

จลนพลศาสตร์และการบำบัดแอมโมเนียของดินตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาว

Kinetics and Ammonia Treatment of Sediment from White Shrimp

(*Litopenaeus vannamei*) Pond

ธัญรัตน์ มะเสน¹ สุพรรณณี ลิโทชวลิต² ปวีณา ตปนิยวรวงษ์³ สรวิต เผ่าทองสุข⁴ และมะลิวัลย์ คุตะโค^{5*}

Thanyarat Masen¹, Supanee Leethochavalit², Paveena Tapaneeyaworawong³,

Sorawit Powtongsook⁴ and Maliwan Kutako^{5*}

บทคัดย่อ

แหล่งไนโตรเจนหลักที่เข้าสู่บ่อเลี้ยงกุ้งมาจากอาหารที่เหลือจากการกินและของเสียอินทรีย์ที่กุ้งปลดปล่อยออกของเสียจะสะสมบริเวณดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง และจุลินทรีย์บริเวณดินพื้นบ่อทำหน้าที่ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของดินตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งในการบำบัดแอมโมเนีย บ่อเลี้ยงกุ้งอยู่ในอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ขนาด 7 ไร่ ให้ผลผลิต 12 ตัน ได้เก็บดินจากบ่อทันทีหลังจากเก็บผลผลิตกุ้ง นำดินมาบรรจุในถัง 10 ซม. (0.37 ตร.ม.) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ 30 ลิตร ปริมาตร 20 ลิ. และเติมอากาศตลอด 40 วัน ทดลองบำบัดแอมโมเนียความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 0 10 20 30 40 และ 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. พบว่าการเติมแอมโมเนีย 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด 8.75 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($P \leq 0.05$) และกระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดภายใน 28 วัน ทุกชุดทดลอง โดยแอมโมเนียและไนไตรต์ถูกบำบัดเกือบหมด ส่วนไนเตรตต่ำกว่า 7.97 มก.-ไนโตรเจน/ล. อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (V_{max}) ที่คำนวณได้เท่ากับ 18.18 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน และ K_s เท่ากับ 92.41 มก.-ไนโตรเจน/ล. อัตราการบำบัดแอมโมเนียนี้สามารถใช้ประเมินความสามารถในการรองรับของเสียไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวได้

คำสำคัญ: จลนพลศาสตร์ การบำบัดแอมโมเนีย ดินตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งขาว

¹ นิสิตปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จันทบุรี 22170

² นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

³ ผู้ช่วยนักวิจัยอาวุโส ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

⁴ นักวิจัยอาวุโส ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120

⁵ ผศ.ดร., คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จันทบุรี 22170

¹ Undergraduate Student, Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi, 22170

² Scientist, Professional Level, Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi, 20131

³ Senior Research Assistant, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani, 12120

⁴ Principal Researcher, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani, 12120

⁵ Asst. Prof. Dr., Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi, 22170

* Corresponding author: Tel.: 081-6418444. E-mail address: maliwan@buu.ac.th

Abstract

The major sources of nitrogen input to shrimp pond are leftovers and organic waste excreted from shrimp. The wastes are accumulated at the pond bottom. Microorganisms at the surface of pond bottom soil play an important role in nitrogen conversion processes. The purpose of this research was to evaluate the efficiency of ammonia treatment using sediment from shrimp pond located in Thamai, Chanthaburi Province, Thailand. This pond (approximately 7 Rai or 1.12 Ha) had the shrimp production of 12 tons of shrimp per crop. Sediment was immediately collected after shrimp harvesting. Then, sediment was packed into the experimental tanks with 10 cm depth (0.37 m^2), gradually filled with 20 L synthetic wastewater (30 ppt) and continuously aerated for 40 days. Experiment on ammonia treatment was conducted using various ammonia concentrations i.e. 0, 10, 20, 30, 40 and 50 mg-N/L. With 50 mg-N/L ammonia addition, the highest ammonia treatment rate at 8.75 mg-N/L/day was detected which was significantly higher than other treatment tanks ($P \leq 0.05$). For all treatment tanks, the complete nitrification of the sediment occurred in 28 days incubation as the ammonia and nitrite were nearly eliminated while nitrate was remained at low concentration ($< 7.97 \text{ mg-N/L}$). The calculation of the maximum ammonia removal rate ($V_{\max}$) was 18.18 mg-N/L/day and K_s was 92.41 mg-N/L. Ammonia removal kinetics of sediment can be further used to evaluate the carrying capacity of shrimp pond.

Keywords: Kinetics, Ammonia Treatment, Sediment, White Shrimp Pond

บทนำ

การเลี้ยงกุ้งทะเลในบ่อดินมักพบของเสียสะสมที่บริเวณดินก้นบ่อ ซึ่งอาหารที่เหลือจากการกินของสัตว์น้ำถือเป็นแหล่งของสารอินทรีย์ไนโตรเจน โดยไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหารที่สัตว์น้ำกินมีเพียงร้อยละ 20-30 ที่สามารถสะสมในตัวสัตว์น้ำ ส่วนไนโตรเจนมากถึงร้อยละ 70-80 จะถูกขับถ่ายออกและสะสมอยู่ทั้งในมวลน้ำและดินพื้นบ่อ [1] แต่ในดินพื้นบ่อจะมีกระบวนการทางชีวธรณีเคมี (Biogeochemical Processes) ที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงรูปของสารประกอบไนโตรเจนและกำจัดไนโตรเจนออกจากบ่อได้ ของเสียอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแหล่งปลดปล่อยแอมโมเนียเพราะจุลินทรีย์กลุ่มเฮเทอโรโทรฟ (Heterotroph Microorganisms) ที่อาศัยในดินจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนและผลิตแอมโมเนียออกมาสู่มวลน้ำ แอมโมเนียในช่วง 0.2-2 มก.-ไนโตรเจน/ล. อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำได้ [1] แต่แอมโมเนียที่เกิดขึ้นในบ่อดินจะถูกไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) เปลี่ยนรูปเป็นไนไตรต์และไนเตรต ตามลำดับ ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process) อีกทั้งในชั้นของดินตะกอนมีจุลินทรีย์ที่สามารถกำจัดไนเตรตออกจากบ่อได้ด้วยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification Process) [2] โดยทั่วไปเมื่อเกษตรกรจบการเลี้ยงกุ้งในแต่ละรอบแล้วเกษตรกรจะมีการจัดการของเสียที่สะสมที่พื้นบ่อโดยการฉีดเลนเพื่อกำจัดของเสียที่สะสมบริเวณพื้นบ่อ จากนั้นตากบ่อให้แห้งซึ่งวิธีนี้ทำได้ง่าย การผึ่งและตากบ่อด้วยแสงแดดจะช่วยเร่งการย่อยสลายสารอินทรีย์และลดจำนวนแบคทีเรียก่อโรคที่อยู่ในดินตะกอน แต่การตากบ่อก็จะส่งผลในการลดจำนวนแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เช่น ไนตริไฟอิงแบคทีเรียและดีไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Denitrifying Bacteria) ซึ่งมีบทบาทสำคัญมากในวัฏจักรไนโตรเจนของระบบบ่อดิน แบคทีเรียดังกล่าวจะสามารถคืนสภาพขึ้นมาได้อีกครั้งหลังจากการเติมน้ำลงในบ่อและจัดให้มีระยะเวลาบ่มเชื้อที่เพียงพอ [3-4] โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มแอมโมเนียออกซิไดซิง (Ammonia Oxidizing Bacteria) ซึ่งต้องการระยะเวลาบ่มเชื้อนานหลายสัปดาห์เพื่อคืนสภาพกลับมาทำหน้าที่บำบัดแอมโมเนีย ในบ่อเลี้ยงปริมาณแอมโมเนียจะแปรผันตามความหนาแน่นของการเลี้ยงสัตว์น้ำ [1] โดยบ่อที่เลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่นสูงก็จะต้องมีกิจกรรมของแอมโมเนียออกซิไดซิงที่เพียงพอ ไมเช่นนั้นจะเกิดการสะสมของแอมโมเนียในน้ำส่งผลความเป็นพิษต่อกุ้งที่เลี้ยง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่ทำการเก็บ

เกี่ยวกัอยู่แล้ว และยังไม่ได้ดำเนินการฝั่งบ่อมาทดสอบการบำบัดของเสียในโตรเจนในรูปแบบของแอมโมเนีย โดยทดลองเดิมแอมโมเนียที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อทราบถึงจลนพลศาสตร์ของอัตราการบำบัดแอมโมเนียของจุลินทรีย์ในดินพื้นบ่อกึ่ง สำหรับเป็นข้อมูลเพื่อประเมินศักยภาพการรองรับ (Carrying Capacity) ของแอมโมเนียในระบบบ่อเลี้ยงกึ่งต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

ดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งขาวที่ใช้ทดลอง

ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ตั้งอยู่ที่ตำบลตะกาดเจ้า อำเภอบางใหม่ จังหวัดจันทบุรี (พิกัด 12°34'36"N, 101°59'56"E) ที่เลี้ยงกุ้งนาน 4 เดือน และเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งขนาด 68 ตัว/กก. ได้ประมาณ 12 ตัน ขนาดบ่อประมาณ 7 ไร่ คิดเป็นผลผลิตกุ้ง 1.07 กก./ตร.ม. หรือประมาณ 73 ตัว/ตร.ม. ทำการเก็บดินตะกอนพื้นบ่อทันทีหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จ สุ่มเก็บดินตะกอนให้ทั่วบ่อโดยชุดเก็บดินให้มีความลึก 10 ซม. ผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน และวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ [5] และอนุภาคดิน (Soil Texture) โดยใช้ Hydrometer [6]

อัตราการบำบัดแอมโมเนียและจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาแอมโมเนียออกซิเดชันในถังบรรจุดินพื้นบ่อ

บรรจุดินลงในถังพลาสติกทึบแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 68.5 ซม. จำนวน 18 ถัง ให้ดินมีความหนา 10 ซม. (พื้นที่ผิวดิน 0.37 ตร.ม.) เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีคุณลักษณะคล้ายน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ [7] ที่เตรียมจากน้ำทะเลความเค็ม 30 พีพีที จากนั้นเติมน้ำเสียถึงละ 20 ล. และแบ่งการทดลองเป็นชุดควบคุม เติมน้ำเสียที่ไม่มีแอมโมเนียมคลอไรด์ (0 มก.-ไนโตรเจน/ล.) และชุดทดลองเติมน้ำเสียที่มีสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. แต่ละชุดทำ 3 ซ้ำ ระหว่างทดลอง 40 วัน ได้เติมอากาศตลอดเวลาและเก็บน้ำเพื่อวัดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรต์ด้วยวิธี Phenate และ Griess-Ilosvay Diazotization ตามลำดับ [8] และวิเคราะห์ไนเตรตด้วยวิธี UV-Visible Screening [9] ตรวจวัดอุณหภูมิและ pH ในน้ำด้วย pH Meter (รุ่น CONSORT C532x) วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำโดยใช้ DO Meter (รุ่น DO 200, YSI INC) และค่าโออาร์พี (Oxidation-Reduction Potential, ORP) ด้วย ORP Meter (รุ่น HI98240, Hanna) วัดค่าอัลคาไลน์ิตีด้วย PARA Alkalinity Test และวัดความเค็มด้วย Refractometer (Atago S-8, Japan) ในวันสุดท้ายของการทดลองได้ตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในดิน [5] จากนั้นนำข้อมูลปริมาณแอมโมเนียในแต่ละชุดการทดลองมาคำนวณหาอัตราการบำบัดแอมโมเนียได้จากสมการที่ (1) ดังนี้ [10]

$$V = \frac{(S_0 - S_t)}{(T_0 - T_t)} \quad (1)$$

เมื่อ V คือ อัตราการบำบัดแอมโมเนีย (มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน) และ S_0 คือ ปริมาณแอมโมเนีย ณ เวลา T_0 (มก.-ไนโตรเจน/ล. หรือ มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม.) ส่วน S_t คือ ปริมาณแอมโมเนีย ณ เวลา T_t (มก.-ไนโตรเจน/ล. หรือ มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม.) จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนและความแตกต่างของอัตราการบำบัดแอมโมเนียในถังดินที่เติมแอมโมเนียความเข้มข้นแตกต่างกัน ด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตามลำดับ หลังจากได้ค่าอัตราการบำบัดแอมโมเนีย (V) นำค่าดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแอมโมเนีย (S) และสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2) [10]

$$V = \frac{(V_{\max} \times S)}{(K_s + S)} \quad (2)$$

โดยที่ $V_{\max}$ คือ อัตราการบำบัดแอมโมเนียสูงสุด (มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน) และ S คือ ปริมาณแอมโมเนีย (มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม.) และ K_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์กึ่งที่ (มก.-ไนโตรเจน/ล./

วัน หรือ มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม.) ทั้งนี้การคำนวณ $V_{\max}$ และ K_s นั้น ได้จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง S และ S/V โดยที่ $V_{\max} = 1/\text{slope}$ และ $K_s = \text{จุดตัดแกน X}$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ลักษณะของดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งขาว

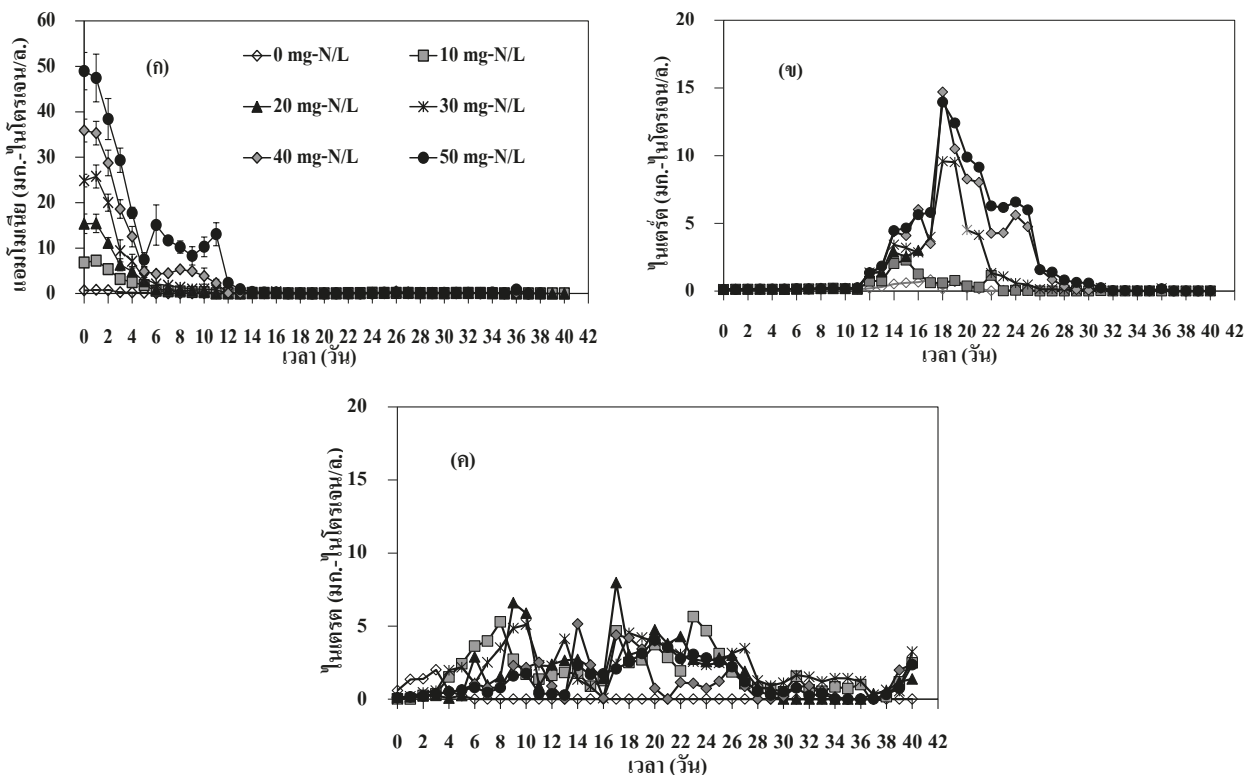
บริเวณผิวหน้าดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งที่ความลึกของดิน 2-3 ซม. เป็นดินตะกอนสีดำ แสดงให้เห็นว่าเป็นบริเวณที่ไร้ออกซิเจน (Anaerobic Zone) ซึ่งมักจะอุดมไปด้วยสารอินทรีย์และเฟอร์รัส (Fe^{2+}) [11] และดินชั้นที่ลึกลงไปมีสีเทาแกมเหลือง ดินมีอนุภาคดินทราย (Sand) ดินทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ร้อยละ 53.37 5.66 และ 40.98 ตามลำดับ จัดเป็นดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay) ดินพื้นบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีอนุภาคดินเหนียวอย่างน้อยร้อยละ 20-30 [12] แต่บ่อเลี้ยงกุ้งที่ได้นำดินมาใช้ทดลองครั้งนี้มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูง ซึ่งอาจยากต่อการพลิกหน้าดินเพื่อผึ่งและทำให้แห้ง หลังจากเก็บผลผลิตกุ้งขาวและถ่ายน้ำออกจากบ่อแล้วเกษตรกรจึงตากบ่อโดยให้พื้นบ่อรับแสงแดดนาน 1 สัปดาห์ โดยไม่ฉีดเลนออกจากบ่อ แล้วจึงเติมน้ำเข้าสู่บ่อพร้อมทั้งเตรียมสื่อน้ำก่อนที่จะปล่อยกุ้งในรอบต่อไป

การเปลี่ยนแปลงสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนในถังบรรจุดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง

ถึงแม้ว่าไม่มีการเติมแอมโมเนียลงในถังชุดควบคุม แต่พบแอมโมเนียสูงสุด 0.81 มก.-ไนโตรเจน/ล. (ภาพที่ 1ก) ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ต้องระวังเพราะอาจส่งผลกระทบต่อกุ้งได้ ทั้งนี้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีแอมโมเนียต่ำกว่า 0.2-2 มก.-ไนโตรเจน/ล. ขึ้นอยู่กับชนิด อายุ ขนาดสัตว์น้ำและปัจจัยสิ่งแวดล้อม [1] สาเหตุที่พบแอมโมเนียในถังที่ไม่เติมแอมโมเนียเพราะดินพื้นบ่อเป็นแหล่งสะสมของเสียสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งดินที่นำมาทดลองมีสารอินทรีย์ร้อยละ 9.96 ± 0.83 และจุลินทรีย์ธรรมชาติที่อาศัยในดินสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนและเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย เรียกกระบวนการนี้ว่าแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) [13] ในวันที่สิ้นสุดการทดลองจึงพบปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนในถังชุดการทดลองมีค่าลดลง (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ทั้งนี้ในแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีอัตราการเกิดกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันในช่วง 0.001–59 มก.-ไนโตรเจน/ลบ.ม/วัน [14-15] อย่างไรก็ตามภายใน 5 วัน ปริมาณแอมโมเนียก็อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ

เมื่อเติมแอมโมเนียให้มีความเข้มข้น 10-50 มก.-ไนโตรเจน/ล. เพื่อเป็นตัวแทนของเสียไนโตรเจนที่เข้าสู่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าแอมโมเนียลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในทุกชุดการทดลอง และการเติมแอมโมเนียที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 มก.-ไนโตรเจน/ล. พบแอมโมเนียลดลงต่ำกว่า 0.2 มก.-ไนโตรเจน/ล. ในวันที่ 11 12 และ 13 แต่แอมโมเนียความเข้มข้นสูง 40 และ 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. ต้องใช้เวลาบำบัดแอมโมเนียให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำนานกว่า โดยใช้เวลา 13 และ 15 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 2ก) ซึ่งให้เห็นว่าหากมีปริมาณแอมโมเนียสูงก็จะใช้ระยะเวลาบำบัดนานกว่าความเข้มข้นต่ำ การที่แอมโมเนียลดลงอาจเป็นเพราะเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันขึ้น ซึ่งในการทดลองได้เติมอากาศอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณออกซิเจนในน้ำ ORP และอัลคาไลน์ดีไม่ต่ำกว่า 5 มก./ล. 70 มิลลิโวลต์ และ 100 มก. CaCO_3 /ล. ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของไนตริไฟอิงแบคทีเรีย [16] ดังนั้นขั้นตอนแรกของไนตริฟิเคชันจะส่งผลให้แอมโมเนียลดลง เพราะเกิดปฏิกิริยาแอมโมเนียออกซิเดชัน (Ammonia Oxidation) เปลี่ยนแอมโมเนียให้สะสมอยู่ในรูปของไนไตรต์ [16] หลังจากแอมโมเนียลดลงจะพบไนไตรต์สะสมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1ข) จนกระทั่งมีความเข้มข้นสูงกว่า 0.3 มก.-ไนโตรเจน/ล. ซึ่งเป็นระดับที่อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ [1] การเติมแอมโมเนีย 10 20 30 40 และ 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. พบว่าไนไตรต์สูงกว่า 0.3 มก.-ไนโตรเจน/ล. ในวันที่ 13 และลดลงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำในวันที่ 20 21 25 28 และ 30 ของการทดลอง ตามลำดับ ไนไตรต์สะสมสูงมากกว่า 10 มก.-ไนโตรเจน/ล. เมื่อเติมแอมโมเนีย 40 และ 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. จึงเห็นได้ว่าหากเติมแอมโมเนียความเข้มข้นสูงต้องใช้เวลาบำบัดไนไตรต์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำนานกว่า

ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า และการที่ไนไตรต์ลดลงอาจเป็นเพราะปฏิกิริยาไนไตรต์ออกซิเดชัน (Nitrite Oxidation) ที่เกิดจากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถเปลี่ยนไนไตรต์ให้เป็นไนเตรต (Nitrite Oxidizing Bacteria) [16] ตามทฤษฎีเมื่อเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันแบบสมบูรณ์ (Complete Nitrification) จะไม่พบแอมโมเนียและไนไตรต์ แต่พบการสะสมของไนเตรต [16] เพราะกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปสารประกอบไนโตรเจนจากรูปของแอมโมเนียและไนไตรต์ที่มีความเป็นพิษสูงกลายเป็นไนเตรตที่มีความเป็นพิษต่ำ แต่ผลการทดลองนี้พบไนเตรตสะสมต่ำกว่า 7.97 มก.-ไนโตรเจน/ล. ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1ค) ซึ่งการที่ไม่พบแอมโมเนียและไนไตรต์อาจเนื่องจากเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน เพราะสภาพที่ใส่ทดลองมีความเหมาะสมต่อกระบวนการไนตริฟิเคชัน [16-17] ส่วนไนเตรตที่พบสะสมในปริมาณน้อยตลอดการทดลองอาจเนื่องจากมีกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นในชั้นดินที่ลึกลงไปโดยเกิดควบคู่กับกระบวนการไนตริฟิเคชันที่เกิดขึ้นในมวลน้ำหรือหน้าดินที่ได้รับออกซิเจน ทั้งนี้ดินบริเวณที่ไร้ออกซิเจนจะเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันได้โดยบำบัดไนเตรตและไนไตรต์ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน จึงถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่สามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจนออกจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างสมบูรณ์ [15]



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย (ก) ไนไตรต์ (ข) และไนเตรต (ค) ในถังบรรจุดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่เติมแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0-50 มก.ไนโตรเจน/ล.

อัตราการบำบัดแอมโมเนียและจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาแอมโมเนียออกซิเดชัน

ถังดินพื้นบ่อหลังการเลี้ยงกุ้งที่บรรจุน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่เติมแอมโมเนีย และเติมแอมโมเนียเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียเท่ากับ 0.12 1.02 2.49 3.47 6.17 และ 8.75 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ คิดเป็น 6.63 54.76 134.49 187.25 332.68 และ 471.60 มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งอัตราการบำบัดจะสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น โดยถังดินที่เติมแอมโมเนีย 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. มีอัตราการบำบัดสูงกว่าการเติมแอมโมเนียที่ความเข้มข้นอื่น ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้ดินที่นำมาทดลองได้มาจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีผลผลิต 1.07 กก./ตร.ม. หรือ ประมาณ 73 ตัว/ตร.ม. คิดเป็น 116,800 ตัว/ไร่ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเลี้ยงกุ้งด้วยความหนาแน่นเหมาะสมตามที่กรมประมงได้

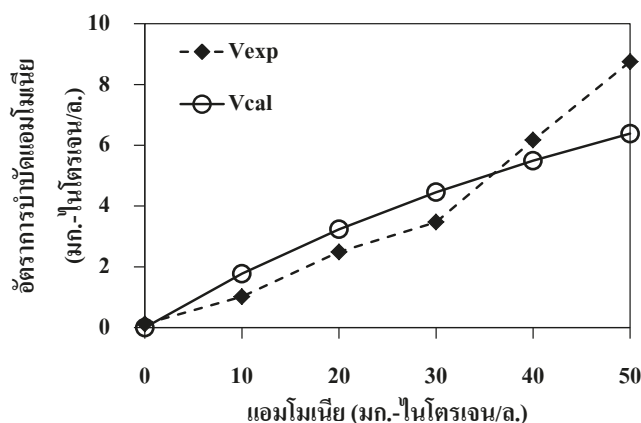
แนะนำไว้ การเลี้ยงกุ้งที่มีความหนาแน่น 1 กก./ตร.ม. ในบ่อที่มีความลึก 1 ม. จะทำให้เกิดแอมโมเนียขึ้นในน้ำได้ประมาณ 2.28 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน ซึ่งอัตราการบำบัดแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในบ่อยังมีความสามารถในการรองรับของเสียจากการเลี้ยงกุ้งนี้ได้ ทั้งนี้แอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียรวมทั้งจุลินทรีย์ในกลุ่มแอมโมเนียออกซิไดซิงอาร์เคีย (Ammonia Oxidizing Archaea) จะมีอัตราการบำบัดแอมโมเนียที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความหลากหลายและชนิดของจุลินทรีย์ รวมถึงปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของดินด้วย เช่น ปริมาณสารอินทรีย์ ความชื้น ค่าอัตราแลกเปลี่ยน ความเค็มและอุณหภูมิของดิน [2-3, 14, 17] บ่อเลี้ยงกุ้งที่นำดินมาใช้ทดลองครั้งนี้ เกษตรกรได้เตรียมบ่อเพื่อเลี้ยงกุ้งในรอบต่อไปด้วยวิธีฝังบ่อนาน 1 สัปดาห์ จากนั้นเติมน้ำให้มีความลึกครึ่งบ่อ พักน้ำไว้เป็นเวลาประมาณ 1 เดือน และใส่กากขี้เพื่อกำจัดหอย ปูและปลา ส่วนสาเหตุที่เกษตรกรเตรียมบ่อด้วยวิธีนี้เพราะเป็นช่วงฤดูฝนจึงไม่สามารถตากบ่อได้นานและพื้นบ่อเป็นดินเหนียวซึ่งยากต่อการพลิกหน้าดิน ดินตะกอนจึงอาจจะมีค่าความชื้นสูงและส่งผลให้จุลินทรีย์สามารถบำบัดแอมโมเนียได้ดี ส่วนการตากแดดดินสามารถฆ่าจุลินทรีย์และทำให้กิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ลดลง โดย [18] พบว่าดินเปียกมีอัตราการบำบัดแอมโมเนีย 2.22 ไมโครกรัม-ไนโตรเจน/ก.ดิน/วัน ซึ่งสูงกว่าดินแห้งที่มีค่า 1.70 ไมโครกรัม-ไนโตรเจน/ก.ดิน/วัน นอกจากนี้ปริมาณของเสียไนโตรเจนก็มีผลต่ออัตราการบำบัดแอมโมเนียด้วยเช่นกัน ในการทดลองครั้งนี้ ดินพื้นบ่อที่เดิมแอมโมเนียเข้มข้นสูงถึง 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. มีอัตราการบำบัดแอมโมเนียได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม หากปริมาณแอมโมเนียสูงเกินไป โดยอยู่ในช่วง 1,050-2,800 มก.-ไนโตรเจน/ล. จะยับยั้งการทำงานของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียได้ [19]

ตารางที่ 1 อัตราการบำบัดแอมโมเนียของดินพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งที่เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณแอมโมเนียแตกต่างกัน โดยที่อักษรที่แตกต่างกันของข้อมูลในแนวดิ่ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

Ammonia Concentration (mg-N/L)	Ammonia Removal Rate	
	(mg-N/L/day)	(mg-N/m ² /day)
0	0.12 ± 0.00 ^f	6.63 ± 0.07 ^f
10	1.02 ± 0.18 ^e	54.76 ± 9.60 ^e
20	2.49 ± 0.18 ^d	134.49 ± 9.89 ^d
30	3.47 ± 0.10 ^c	187.25 ± 5.26 ^c
40	6.17 ± 0.38 ^b	332.68 ± 20.56 ^b
50	8.75 ± 0.50 ^a	471.60 ± 26.77 ^a

หมายเหตุ ^{a-f} แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาแอมโมเนียออกซิเดชันที่เกิดจากจุลินทรีย์ในดินพื้นบ่อ พบว่าอัตราการบำบัดแอมโมเนียแปรผันตามปริมาณแอมโมเนีย (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาจลนพลศาสตร์ของไนตริไฟอิงแบคทีเรียในน้ำเสียและดิน [18] โดยอัตราการบำบัดแอมโมเนียที่ได้จากการทดลอง (V_{exp}) และจากการคำนวณ (V_{cal}) จากสมการข้างต้น [10] พบว่าอัตราการบำบัดแอมโมเนียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำเสียมียปริมาณแอมโมเนียสูง โดย V_{max} ที่ได้จากจากการคำนวณเท่ากับ 18.18 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน คิดเป็น 980.15 มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน และ K_s มีค่าเท่ากับ 92.41 มก.-ไนโตรเจน/ล. ทั้งนี้ค่า V_{max} แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานของแอมโมเนียออกซิไดซิงแบคทีเรียได้ ส่วนค่า K_s เป็นค่าความเข้มข้นของซับสเตรต (Substrate) ที่ให้อัตราความเร็วเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วสูงสุด ทั้งนี้ค่า K_s จากการทำงานของไนตริไฟอิงแบคทีเรียในทะเลและน้ำเสียอาจพบได้ในช่วง 0.14 ไมโครกรัม-ไนโตรเจน/ล. ถึง 14 มก.-ไนโตรเจน/ล. [18-19]



ภาพที่ 2 อัตราการบำบัดแอมโมเนียของดินพื้นบ่อหลังจากเก็บเกี่ยวกุ้งขาว โดยทดลองเติมแอมโมเนียความเข้มข้นแตกต่างกัน
ทั้งนี้ V_{exp} และ V_{cal} คือ อัตราการบำบัดแอมโมเนียที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

การเติมแอมโมเนีย 50 มก.-ไนโตรเจน/ล. ส่งผลให้ดินบำบัดแอมโมเนียได้สูงสุดถึง 8.75 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน หรือ 471.60 มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน และใช้เวลาบำบัดแอมโมเนียและไนไตรต์ได้ภายในเวลา 30 วัน ส่วนไนเตรตสะสมในปริมาณต่ำกว่า 7.97 มก.-ไนโตรเจน/ล. และจากการคำนวณหาตัวแปรทางจลนพลศาสตร์พบว่า ดินมีค่า V_{max} เท่ากับ 18.18 มก.-ไนโตรเจน/ล./วัน คิดเป็น 980.15 มก.-ไนโตรเจน/ตร.ม./วัน และ K_s มีค่าเท่ากับ 92.41 มก.ไนโตรเจน/ล. จึงเห็นได้ว่าดินพื้นบ่อหลังจากเก็บเกี่ยวกุ้งขาวสามารถบำบัดสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนได้ทั้งในรูปแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรตด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันควบคู่กับกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ดังนั้น เมื่อเกษตรกรจบการเลี้ยงกุ้งและฝังบ่อนานประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นควรเติมน้ำเข้าบ่อ โดยรักษาค่าออกซิไดซ์และออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้สูงกว่า 100 มก. $CaCO_3$ /ล. และ 5 มก./ล. ตามลำดับ นาน 1 เดือน เพื่อให้จุลินทรีย์ทำงานบำบัดสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อกุ้งที่จะเลี้ยงในรอบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Weaton, F.W., Summerfelt, S.T. and Vinci, B.J. (2002). **Recirculating Aquaculture systems**. 2nd edition, Cayuga Aqua Ventures, USA.
- [2] Kutako, M., Limpiyakorn, T., Luepromchai, E., Powtongsook, S. and Menasveta, P. (2009). "Inorganic nitrogen conversion and changes of bacterial community in sediment from shrimp pond after methanol addition", **Journal of Applied Sciences**. 9(16), 2907-2915.
- [3] Fiere, N. and Schimel, J.P. (2002). "Effect of drying-rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations", **Soil Biology & Biochemistry**. 34, 777-787.
- [4] Franzluebbers, K., Weaver, R.W., Juo, S.R. and Franzluebbers, A.J. (1994). "Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in moist and in repeatedly dried and wetted soil", **Soil Biology & Biochemistry**. 26, 1376-1387.
- [5] APHA. (1992). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18th edition, Maryland, USA: American Public Health Association.

- [6] Web, J.B. (1977). **Soil Properties, Herbicide Sorption and Model Soil Systems**. In: Research Methods in Weed Science, 2nd edition (ed. B. Truelove), Southern Weed Science Society, Auburn.
- [7] Visvanathan, C., Hung, N.Q. and Jegatheesan, V. (2008). "Hydrogenotrophic denitrification of synthetic aquaculture wastewater using membrane bioreactor", **Process Biochemistry**. 43, 673-682.
- [8] Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972). **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Fishery Research Board of Canada. Ottawa.
- [9] AOAC. (2000). **Nitrogen (Nitrate and Nitrite) in Animal Feed**. In: Horowitz, W (ed). Official methods of analysis of the AOAC, 17th edition, Washington.
- [10] Aslan, S. and Kapdan, I.K. (2006). "Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae", **Ecological Engineering**. 28, 64-70.
- [11] Sonnenholzner, S. and Boyd, C.E. (2000). "Chemical and Physical Properties of Shrimp Pond Bottom Soils in Ecuador", **Journal of the World Aquaculture Society**. 31(3), 358-375.
- [12] Boyd, C.E. and Bowman, J.R. (1997). **Pond Bottom Soils**. In: H.S. Egna and C.E. Boyd (Editors), Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- [13] Steeby, J.A., Hargreaves, J.A. Tucker, C.S. and Kingsbury, S. (2004). "Accumulation, organic carbon and dry matter concentration of sediment in commercial channel catfish ponds", **Aquacultural Engineering**. 30, 115-126.
- [14] Kroom, M.D. (1991). "Importance of benthic productivity in controlling the flux of dissolved inorganic nitrogen through the sediment-water interface in a hypertrophic marine ecosystem", **Marine Ecology Progress Series**. 78, 163-172.
- [15] Gross, A., Boyd, C.E. and Wood, C.W. (2000). "Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds", **Aquacultural Engineering**. 24, 1-14.
- [16] McCarty, G.W. (1999). "Modes of action of nitrification inhibitors", **Biology and Fertility of Soils**. 29, 1-9.
- [17] Bodelier, P. E., Libochant, J. A., Blom, C.W. P. M. and Laanbroek, H. J. (1966). "Dynamics of nitrification and denitrification in root oxygenated sediments and adaptation of ammonia-oxidizing bacteria to low-oxygen or anoxic habitats", **Applied and Environmental Microbiology**. 62(11), 4100-4107.
- [18] Novem Auyeung, D. S., Martiny, J.B. H. and Dukes, J. S. (2015). "Nitrification kinetics and ammonia oxidizing community respond to warming and altered precipitation", **Ecosphere**. 6(5), 1-17.
- [19] Princic, A., Mahne, I., Megusar, F., Paul, E. A. and Tiedje, J. M. (1998). "Effects of pH and oxygen and ammonium concentrations on the community structure of nitrifying bacteria from wastewater", **Applied and Environmental Microbiology**. 64(10), 3584-3590.