	120	117	100	57	36	36	32	101	160	188	189	195

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ถังพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ถังกรอง

R3 = ถังพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ถังเลี้ยงปลา

R7 = ถังรวบรวมน้ำจากถังเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	7.51	7.67	6.35	5.31	4.16	3.75	8.90	7.50	7.47	5.16	4.41	4.71	3.94	4.93	5.41	7.21	4.52	3.60	4.92	4.66	4.42
T1R2	7.32	7.17	4.90	4.61	4.36	4.04	7.19	7.56	7.61	5.38	4.70	4.10	4.02	6.37	3.30		4.49	3.61	4.94	4.58	4.32
T1R3	7.25	6.63	5.00	4.74	4.42	4.41	6.82	6.98	7.95	5.47	4.32	4.28	3.75	5.09	4.41	5.31	5.58	3.38	6.22	4.44	3.98
T1R4	8.18	6.98	4.56	4.44	4.10	4.08	7.04	6.35	7.98	5.60	4.69	3.68	3.64	5.29	6.47	8.11	5.33	3.80	6.18	4.42	4.12
T1R5	7.04	7.12	4.48	4.38	4.58	4.03	6.53	7.02	8.01	5.80	4.38	3.77	3.53	4.13	5.90	5.26	4.39	3.73	5.87	4.36	4.53
T1R6	8.28	7.10	4.58	4.20	4.36	3.99	6.90	7.15	8.04	5.16	4.12	3.79	3.35	4.44	4.06	5.35	5.12	3.50	5.89	4.86	4.26
T1R7	6.81	6.82	4.60	4.02	4.68	4.32	7.60	7.65	8.04	5.17	4.25	4.07	3.30	4.70	5.93	4.60	5.76	2.92	6.11	4.50	4.40
เฉลี่ย	7.48	7.07	4.78	4.53	4.38	4.09	7.28	7.17	7.91	5.39	4.41	4.06	3.65	4.99	5.20	5.97	5.03	3.51	5.59	4.53	4.29
T2R1	8.23	7.38	4.47	4.15	4.48	3.80	6.45	6.56	7.91	5.10	3.79	4.08	3.65	4.02	4.66	6.31	4.57	4.57	4.30	3.34	3.56
T2R2	8.16	6.85	4.63	4.23	4.25	3.70	6.33	6.26	7.97	5.21	4.35	3.68	3.90	3.46	4.57		4.11	4.11	3.59	3.45	3.65
T2R3	7.47	7.39	4.50	4.42	4.38	3.47	6.30	5.98	7.95	5.22	4.14	4.18	3.65	3.68	4.17	5.36	4.09	4.08	3.19	3.65	3.98
T2R4	6.99	7.01	4.56	4.40	4.48	3.67	6.30	5.65	7.79	5.55	4.04	3.69	3.69	4.13	5.18	6.01	3.62	3.62	4.56	3.50	3.78
T2R5	8.26	7.45	4.48	4.36	4.59	3.81	6.08	6.23	7.86	5.21	3.90	3.60	3.44	3.87	4.84	5.30	3.25	3.25	4.85	3.85	3.22
T2R6	7.22	7.05	4.90	4.16	4.50	3.40	6.52	5.89	7.96	5.68	3.78	3.61	3.64	4.15	5.20	5.25	3.72	3.72	4.70	3.36	3.35
T2R7	7.48	7.69	4.80	4.49	4.13	3.62	6.24	6.55	7.82	5.38	4.08	4.00	3.91	4.68	4.87	4.59	4.95	4.95	4.55	3.65	3.45
เฉลี่ย	7.69	7.26	4.62	4.32	4.40	3.64	6.32	6.13	7.89	5.34	4.01	3.83	3.70	4.00	4.78	5.47	4.04	4.04	4.25	3.54	3.57
T3R1	8.12	7.07	4.47	4.20	4.25	3.70	6.51	5.65	7.89	5.01	3.70	4.10	3.94	3.53	2.66	5.85	1.89	1.89	2.00	3.45	3.01
T3R2	8.45	7.60	4.50	4.43	4.45	3.49	6.90	4.15	7.88	5.01	3.85	4.01	3.85	3.65	2.71		1.87	1.87	1.89	3.26	2.69
T3R3	8.44	6.44	4.60	4.23	4.28	3.25	6.30	4.02	7.83	5.01	3.82	4.15	3.51	3.42	2.82	5.45	1.63	1.63	2.82	3.31	2.87
T3R4	6.95	7.02	4.48	4.31	4.39	3.44	6.15	4.85	7.85	5.02	3.61	3.51	3.74	3.40	3.58	5.48	2.40	2.40	3.08	3.54	2.66
T3R5	7.76	7.17	4.47	4.38	4.37	3.91	6.21	5.98	7.87	5.01	3.69	3.52	3.73	3.40	4.02	5.50	2.82	2.80	2.77	3.26	2.69
T3R6	7.84	7.22	4.60	4.29	4.59	3.40	6.09	4.06	7.83	5.03	3.64	3.53	3.83	3.39	3.93	5.51	2.51	2.51	2.98	3.12	2.87
T3R7	7.39	6.02	4.63	4.67	4.50	3.59	6.30	5.65	7.89	5.01	3.47	4.01	3.87	4.35	4.42	4.65	3.35	3.35	2.82	3.10	2.85
เฉลี่ย	7.85	6.93	4.54	4.36	4.40	3.54	6.35	4.91	7.86	5.01	3.67	3.83	3.76	3.59	3.45	5.41	2.35	2.35	2.62	3.29	2.81

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ถึงพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ถึงกรอง

R3 = ถึงพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ถึงเลี้ยงปลา

R7 = ถึงรวบรวมน้ำจากถึงเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	0.059	0.159	0.374	0.671	0.599	0.618	0.372	0.162	0.161	0.044	0.043	0.275	0.000	0.108	0.054	0.000	0.030	0.149	0.218	0.189	0.302
T1R2	0.060	0.156	0.359	0.582	0.671	0.616	0.413	0.155	0.143	0.029	0.032	0.268	0.000	0.098	0.051	0.000	0.025	0.198	0.155	0.179	0.290
T1R3	0.060	0.172	0.405	0.645	0.597	0.638	0.406	0.133	0.123	0.012	0.026	0.268	0.000	0.074	0.042	0.000	0.213	0.068	0.136	0.169	0.355
T1R4	0.061	0.161	0.407	0.611	0.630	0.618	0.551	0.143	0.126	0.012	0.033	0.266	0.000	0.124	0.062	0.000	0.747	0.161	0.149	0.167	0.355
T1R5	0.061	0.157	0.430	0.633	0.652	0.691	0.519	0.167	0.090	0.015	0.032	0.254	0.000	0.147	0.058	0.000	0.254	0.200	0.170	0.167	0.348
T1R6	0.060	0.164	0.404	0.616	0.635	0.679	0.548	0.152	0.109	0.041	0.037	0.266	0.000	0.158	0.089	0.000	0.119	0.223	0.219	0.167	0.362
T1R7	0.061	0.160	0.339	0.657	0.679	0.640	0.486	0.174	0.102	0.027	0.039	0.271	0.000	0.124	0.058	0.000	0.103	0.143	0.177	0.184	0.379
เฉลี่ย	0.060	0.160	0.388	0.631	0.638	0.643	0.471	0.155	0.125	0.026	0.035	0.267	0.000	0.119	0.059	0.000	0.213	0.163	0.175	0.174	0.342
T2R1	0.064	0.167	0.478	0.778	0.920	0.729	0.601	0.432	0.391	0.507	0.216	1.079	0.000	0.123	1.021	0.449	1.743	0.059	0.600	0.633	0.307
T2R2	0.064	0.155	0.507	0.816	0.985	0.642	0.717	0.416	0.413	0.452	0.210	1.186	0.000	0.118	1.104	0.548	0.079	0.063	0.478	0.599	0.343
T2R3	0.065	0.164	0.510	0.734	0.881	0.703	0.662	0.411	0.353	0.442	0.191	1.164	0.000	0.121	1.153	0.517	0.339	0.055	0.570	0.580	0.271
T2R4	0.066	0.174	0.432	0.819	0.944	0.737	0.705	0.425	0.423	0.536	0.195	1.236	0.000	0.212	1.023	0.638	0.051	0.059	0.569	0.599	0.382
T2R5	0.066	0.173	0.482	0.686	0.860	0.785	0.645	0.406	0.403	0.592	0.217	1.161	0.000	0.253	1.103	1.113	0.071	0.065	0.631	0.621	0.432
T2R6	0.065	0.167	0.442	0.785	0.920	0.930	0.683	0.442	0.418	0.517	0.205	1.210	0.000	0.208	1.096	0.850	0.073	0.058	0.609	0.659	0.353
T2R7	0.067	0.155	0.446	0.710	0.963	0.770	0.741	0.384	0.418	0.505	0.194	1.224	0.000	0.243	1.266	2.023	0.064	0.062	0.578	0.568	0.346
เฉลี่ย	0.065	0.165	0.471	0.761	0.925	0.757	0.679	0.417	0.403	0.507	0.204	1.180	0.000	0.183	1.110	0.877	0.339	0.060	0.577	0.608	0.348
T3R1	0.065	0.192	0.641	1.207	1.263	1.326	1.286	0.541	0.389	0.795	0.158	1.473	0.000	0.739	5.043	2.320	0.336	6.837	5.784	1.111	0.051
T3R2	0.066	0.182	0.640	1.176	1.270	1.350	1.147	0.539	0.360	0.688	0.116	1.473	0.000	0.763	4.705	2.566	0.259	8.116	5.821	1.272	0.037
T3R3	0.066	0.177	0.663	1.236	1.256	1.174	1.053	0.568	0.319	0.720	0.140	1.504	0.000	0.749	4.522	3.066	0.348	6.287	6.550	1.246	0.051
T3R4	0.065	0.186	0.663	1.200	1.190	1.345	1.135	0.577	0.411	0.763	0.174	1.555	0.000	0.693	4.643	3.771	0.522	7.180	5.685	1.060	0.051
T3R5	0.064	0.212	0.618	1.135	1.236	1.229	0.937	0.662	0.346	0.712	0.144	1.550	0.000	0.705	5.702	3.786	0.457	5.765	4.932	1.231	0.050
T3R6	0.065	0.187	0.671	1.198	1.188	1.391	1.140	0.640	0.408	0.753	0.201	1.589	0.000	0.741	5.393	3.773	0.473	6.982	4.744	1.176	0.063
T3R7	0.067	0.201	0.698	1.251	1.326	1.258	1.384	0.633	0.418	0.693	0.184	1.557	0.000	0.761	4.949	0.413	0.423	8.201	4.807	1.130	0.066
เฉลี่ย	0.066	0.191	0.656	1.200	1.247	1.296	1.154	0.594	0.379	0.732	0.159	1.529	0.000	0.736	4.994	2.814	0.402	7.052	5.475	1.175	0.052

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ตั้งพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ตั้งกรอง

R3 = ตั้งพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ตั้งเลี้ยงปลา

R7 = ตั้งรวบรวมน้ำจากตั้งเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.009	0.013	0.038	0.043	0.046	0.012	0.002	0.033	0.205	0.095	0.093	0.100	0.092	0.098	0.131	0.214	0.344
T1R2	0.000	0.000	0.002	0.004	0.009	0.011	0.038	0.038	0.044	0.010	0.000	0.019	0.203	0.092	0.091	0.100	0.096	0.090	0.138	0.230	0.339
T1R3	0.000	0.000	0.003	0.004	0.009	0.012	0.037	0.037	0.045	0.016	-0.001	0.023	0.183	0.080	0.071	0.084	0.079	0.080	0.121	0.225	0.308
T1R4	0.000	0.000	0.002	0.004	0.008	0.012	0.037	0.038	0.047	0.010	0.000	0.024	0.198	0.097	0.077	0.087	0.087	0.079	0.137	0.237	0.310
T1R5	0.000	0.000	0.002	0.004	0.009	0.012	0.038	0.039	0.048	0.013	0.000	0.021	0.200	0.089	0.077	0.123	0.091	0.080	0.132	0.223	0.330
T1R6	0.000	0.000	0.003	0.005	0.008	0.013	0.039	0.038	0.045	0.012	0.001	0.022	0.199	0.094	0.082	0.090	0.080	0.077	0.139	0.223	0.334
T1R7	0.000	0.000	0.001	0.004	0.008	0.012	0.037	0.039	0.048	0.012	0.000	0.022	0.203	0.097	0.098	0.220	0.104	0.107	0.147	0.228	0.390
เฉลี่ย	0.000	0.000	0.002	0.004	0.009	0.012	0.038	0.039	0.046	0.012	0.000	0.023	0.199	0.092	0.084	0.112	0.090	0.087	0.135	0.226	0.337
T2R1	0.000	0.000	0.009	0.015	0.036	0.060	0.111	0.093	0.369	0.088	0.488	0.580	0.264	0.448	0.314	0.905	0.727	0.485	0.395	0.513	0.658
T2R2	0.000	0.000	0.008	0.015	0.037	0.059	0.112	0.090	0.362	0.185	0.468	0.555	0.254	0.427	0.308	0.905	0.732	0.463	0.389	0.521	0.675
T2R3	0.000	0.000	0.010	0.016	0.037	0.057	0.109	0.094	0.365	0.180	0.464	0.558	0.212	0.354	0.289	0.432	0.497	0.416	0.383	0.547	0.664
T2R4	0.000	0.000	0.009	0.014	0.037	0.056	0.109	0.090	0.357	0.180	0.496	0.571	0.240	0.420	0.306	1.345	0.671	0.584	0.426	0.519	0.701
T2R5	0.000	0.000	0.009	0.014	0.035	0.057	0.109	0.091	0.364	0.186	0.499	0.589	0.246	0.451	0.302	1.258	0.669	0.603	0.416	0.518	0.709
T2R6	0.000	0.000	0.010	0.013	0.035	0.059	0.110	0.091	0.365	0.183	0.496	0.574	0.256	0.427	0.298	1.140	0.718	0.591	0.421	0.523	0.745
T2R7	0.000	0.000	0.010	0.014	0.035	0.058	0.110	0.092	0.365	0.189	0.487	0.574	0.260	0.440	0.313	1.325	0.680	0.617	0.427	0.571	0.755
เฉลี่ย	0.000	0.000	0.009	0.014	0.036	0.058	0.110	0.092	0.364	0.170	0.485	0.571	0.249	0.424	0.301	1.044	0.671	0.537	0.408	0.530	0.701
T3R1	0.000	0.000	0.004	0.007	0.018	0.064	0.152	0.237	0.596	0.281	0.680	0.532	0.352	0.259	1.006	1.809	3.872	0.920	4.048	0.728	0.401
T3R2	0.000	0.000	0.003	0.008	0.018	0.063	0.154	0.248	0.591	0.289	0.671	0.521	0.345	0.262	1.031	1.809	3.852	0.974	3.733	0.747	0.385
T3R3	0.000	0.000	0.003	0.008	0.019	0.064	0.153	0.245	0.584	0.306	0.703	0.517	0.323	0.240	0.957	1.659	3.871	0.892	3.798	0.717	0.400
T3R4	0.000	0.000	0.003	0.008	0.018	0.063	0.155	0.248	0.588	0.291	0.677	0.526	0.345	0.252	1.016	1.928	3.742	0.885	3.755	0.725	0.349
T3R5	0.000	0.000	0.004	0.007	0.019	0.062	0.153	0.246	0.573	0.290	0.685	0.511	0.327	0.250	0.947	1.710	3.752	0.915	3.759	0.728	0.366
T3R6	0.000	0.000	0.006	0.008	0.018	0.061	0.153	0.248	0.552	0.288	0.717	0.507	0.437	0.245	0.982	1.698	3.816	0.939	3.811	0.725	0.384
T3R7	0.000	0.000	0.003	0.009	0.019	0.065	0.155	0.249	0.598	0.296	0.696	0.498	0.365	0.275	1.035	3.384	3.777	0.939	3.531	0.744	0.371
เฉลี่ย	0.000	0.000	0.004	0.008	0.018	0.063	0.154	0.246	0.580	0.291	0.690	0.516	0.356	0.255	0.996	2.000	3.812	0.923	3.776	0.731	0.379

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ตั้งพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ตั้งกรอง

R3 = ตั้งพักน้ำหลังการบำบัด

R4, R5, R6 = ตั้งเลี้ยงปลา

R7 = ตั้งรวบรวมน้ำจากตั้งเลี้ยงปลา

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณออร์โทฟอสเฟตในระบบหมุนเวียนที่ใช้เลี้ยงปลาในความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เวลา (วัน)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	40	47	54	61	68	75	82	89	96
T1R1	0.000	0.000	0.006	0.023	0.030	0.043	0.131	0.116	0.136	0.165	0.043	0.267	0.424	0.686	1.252	0.994	0.959	1.269	3.838	2.445	2.977
T1R2	0.000	0.000	0.006	0.023	0.031	0.046	0.146	0.118	0.139	0.161	0.040	0.278	0.435	0.692	1.247	0.919	1.101	1.229	2.192	2.516	3.119
T1R3	0.000	0.000	0.008	0.024	0.033	0.041	0.138	0.117	0.127	0.163	0.047	0.279	0.438	0.716	1.265	0.901	1.110	1.212	1.997	2.392	3.288
T1R4	0.000	0.000	0.007	0.029	0.033	0.047	0.133	0.118	0.140	0.177	0.043	0.279	0.431	0.731	1.252	0.910	1.034	1.238	2.015	2.126	3.199
T1R5	0.000	0.000	0.007	0.024	0.033	0.047	0.141	0.118	0.139	0.158	0.043	0.283	0.434	0.723	1.225	0.812	1.087	1.252	1.921	2.365	3.142
T1R6	0.000	0.000	0.007	0.023	0.032	0.047	0.140	0.121	0.144	0.162	0.048	0.283	0.435	0.731	1.247	0.786	1.047	1.358	2.019	2.086	3.257
T1R7	0.000	0.000	0.007	0.024	0.034	0.049	0.140	0.119	0.140	0.163	0.042	0.279	0.427	0.714	1.247	0.839	1.061	1.278	1.930	2.449	3.244
เฉลี่ย	0.000	0.000	0.007	0.024	0.032	0.046	0.138	0.118	0.139	0.164	0.044	0.278	0.432	0.713	1.248	0.880	1.057	1.262	2.273	2.340	3.176
T2R1	0.000	0.000	0.016	0.038	0.073	0.102	0.216	0.203	0.256	0.307	0.086	0.492	0.766	1.267	2.481	2.481	3.572	4.109	5.032	5.542	6.651
T2R2	0.000	0.000	0.018	0.039	0.071	0.102	0.226	0.200	0.257	0.307	0.103	0.502	0.803	1.231	2.516	2.432	3.647	4.239	5.094	5.555	6.771
T2R3	0.000	0.000	0.015	0.037	0.073	0.105	0.227	0.208	0.257	0.305	0.089	0.505	0.779	1.283	2.547	2.476	3.647	4.237	5.067	5.537	6.735
T2R4	0.000	0.000	0.017	0.042	0.076	0.107	0.217	0.208	0.305	0.288	0.090	0.512	0.782	1.268	2.560	2.445	3.536	4.202	4.943	5.710	6.673
T2R5	0.000	0.000	0.019	0.038	0.070	0.118	0.219	0.214	0.264	0.321	0.087	0.526	0.776	1.259	2.472	2.405	3.621	4.175	5.001	5.781	6.620
T2R6	0.000	0.000	0.018	0.037	0.071	0.118	0.229	0.211	0.271	0.307	0.094	0.520	0.763	1.308	2.485	2.410	3.559	4.166	5.094	5.759	6.589
T2R7	0.000	0.000	0.019	0.039	0.070	0.116	0.231	0.209	0.263	0.314	0.094	0.520	0.764	1.261	2.476	2.662	3.550	4.220	5.080	5.639	6.860
เฉลี่ย	0.000	0.000	0.018	0.038	0.072	0.110	0.223	0.208	0.267	0.307	0.092	0.511	0.776	1.268	2.505	2.473	3.590	4.197	5.044	5.646	6.700
T3R1	0.000	0.000	0.031	0.057	0.083	0.120	0.247	0.237	0.307	0.384	0.120	0.730	1.093	1.743	3.013	3.213	3.958	4.277	4.668	5.085	5.994
T3R2	0.000	0.000	0.031	0.058	0.083	0.134	0.243	0.236	0.302	0.384	0.120	0.732	1.274	1.761	3.035	3.386	3.936	4.393	4.792	5.054	5.981
T3R3	0.000	0.000	0.029	0.054	0.086	0.126	0.259	0.238	0.296	0.384	0.118	0.725	1.102	1.777	3.071	3.465	3.954	4.166	4.752	5.014	5.950
T3R4	0.000	0.000	0.026	0.064	0.087	0.133	0.264	0.236	0.314	0.386	0.118	0.748	1.107	1.777	3.026	3.355	3.900	4.308	4.655	5.080	5.622
T3R5	0.000	0.000	0.030	0.057	0.086	0.124	0.263	0.234	0.303	0.384	0.120	0.728	1.115	1.788	3.026	3.501	3.936	4.313	4.721	4.938	5.864
T3R6	0.000	0.000	0.027	0.060	0.089	0.131	0.258	0.234	0.307	0.396	0.129	0.724	1.090	1.786	3.048	3.417	3.914	4.411	4.650	5.112	5.963
T3R7	0.000	0.000	0.034	0.055	0.090	0.131	0.263	0.229	0.306	0.384	0.119	0.724	1.099	1.784	3.097	3.146	3.927	4.415	4.548	4.974	5.972
เฉลี่ย	0.000	0.000	0.030	0.058	0.086	0.129	0.257	0.235	0.305	0.386	0.121	0.730	1.126	1.774	3.045	3.355	3.932	4.326	4.684	5.037	5.909

T1 = 100 ตัว/ลบ.ม.

T2 = 200 ตัว/ลบ.ม.

T3 = 300 ตัว/ลบ.ม.

R1 = ตั้งพักน้ำก่อนการบำบัด

R2 = ตั้งกรอง

R3 = ตั้งพักน้ำหลังการบำบัด

R4,R5,R6 = ตั้งเลี้ยงปลา

R7 = ตั้งรวบรวมน้ำจากตั้งเลี้ยงปลา