



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การสะสมของแอมโมเนียทั้งหมด แอมโมเนียอิสระ และไนเตรท
ในบ่อเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียน

Accumulation of Total Ammonia Nitrogen, Unionized Ammonia and Nitrate
in the Recirculating Aquaculture System

สุรพงษ์ ชาวสวนงาม¹⁾ ธนา ราชภูริภักดี²⁾ พนมชัย วีระยุทธศิลป์¹⁾ และ กัลยกร ขวัญมา¹⁾*

Surapong Chawsuanngam¹⁾ Thana Radpukdee²⁾ Panomchai Weerayutsil¹⁾

and Kulyakorn Khuanmar¹⁾*

¹⁾สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹⁾Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

²⁾Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Received: 10 November 2021

Revised: 1 December 2021

Accepted: 2 December 2021

Available online: 24 December 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสะสมของ แอมโมเนียทั้งหมด (TAN) แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และไนเตรท (NO_3) ในระบบเลี้ยงปลาแบบระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเปลี่ยนถ่ายน้ำให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาด้วยระบบน้ำหมุนเวียนที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบตัวกรองชีวภาพ ในการทดลองได้เลี้ยงปลานิล 2 ความหนาแน่นคือ 30 ตัว/ลบ.ม. และ 40 ตัว/ลบ.ม. และเพื่อลดการสะสมของของเสียในบ่อเลี้ยงปลา ได้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงทดสอบทุก 2 สัปดาห์ จากผลการศึกษาพบว่า การสะสม TAN NH_3 และ NO_3 ในบ่อเลี้ยงปลาแปรผันตามความหนาแน่นของปลาในบ่อเลี้ยง หากอบการเปลี่ยนถ่ายน้ำกำหนดที่ 2 สัปดาห์ ปริมาณการสะสมของ TAN และ NO_3 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามการสะสมของ NH_3 เป็นปัจจัยหลัก

ที่จะต้องใช้เป็นตัวกำหนดระยะเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำ คือควรเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 1 อาทิตย์เพื่อลดความเป็นพิษของ NH_3 ต่อปลา

คำสำคัญ: ปลานิล บ่อเลี้ยงปลาระบบน้ำหมุนเวียน แอมโมเนียทั้งหมด แอมโมเนียอิสระ ไนเตรท

Abstract

This research was to study the accumulation of total ammonia nitrogen (TAN), unionized ammonia (NH_3) and nitrate (NO_3) in the recirculating aquaculture system to be used in consideration of the appropriate water change for fish farming in the treated recirculating water system using biofilter treatment. In the experiment, two stocking tilapia densities were tested as follows: 30 fish/ m^3 and 40 fish/ m^3 . To reduce the accumulation of toxic substances from fish waste, the water from the test ponds were changed every 2 weeks. The study revealed that, the accumulation of TAN NH_3 and NO_3 in the fish ponds were proportional to the number of fish densities in the ponds. If the water change cycle was scheduled at 2 weeks, the accumulation of TAN and NO_3 was acceptable. However, the accumulation of NH_3 was the main factor that must be used to determine the water change interval. That was, water should be changed every 1 week to reduce toxicity to fish.

Keywords: Tilapia: Recirculating aquaculture system: Total ammonia nitrogen (TAN): Unionized ammonia (NH_3): Nitrate (NO_3)

*ติดต่อ: kulyakorn@kku.ac.th

1. บทนำ

การเลี้ยงปลาด้วยระบบน้ำหมุนเวียนเป็นระบบการเลี้ยงปลาที่ช่วยแก้ไขปัญหการเลี้ยงปลาแบบดั้งเดิมที่ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำ และจัดการคุณภาพน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาได้ ของเสียส่วนใหญ่มาจากการขับถ่ายของปลาก่อให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในบ่อเลี้ยง แอมโมเนียอยู่ในรูปของแอมโมเนียไอออน (Ionized Ammonia, NH_4^+) และแอมโมเนียอิสระ (Unionized Ammonia, NH_3) ซึ่งจะละลายอยู่ในน้ำเรียกว่าแอมโมเนียทั้งหมด (Total Ammonia Nitrogen, TAN) ความสามารถในการ

ละลายน้ำของแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) และแอมโมเนียอิสระ (NH_3) จะละลายอยู่ในน้ำโดยขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยง ทั้งนี้แอมโมเนียที่เป็นพิษต่อปลาอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) หากต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำในระบบเลี้ยงปลาแบบน้ำหมุนเวียน แอมโมเนียทั้งหมด (TAN) จะต้องถูกบำบัดเพื่อลดความเป็นพิษจากแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ดังนั้นน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาจะต้องถูกบำบัดก่อนจึงจะสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำในบ่อเลี้ยงปลาได้ ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาจะเปลี่ยนแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) ไปเป็นไนเตรท (NO_3)

ซึ่งสามารถลดความเป็นพิษเนื่องจากแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ได้ คุณภาพน้ำที่เหมาะสมและสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำในระบบเลี้ยงปลาแบบน้ำหมุนเวียนควรมีค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะแสดงเฉพาะบางพารามิเตอร์ คือ กรด-ด่าง (pH) แอมโมเนียทั้งหมด (TAN) แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และไนเตรท (NO_3)

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลา

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสม	อ้างอิง
pH	6.0-9.0	[1]
	6.5-8.5	[2]
TAN	<1.0 mg/l	[3]
	<8.0 mg/l	[2]
NH_3	<0.02 mg/l	[4]
	< 0.05 mg/l	[5]
NO_3	<1000 mg/l	[1]
	<250 mg/l	[2]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการสะสมของ แอมโมเนียทั้งหมด (TAN) แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และไนเตรท (NO_3) ในระบบเลี้ยงปลาแบบระบบน้ำหมุนเวียนเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเปลี่ยนถ่ายน้ำให้เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาด้วยระบบน้ำหมุนเวียน

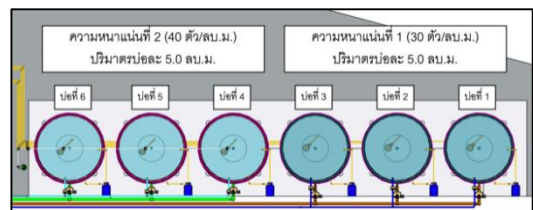
2. วิธีการวิจัย

การศึกษารวบรวมของแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และไนเตรท (NO_3) ในระบบเลี้ยงปลาแบบระบบน้ำหมุนเวียนน้ำเลี้ยงปลาได้ผ่าน

การบำบัดด้วยระบบแบบตัวกรองชีวภาพ (Biofilter Treatment) และได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 การหมุนเวียนน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ในงานวิจัยนี้ทดลองเลี้ยงปลานิล 2 ความหนาแน่น ดังนี้ ความหนาแน่นที่ 1 เท่ากับ 30 ตัว/ลบ.ม. และ ความหนาแน่นที่ 2 เท่ากับ 40 ตัว/ลบ.ม. ในแต่ละความหนาแน่นมีบ่อเลี้ยงทดสอบความหนาแน่นละ 3 บ่อ ขนาดความจุบ่อละ 5 ลบ.ม. ดังแสดงในรูปที่ 1 น้ำเสียจากการเลี้ยงปลาจะถูกบำบัดด้วยระบบบำบัดแบบตัวกรองชีวภาพ (Biofilter Treatment System) ซึ่งเป็นถังเติมอากาศ ขนาด 5.0 ลบ.ม. จำนวน 2 ถัง ต่ออนุกรมกัน โดยมีอัตราการหมุนเวียนน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดจากบ่อเลี้ยงทดสอบบ่อละ 1.0 ลบ.ม./วัน จำนวน 6 บ่อ รวมเป็น 6 ลบ.ม./วัน และลดการสะสมของของเสียโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงทดสอบทุก 2 สัปดาห์ โดยทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงทดสอบทุกบ่อปริมาตร 4.0 ลบ.ม. และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำต่อเนื่อง 75 วัน



รูปที่ 1 บ่อเลี้ยงปลา 2 ความหนาแน่น

2.2 การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำ วัดค่าโดยใช้ Multimeter แบบพกพา ยี่ห้อ HACH ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) วัดด้วยอุปกรณ์ Test Kit ยี่ห้อ MACHEREY-NAGEL

และ ค่าไนเตรท (NO_3) ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ Test Kit ยี่ห้อ MACHEREY-NAGEL

การคำนวณค่าแอมโมเนียอิสระ (NH_3) คำนวณจากการหาอัตราส่วนของ NH_3 จากการตรวจวัดค่า TAN โดยมีสมการในการคำนวณ NH_3 ดังแสดงในสมการ (1) และ (2) [6]

$$pK_a = 0.09018 + 2729.92/T \quad (1)$$

เมื่อ pK_a = ค่าคงที่ของการแตกตัว

T = อุณหภูมิของน้ำ (เควิน)

$$f = 1/(10^{pK_a - pH} + 1) \quad (2)$$

เมื่อ f = สัดส่วนของแอมโมเนียอิสระ (ร้อยละ)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

จากผลการวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลานิล 2 ความหนาแน่นคือ ความหนาแน่นที่ 1 เลี้ยง 30 ตัว/ลบ.ม. และความหนาแน่นที่ 2 เลี้ยง 40 ตัว/ลบ.ม. โดยมีระยะเวลาในการตรวจวิเคราะห์ต่อเนื่อง 75 วัน โดยมีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ 3 ค่า ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) ค่าแอมโมเนียอิสระ (NH_3) และค่าไนเตรท (NO_3) แสดงผลได้ดังนี้

3.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

จากรูปที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำบ่อเลี้ยงปลาความหนาแน่นที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าค่า pH ยังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา คือ 6.5-8.5 [2] แต่จะมีแนวโน้มของค่า pH เพิ่มขึ้น โดยที่ความหนาแน่นที่ 1 มีค่าเฉลี่ย pH อยู่ในช่วง 6.54 – 7.81 และความหนาแน่นที่ 2 มีค่าเฉลี่ย pH อยู่ในช่วง 6.85 – 7.80 ซึ่งค่า pH ที่สูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ที่ละลายอยู่ในน้ำ เนื่องจากสมดุลระหว่าง แอมโมเนียอิสระ (NH_3) และ แอมโมเนียไอออน (NH_4^+) จะมีแนวโน้มที่จะเกิดแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ที่สภาวะ pH สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า pH จะมีการลดลงหลังจากที่มีการถ่ายน้ำ ดังจะเห็นว่าปัจจัยจากการถ่ายน้ำมีความสำคัญที่ช่วยให้ค่า pH กลับสู่สภาวะที่เป็นกลาง

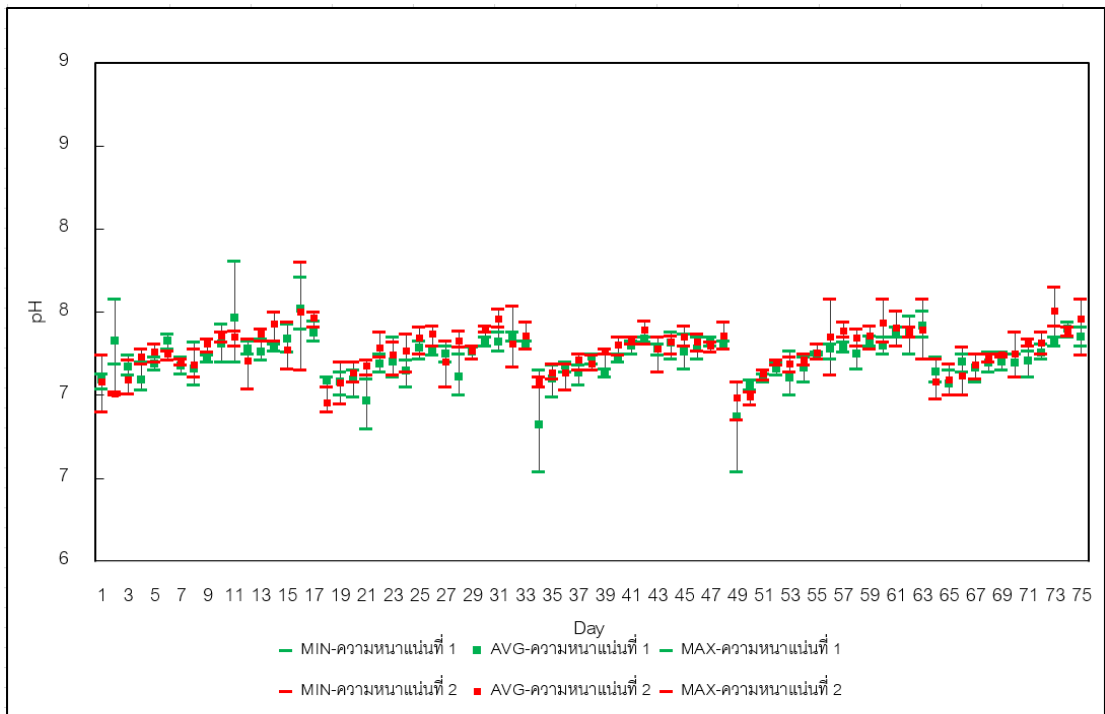
3.2 การสะสมของค่าแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) และแอมโมเนียอิสระ (NH_3)

จากผลการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) ข้อมูล pH และ อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยง ได้นำมาคำนวณค่าแอมโมเนียอิสระ (NH_3) ซึ่งเป็นรูปของแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อปลา ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 3 และ 4

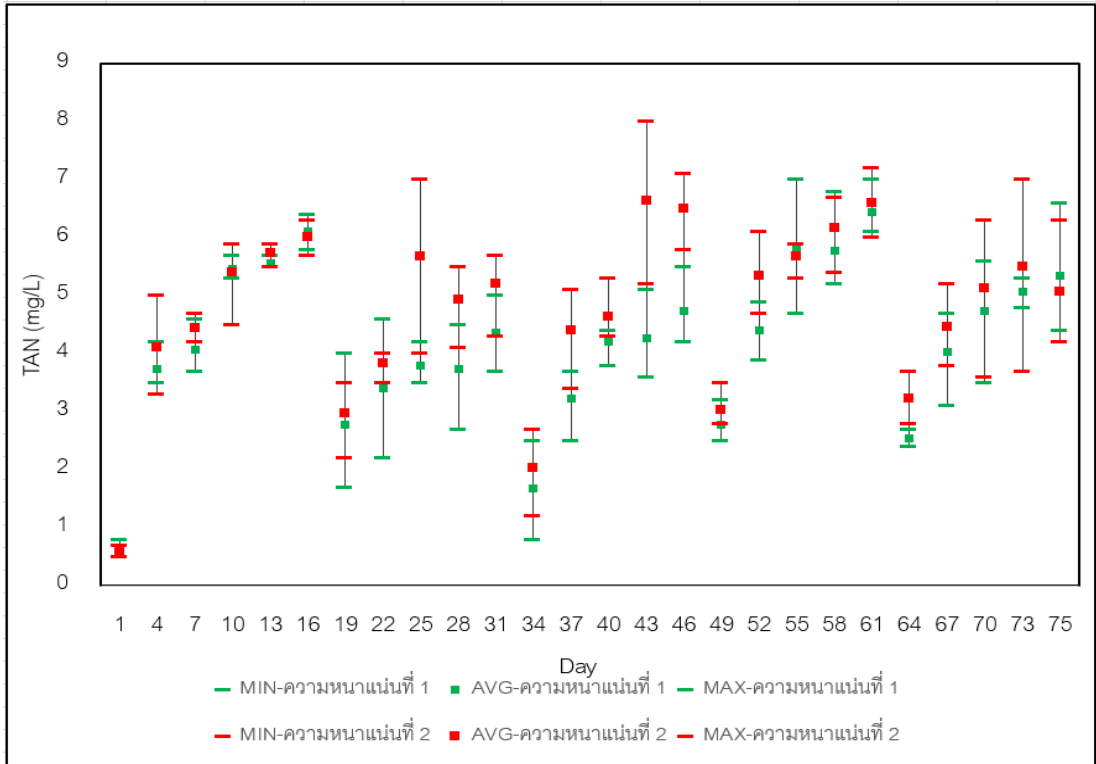
จากรูปที่ 3 แสดงการสะสมของแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) ที่ความหนาแน่นที่ 1 มีการสะสมของค่า TAN ระหว่าง 0.50 – 7.00 mg/l และความหนาแน่นที่ 2 มีการสะสมของค่า TAN ระหว่าง 0.50 – 8.00 mg/l ความหนาแน่นของปลาที่สูงขึ้นทำให้การสะสมของ TAN นั้นมีค่าสูงตามไปด้วยเนื่องจากการขับถ่ายของเสียจากปลาในบ่อเลี้ยงทดสอบ และทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำปริมาณ TAN ก็จะลดลง มีงานวิจัยได้แนะนำค่าที่เหมาะสมของ TAN ไม่เกิน 1.0 mg/l [3] และไม่เกิน 8.0 mg/l [2] อย่างไรก็ตามค่า

TAN ไม่ได้ถูกกล่าวอ้างถึงในการควบคุมคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลามากนัก แต่มีส่วนสำคัญในการนำมาคำนวณปริมาณของ NH_3 ณ pH และ อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

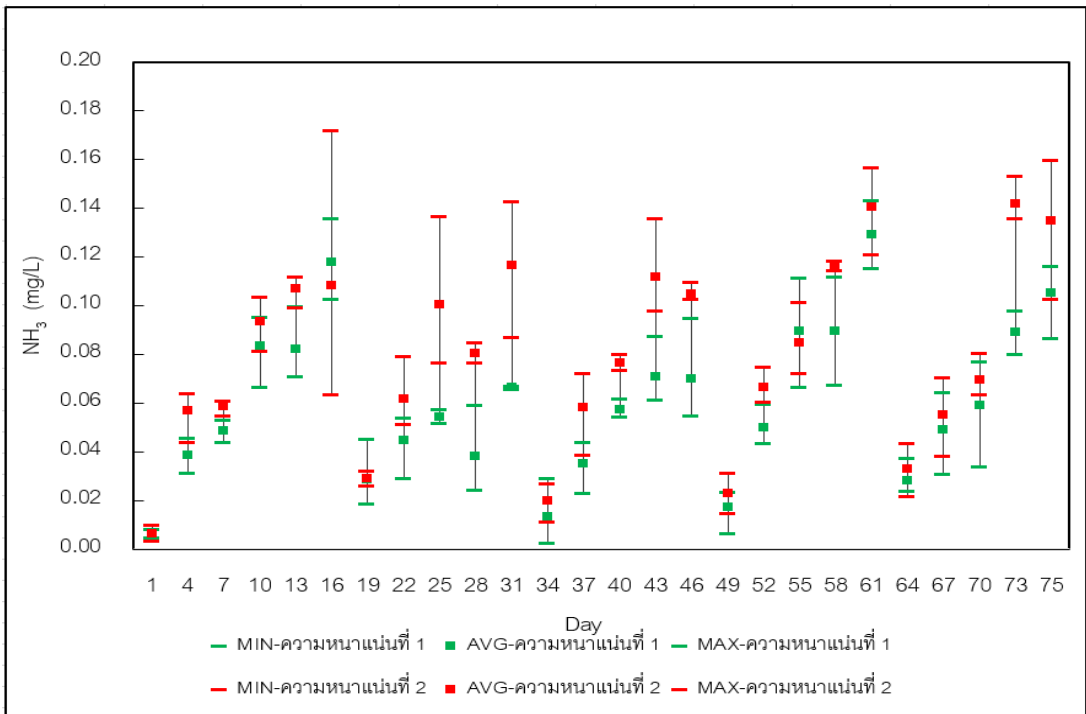
จากรูปที่ 4 ปริมาณการสะสมของ NH_3 ซึ่งได้จากการคำนวณ TAN มาคำนวณ ซึ่งแปรผันตาม pH และ อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยง พบว่าในความหนาแน่นที่ 1 มีการสะสมของค่า NH_3 ระหว่าง 0.01 – 0.14 mg/l และความหนาแน่นที่ 2 มีการสะสมของค่า NH_3 ระหว่าง 0.01 – 0.17 mg/l โดยปริมาณที่เหมาะสม



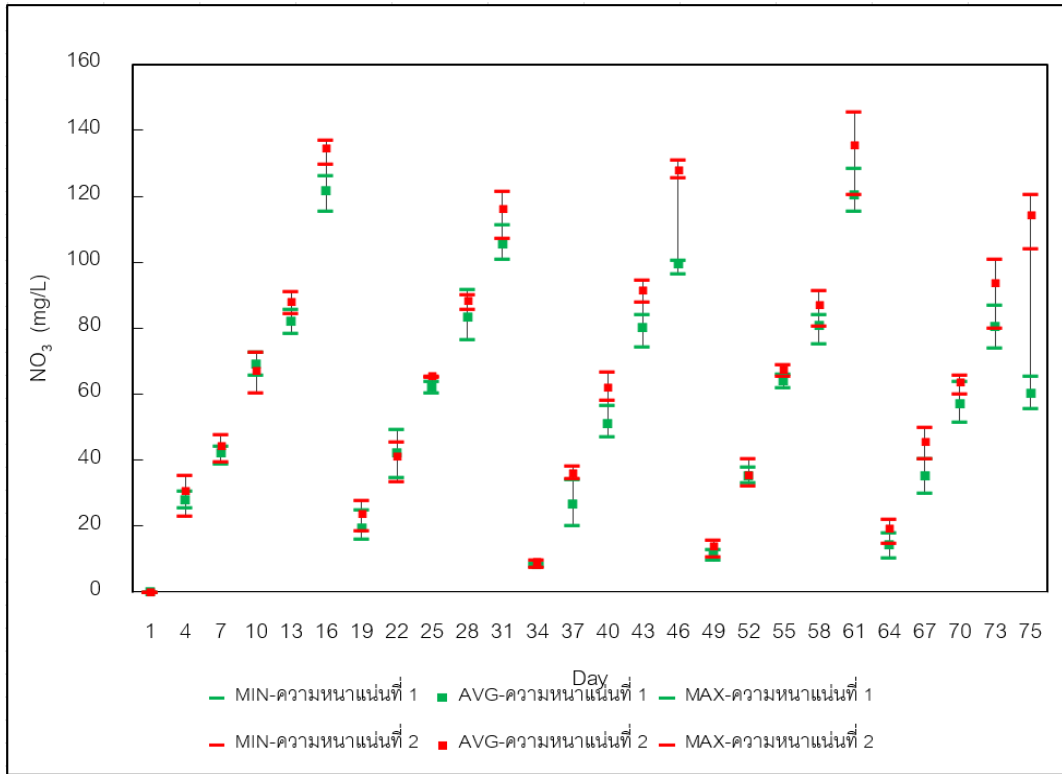
รูปที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำบ่อเลี้ยงปลาคความหนาแน่นที่ 1 และ 2



รูปที่ 3 ปริมาณการสะสมแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) บ่อเลี้ยงปลาความหนาแน่นที่ 1 และ 2



รูปที่ 4 ปริมาณการสะสมแอมโมเนียอิสระ (NH₃) ในบ่อเลี้ยงปลาความหนาแน่นที่ 1 และ 2



รูปที่ 5 ปริมาณการสะสมไนเตรท (NO₃) ในบ่อเลี้ยงปลาความหนาแน่นที่ 1 และ 2

ควรมีค่า NH₃ ไม่เกิน 0.02 mg/l [4] และมีค่า NH₃ ไม่เกิน 0.05 mg/l [5] หากบ่อเลี้ยงปลามีค่า NH₃ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.10 – 0.40 mg/l จะทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตช้า [7] และถ้าปริมาณสูงเกิน 0.6 mg/l จะส่งผลให้ปลาตาย [8]

โดยบ่อที่มีการเลี้ยงปลาความหนาแน่นสูงทำให้มีปริมาณ NH₃ สูงขึ้นเนื่องมาจากการสะสมของ TAN และค่า pH ที่สูงขึ้นตามระยะเวลาจึงเป็นปัจจัยร่วมกันที่ทำให้การเกิด NH₃ สะสมสูงขึ้น การสะสมของแอมโมเนียจะมีค่าลดลงทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ดังนั้นความถี่ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะช่วยลดการสะสมของ NH₃ ได้

3.3 การสะสมของค่าไนเตรท

ผลการวิเคราะห์ไนเตรท (NO₃) แสดงค่าในรูปที่ 5 โดยในบ่อเลี้ยงทดสอบนั้นมีการสะสมของ NO₃ ของบ่อเลี้ยงทดสอบความหนาแน่นที่ 1 อยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 – 128.30 mg/l และความหนาแน่นที่ 2 อยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 – 145.60 mg/l ปริมาณ NO₃ มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำ มีงานวิจัยได้แนะนำค่าที่เหมาะสมของ NO₃ ควรน้อยกว่า 1,000 mg/l [1] บางงานวิจัยแนะนำว่า NO₃ ควรน้อยกว่า 250 mg/l [2] ปริมาณ NO₃ สูงสุดที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงทั้งสองความหนาแน่นมีค่าไม่เกินค่าแนะนำในการเลี้ยงปลาน้ำจืด การเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงช่วยลดการสะสมของ NO₃ ซึ่งการสะสมของ NO₃ ในระบบนั้นจะแปรผันตามความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยง

4. สรุป

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นั้นไม่แตกต่างกันมาก สำหรับการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่น 30 และ 40 ตัว/ลบ.ม. แต่มีแนวโน้มที่ค่า pH สูงขึ้น ภายใน 2 อาทิตย์ การเพิ่มขึ้นของ pH ไม่เกินค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลา และจะกลับมามีสภาวะเข้าใกล้ความเป็นกลาง (pH = 7) หลังจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากบ่อเลี้ยง

ในส่วนของค่าแอมโมเนียทั้งหมด (TAN) และค่าแอมโมเนียอิสระ (NH_3) มีการสะสมเพิ่มขึ้น และการเลี้ยงปลาความหนาแน่นสูง จะมีการสะสม TAN และ NH_3 มากกว่าการเลี้ยงปลาในความหนาแน่นต่ำ หากพิจารณาค่าสูงสุดที่เหมาะสมของ NH_3 ในบ่อเลี้ยงไม่เกิน 0.05 mg/l รอบการเปลี่ยนน้ำควรจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอาทิตย์ละ 1 ครั้ง จะช่วยลดการสะสมของ NH_3 ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้

เนื่องจากไนเตรท (NO_3) มีค่าที่แสดงความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยจึงสามารถมีในบ่อเลี้ยงปลาในปริมาณที่สูงได้ ดังนั้นการสะสมของไนเตรทในระยะเวลา 2 อาทิตย์ จึงไม่สะสมจนถึงจุดที่แสดงความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

อย่างไรก็ตามตัวแปรที่สำคัญต่อการควบคุมคุณภาพน้ำคือปริมาณการสะสมของ NH_3 ไม่ควรเกินระดับที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ไม่ควรเกิน 0.02 mg/l) ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปลี่ยนถ่ายน้ำให้พิจารณาที่ปริมาณการสะสมของ NH_3 เป็นหลัก และควรเปลี่ยนถ่ายน้ำอาทิตย์ละ 1 ครั้ง เพื่อลดความเป็นพิษของ NH_3 ต่อปลา

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และกลุ่มวิจัยวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Yang L, Chou L, Shieh, WK. Biofilter treatment of aquaculture water for reuse applications. Water research. 2001; 35(13): 3097-108.
- [2] Dauda AB and Olusegun AA. Interrelationships among Water Quality Parameters in Recirculating Aquaculture System. Nigerian Journal of Rural Extension and Development. 2014; 7(2): 20-5.
- [3] Zweig RD, Morton JD, Stewart MM. Source Water Quality for Aquaculture: A Guide for Assessment. 1999
- [4] Buttner JK, Soderberg RW, Terlizzi DE. An introduction to water chemistry in freshwater aquaculture. Northeastern Regional Aquaculture Center, University of Massachusetts. Dartmouth North Dartmouth Massachusetts. 1993; 170: 1-4.

- [5] Masser MP, Rakocy J, Losordo TM. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. Management of Recirculating Systems. Southern Regional Aquaculture Center Publication. 1992; 452.
- [6] Kenneth E, Russo RC, Lund RE, Thurston R. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 1975; 32: 2379-83.
- [7] อังสนา ฉั่วสุวรรณ และ สัจวาฬย์ ราชธรรมมา. ผลกระทบของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ. รายงานผลการวิจัย. กรมวิทยาศาสตร์บริการ: กรุงเทพฯ; 2549
- [8] Durborow R, Crosby D, Brunson M. Ammonia in Fish Ponds. 1997; 32.