การประยุกต์ใช้กล้าไม้แสมทะเลในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

Application of *Avicennia marina* Seeding for Wastewater Treatment from Shrimp Farm

ปิยวรรณ เนื่องมัจฉา[1] ณัฐกาน กิจวิจิตร[2] และประวิทย์ เนื่องมัจฉา[2]
[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
1 หมู่ 4 ตำบลท่าจิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280 โทรศัพท์: 075377443 E-mail : piyawans54@gmail.com
[2] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
1 หมู่ 4 ตำบลท่าจิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280 โทรศัพท์: 075377443 E-mail : pnuengmatcha@gmail.com

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้กล้าไม้แสมทะเลในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ได้แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ใช้น้ำทะเล และกลุ่มที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง คือปลูกกล้าไม้แสมทะเลและไม่ปลูกพืช (ชุดควบคุม) โดยจัดทำเป็น 3 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 12 ชุดการทดลอง โดยน้ำทะเลและน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งจะถูกสูบเข้าสู่ระบบทดลองและกักไว้เป็นเวลา 7 วันก่อนปล่อยออก ผลการศึกษา พบว่ากล้าไม้แสมทะเลสามารถบำบัดธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกล้าไม้แสมทะเลจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 76.94–91.43%, 46.48–72.09%, 69.86–87.56%, 70.32–89.80% และ 64.04–86.76% ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช (ชุดควบคุม) จะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี ธาตุอาหารต่างๆ เท่ากับ 74.86–87.68%, 47.27–63.79%, 57.14–79.66%, 65.10–78.65% และ 58.64–82.32% ตามลำดับ การศึกษาสมบัติของดินตะกอนพบว่าหลังการทดลอง กลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้งมีการสะสมของอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการศึกษากล้าไม้แสมทะเล พบว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งจะมีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากล้าไม้แสมทะเลสามารถประยุกต์ในการบำบัดน้ำเสียในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบบึงประดิษฐ์ได้เป็นอย่างดี โดยพบว่าหลังสิ้นสุดการทดลองน้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำทิ้ง, กล้าแสมทะเล, ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

Abstract

Application of *Avicennia marina* Seeding for Wastewater Treatment from Shrimp Farm was designed using 2 experimental groups (seawater and water effluent from shrimp farm). In each experiment, it was planted with *Avicennia marina* seeding and without seeding (as control units), for three replicates, making up 12 experiment units in total. Seawater and water effluent from shrimp farm were pumped into the systems and retained within the system for 7 days before discharging. The result indicated *Avicennia marina* could treat water effluent from shrimp farm better than no plant experiment. The removal percentage of Total Suspended Solid, BOD, Ammonia-Nitrogen, Total Nitrogen and Total Phosphorus of *Avicennia marina* were 76.94–91.43%, 46.48 –72.09%, 69.86–87.56%, 70.32–89.80% and 64.04–86.76%, respectively. Whereas the removal percentage in control units were 74.86–87.68%, 47.27–63.79%, 57.14–79.66%, 65.10–78.65% and 58.64–82.32%, respectively. The study of sediment founded that after the experiment, Organic Matter, Total Nitrogen, and Total Phosphorus in sediment of water effluent from shrimp farm group were significantly higher than the seawater group. For the study of *Avicennia marina* seedling founded that the growth rate and biomass increment of *Avicennia marina* which planted in the water effluent from shrimp farm group were significantly higher than the seawater group. The results suggested that *Avicennia marina* could improve the treatment efficiency in constructed wetland.

Keywords : Wastewater Treatment, *Avicennia marina* Seeding, Shrimp Farm

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย จัดเป็นอุตสาหกรรมที่นำรายได้เข้ามาในประเทศอย่างมหาศาล โดยการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาได้เริ่มขึ้นจากบริเวณอ่าวไทยตอนบนในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร และสมุทรปราการ แล้วจึงขยายไปยังพื้นที่ภาคตะวันออกรวมทั้งพื้นที่ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย และ อันดามัน[1] ซึ่งการเพาะเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนานั้น ได้มีการใช้อาหารเสริม ปุ๋ย ยาปฏิชีวนะ และสารเคมีชนิดต่างๆ อย่างมากมาย ทำให้เกิดของเสียขึ้นในบ่อและ

ได้ระบายของเสียเหล่านั้นปะปนมากับน้ำทิ้งในปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำชายฝั่ง เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำหลายชนิด และจากการศึกษาวิจัยของสิริ มหาราช และคณะ[2] พบว่า น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารแขวนลอย บีโอดี แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสรวม และไนโตรเจนรวมในปริมาณที่สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำทิ้งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่ง โดยเฉพาะปัญหาความต้องการออกซิเจน และปริมาณแพลงค์ตอนพืชสูง นอกจากนี้ยังส่งผลให้คุณภาพน้ำบริเวณนั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เพาะเลี้ยงกุ้งอีก ทำให้เกิดปัญหานากุ้งร้างขึ้นในหลายพื้นที่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีระบบบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งที่เน้นการตกตะกอน และการย่อยสลายเพื่อลดปริมาณของตะกอนแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบันมีอยู่มากมาย แต่ส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบและบำรุงรักษาสูง ที่สำคัญระบบเหล่านั้นอาจไม่เหมาะสมที่จะจัดสร้างขึ้นในบริเวณพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้ง โดยในช่วงประมาณ 20-30 ปีที่ผ่านมาหลายประเทศได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในการบำบัดน้ำเสียอย่างมาก ป่าชายเลนซึ่งจัดเป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในธรรมชาติประเภทหนึ่งจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกที่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ ทั้งนี้เพราะพืชป่าชายเลนมีการปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ผันแปรและรุนแรง มีระบบรากหายใจ (pneumatophore) ทำให้ทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดี นอกจากนี้พืชป่าชายเลนยังมีอายุยืน มีผลผลิตมวลชีวภาพสูง และรากยังทำหน้าที่เสมือนตะแกรงธรรมชาติคอยกลั่นกรองสิ่งปฏิกูลต่างๆ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาวิจัยถึงความสามารถของระบบพืชป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตต่อพืชในปริมาณสูง แต่ในการใช้พืชป่าชายเลนเพื่อการบำบัดน้ำเสียนั้น ก็ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงศักยภาพของพืชและดินในป่าชายเลนที่ใช้ในการรองรับน้ำเสียด้วย เพราะการปล่อยน้ำเสียในปริมาณที่มากลงสู่ป่าชายเลนโดยขาดการควบคุมที่ดี ก็อาจส่งผลให้ระบบนิเวศป่าชายเลนเสียสมดุลได้ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของแสมทะเล (*Avicennia marina*) เพื่อการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากแสมทะเลจัดเป็นพันธุ์ไม้ที่พบอยู่ทั่วไปในป่าชายเลนประเทศไทย มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพสูง รวมทั้งมีระบบรากหายใจ ซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยในการบำบัดน้ำเสียได้ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ที่จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ และประยุกต์ใช้เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้พืชป่าชายเลนทั้งในธรรมชาติหรือในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ เพื่อการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาประสิทธิภาพของกล้าไม้แสมทะเลในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง และหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของกล้าไม้แสมทะเล กับความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำทิ้ง

3. วิธีดำเนินงาน

3.1 การจัดสร้างระบบทดลอง

จัดสร้างระบบทดลองบริเวณพื้นที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ในเขตอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้ท่อซิเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 140 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ใส่ดินเลนจนถึงระดับความสูง 25 เซนติเมตร และแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุมใช้ดินเลนอย่างเดียว และชุดที่ 2 ทำการปลูกกล้าไม้แสมทะเลจำนวน 24 ต้นต่อชุดการทดลอง โดยใช้กล้าไม้แสมทะเลอายุ 6 เดือน มีระยะการปลูก 20 x 20 เซนติเมตร แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้น้ำทะเล และกลุ่มที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง โดยให้ระดับน้ำมีความสูงเหนือผิวดิน 15 เซนติเมตร ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 12 ชุดการทดลอง โดยใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของกล้าไม้แสมทะเลที่เพิ่มขึ้นกับการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง

3.2 การศึกษาน้ำ ดิน และพืชในระบบดังนี้

3.2.1 การศึกษาคุณภาพน้ำ - เก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบ และหลังผ่านระบบตาม ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ และทำการวิเคราะห์หาค่า pH, อุณหภูมิ, การนำไฟฟ้า, ความเค็ม, ความขุ่น, ของแข็งแขวนลอย, ปริมาณออกซิเจนละลาย, บีโอดี, แอมโมเนีย ไนโตรเจน, ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด

3.2.2 การศึกษาสมบัติของดิน - ทำการเก็บตัวอย่างก่อนทดลองและช่วงหลังทดลอง นำมาวิเคราะห์หา pH, การนำไฟฟ้า, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ไนโตรเจนทั้งหมด, ฟอสฟอรัสทั้งหมด

3.2.3 การศึกษาพันธุ์ไม้-ศึกษาการเจริญเติบโต โดยศึกษาความสูง, เส้นผ่าศูนย์กลาง และมวลชีวภาพของแสมทะเลในแต่ละบ่อ และ ศึกษาองค์ประกอบของธาตุอาหารในพืช โดยทำการเก็บตัวอย่างใบพืชช่วงก่อนและหลังทดลอง แล้วทำการวิเคราะห์หา ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด แล้วทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของกล้าไม้แสมทะเลที่เพิ่มขึ้น กับการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองโดยใช้วิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test และเปรียบเทียบความแตกต่างของการบำบัดธาตุอาหารจากน้ำทิ้งฟาร์มกุ้งระหว่างชุดควบคุมและชุดที่ปลูกแสมทะเลโดยใช้วิธี paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. ผลการศึกษา/การทดลอง

4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำ

4.1.1 คุณภาพน้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งฟาร์มกุ้งก่อนเข้าสู่ชุดการทดลองทั้ง 6 เดือน (เมษายน–กันยายน) พบว่า น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้งมีค่า pH ระหว่าง 7.30 -8.56 อุณหภูมิระหว่าง 25.0-28.0 °C การนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 27.7-50.1 ms/cm ความเค็มมีค่าระหว่าง 20-30 ppt ความขุ่นมีค่าระหว่าง 36.0-56.0 NTU ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) มีค่าระหว่าง 2.99-4.80 mg/l ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าระหว่าง 400–1,200 mg/ l ค่าบีโอดีมีค่าระหว่าง 19.00-28.00 mg/l แอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 1.9159-3.7669 mg/l ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าระหว่าง 4.48-5.84 mg/l และฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0.2433-1.0796 mg/l ตามลำดับ

4.1.2 คุณภาพน้ำทะเล

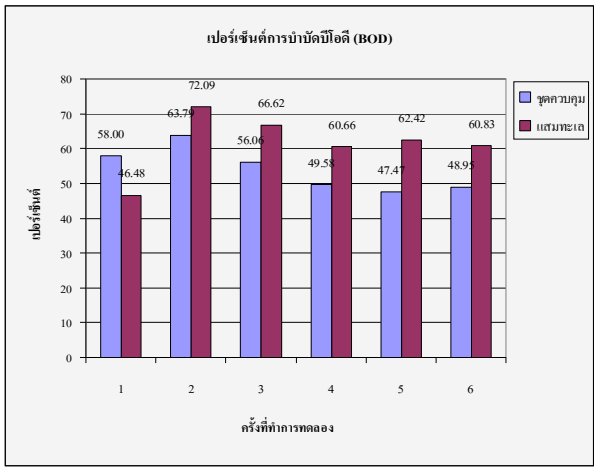
การศึกษาคุณภาพน้ำทะเลก่อนเข้าสู่ชุดการทดลองทั้ง 6 ครั้ง เป็นเวลา 6 เดือน (เมษายน–กันยายน) พบว่า น้ำทะเลมีค่า pH ระหว่าง 7.64-8.35 อุณหภูมิระหว่าง 27.0-28.0°C การนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 8.05-50.08 ms/cm ความเค็มมีค่าระหว่าง 22-37 ppt ความขุ่นมีค่าระหว่าง 10.2-24.5 NTU ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) มีค่าระหว่าง 5.20-8.45 mg/l ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าระหว่าง 100.0– 464.5 mg/l ค่าบีโอดีมีค่าระหว่าง 6.00-13.50 mg/l แอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.2392-1.8618 mg/l ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0.90-2.19 mg/l และฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0.0893-0.6374 mg/l ตามลำดับ

จากผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง (เฉลี่ย) กับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (กำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 70 mg/l ค่าบีโอดีไม่เกิน 20 mg/l แอมโมเนียไม่เกิน 1.1 mg/l ไนโตรเจนทั้งหมดไม่เกิน 4.0 mg/l และฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่เกิน 0.4 mg/l) [3] พบว่ามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งอาจมีสาเหตุมาจากในการเลี้ยงกุ้งได้มีการใช้อาหารเสริม ยาปฏิชีวนะ และสารเคมีชนิดต่างๆ อย่างมากมาย ทำให้เกิดของเสียขึ้นในบ่อและได้ระบายของเสียเหล่านั้นปะปนมากับน้ำทิ้ง

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดธาตุอาหารและของแข็งแขวนลอยของกล้าไม้แสมทะเล

4.2.1 บีโอดี

เมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเล พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเล จะมีความสามารถในการบำบัดบีโอดีได้สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ ชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเลจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีระหว่าง 46.48–72.09% และชุดควบคุม จะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีระหว่าง 47.47–63.79% (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในชุดการทดลองต่างๆ ตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง

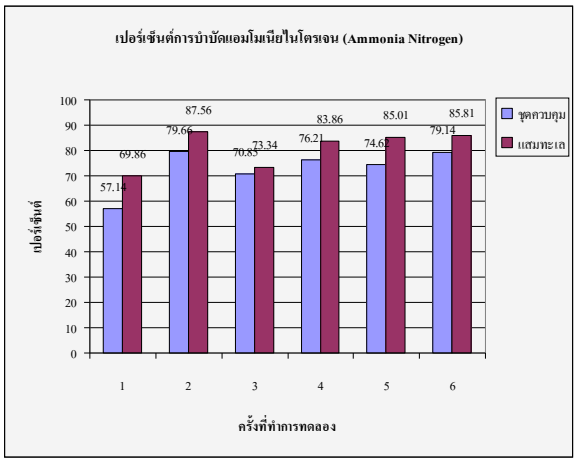
ทั้งนี้อัตราการกำจัดบีโอดีจะขึ้นอยู่กับผลของปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยร่วมกันได้แก่ ชนิด และปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ ชนิดของพืช ชนิดดิน อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่าง และธาตุอาหาร ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถกำจัดบีโอดีได้โดยการตกตะกอน และกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศในรูปของมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือเก็บสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ [4]

4.2.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอย

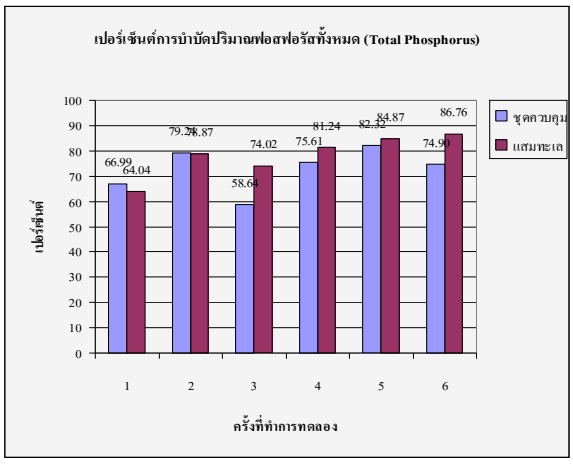
จากการศึกษา พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลสามารถบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ในช่วง 70.59- 91.43 % ส่วนชุดควบคุม(ดินเลนอย่างเดียว) จะสามารถบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ในช่วง 74.86 - 87.68 % ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่สามารถถูกกำจัดได้โดยกระบวนการตกตะกอนลงสู่ดินที่เปรียบเสมือนกระบวนการกรองตามธรรมชาติ และบางส่วนเท่านั้นที่สามารถถูกกำจัดโดยพืช โดยเฉพาะพืชที่มีระบบรากหายใจ ดังเช่นจากทดลองจะเห็นว่าในช่วงหลังของการทดลอง ในชุดการทดลองที่มีพืชจะสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นอาจเพราะว่าพืชในป่าชายเลนสามารถช่วยเก็บกักตะกอนได้เนื่องจากมีระบบรากหายใจแบบ pneumatophore จึงสามารถช่วยเพิ่มการกักเก็บเศษดินตะกอนต่างๆ ได้ [5]

4.2.3 แอมโมเนียไนโตรเจน

จากการศึกษา พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลสามารถบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ในช่วง 69.86 - 87.56 % ส่วนชุดควบคุม(ดินเลนอย่างเดียว) สามารถบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ในช่วง 57.14-79.66 % (ภาพที่ 2) และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเลจะมีความสามารถในการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ ตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลองต่างๆ ตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียสามารถถูกกำจัดได้หลายทาง เช่น การถูกดูดซับโดยพืชและจุลินทรีย์ การถูกออกซิไดส์โดยแบคทีเรียกลายเป็นสารประกอบพวก ไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ[6] นอกจากนี้ในสภาวะน้ำท่วมขัง แอมโมเนียอาจสูญหายไปในรูปของการกลายเป็นไอของแอมโมเนียได้ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ความหนาแน่นของพืช อากาศเหนือผิวน้ำ การแปรผันของค่า pH และความเข้มข้นของแอมโมเนีย เป็นต้น[7]

4.2.4 ไนโตรเจนทั้งหมด

จากการศึกษา พบว่า ชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลสามารถบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ในช่วง 70.32-89.80% ส่วนชุดควบคุม(ดินเลนอย่างเดียว) สามารถบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ในช่วง 65.10-78.65 % และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเล จะมีความสามารถในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ไนโตรเจนในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำอาจถูกกำจัดได้หลายทาง คือ ในรูปอนุภาคจะถูกกำจัดโดยการตกตะกอน และในรูปสารละลายถูกกำจัดโดยการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ[7] นอกจากนี้ยังสามารถถูกกำจัดโดยกระบวนการ nitrification และ denitrification การกลายเป็นไอของแอมโมเนีย และการนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์ เป็นต้น

4.2.5 ฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากการศึกษา พบว่า ชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลสามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ในช่วง 64.04 - 86.76 % ส่วนชุดควบคุม(ดินเลนอย่างเดียว)จะสามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ในช่วง 58.64 - 82.32 % (ภาพที่ 3) จากเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด จะเห็นว่าทั้งในชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเล และชุดควบคุมจะมีความแตกต่างกันน้อยมาก และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้น ดินจะเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด โดยเฉพาะดินที่มีส่วนประกอบของเหล็ก และอะลูมิเนียม นอกจากนี้ฟอสฟอรัสจะสามารถตกตะกอนได้ดีในดินที่มีความเป็นเกลือของโลหะ ซึ่งกลไกการกำจัดฟอสฟอรัสที่สำคัญ คือ การดูดซับทางเคมี และการตกตะกอน เพราะอัตราการกำจัดโดยกลไกเหล่านี้เกิดขึ้นได้มากกว่าการที่พืชจะดึงไปใช้ [8]

4.3 ปริมาณธาตุอาหารในดินตะกอน

ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินตะกอนในชุดการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม (กลุ่มที่ใช้น้ำทะเล และกลุ่มที่ใช้น้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง) โดยเปรียบเทียบระหว่างสมบัติของดินก่อนการทดลอง และภายหลังสิ้นสุดการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

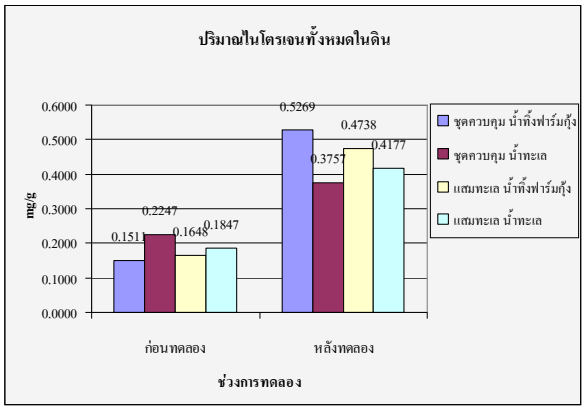
4.3.1 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองมีค่าระหว่าง 2.38-2.75 % และหลังสิ้นสุดการทดลองมีค่าระหว่าง 4.15–5.19% จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง พบว่ากลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้งมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยจะเห็นว่าหลังสิ้นสุดการทดลองจะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโดยปกติน้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้งจะประกอบด้วยเศษอาหารและของเสียที่สัตว์น้ำขับถ่าย ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาพร้อมการเปลี่ยนถ่ายน้ำในช่วงระหว่างการเลี้ยงและระหว่างการจับสัตว์น้ำ น้ำทิ้งจึงมักจะมีสารอินทรีย์และสารอาหารสูงกว่าสภาพธรรมชาติ [9]

4.3.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองจะมีค่าระหว่าง 0.1511-0.2247 mg/g และหลังสิ้นสุดการทดลองจะมีค่าระหว่าง 0.3757-0.5269 mg/g จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง พบว่าหลังสิ้นสุดการ

ทดลอง กลุ่มที่ใช้น้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำทะเล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากภาพที่ 4 จะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการทดลองจะเห็นว่า ชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลจะมีการสะสมไนโตรเจนในดินน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไนโตรเจนบางส่วนถูกพืชดึงไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ดังนั้นจึงทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในดินน้อยและนอกจากนี้ในน้ำเสียและในดินจะมีจุลินทรีย์ที่ช่วยในการเปลี่ยนรูปอินทรีย์ไนโตรเจน ให้อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่น แอมโมเนียและไนเตรท ดังนั้นไนโตรเจนบางส่วนจึงถูกพืชนำไปใช้ และสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้นสามารถสูญหายไปกับน้ำได้ง่าย[9]



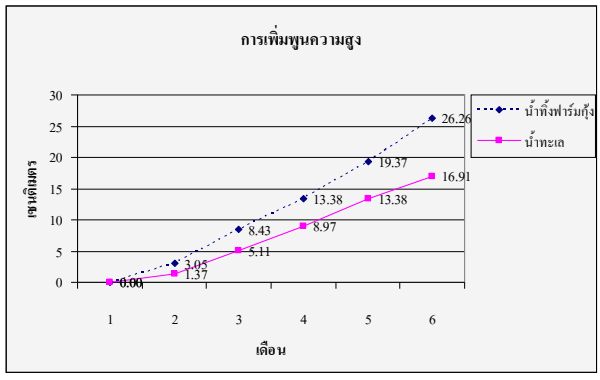
ภาพที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในชุดการทดลองต่างๆ

4.3.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน

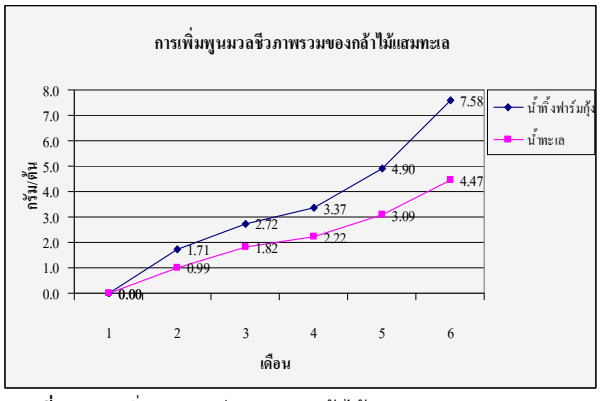
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองมีค่าระหว่าง 0.0134-0.0140 mg/g และหลังสิ้นสุดการทดลองจะมีค่าระหว่าง 0.0163-0.0400 mg/g จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง พบว่าหลังสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง กลุ่มที่ใช้น้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง จะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้สามารถพิจารณาได้จากคุณภาพน้ำทิ้งฟาร์มกุ้ง และคุณภาพน้ำทะเลที่เข้าสู่ระบบทดลอง จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งฟาร์มกุ้งมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างชุดควบคุม กับชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเล พบว่า ชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินต่ำกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลพืชมีการดึงฟอสฟอรัสในดินบางส่วนไปใช้ ซึ่งโดยปกติพืชจะนำฟอสฟอรัสไปใช้ได้ในรูปของฟอสเฟตที่ละลายน้ำ Sah และ Mikkelesen [10] ได้เปรียบเทียบการปลดปล่อยฟอสเฟตออกจากดินในสภาพ anaerobic และ aerobic พบว่าในสภาพ anaerobic มีการปลดปล่อยฟอสเฟตออกมามากกว่า ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้มากขึ้น

4.4 อัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้แสมทะเล

กล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง จะมีอัตราการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวม สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 5 และ6)



ภาพที่ 5 อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้แสมทะเล



ภาพที่ 6 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพของกล้าไม้แสมทะเล

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาประสิทธิภาพของกล้าไม้แสมทะเลเพื่อการบำบัดธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดธาตุอาหารและของแข็งแขวนลอยของกล้าไม้แสมทะเล ในชุดการทดลองต่างๆ พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกแสมทะเลสามารถกำจัดบีโอดีและธาตุอาหาร (แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนโตรเจนทั้งหมด) ในชุดการทดลองต่างๆ ได้ดีกว่าชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช) อย่างมีนัยสำคัญสถิติ

การศึกษาสมบัติของ พบว่ากลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้งมีการสะสมของอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาการเจริญเติบโต และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสรุปได้ว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง จะมีอัตราการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในกลุ่มการทดลองที่ใช้น้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้งที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณธาตุอาหารของพืชสูงกว่าน้ำทะเลอย่างเห็นได้ชัด จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้พืช

ในกลุ่มที่ใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพโดยรวมสูงกว่ากลุ่มที่ใช้น้ำทะเล จึงน่าจะมีความเป็นไปได้สูงที่จะปลูกกล้าไม้แสมทะเลโดยรอบพื้นที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เพื่อช่วยในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปล่อยออกมาจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งได้

6. การอ้างอิง

[1] วลีรัตน์ มูสิกะสังข์ และพุทธ ส่งแสงจินดา. "ประสิทธิภาพและดุลไนโตรเจนของการบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งระบบหมุนเวียนโดยใช้สาหร่ายพวงองุ่น(*Caulerpa lentillifera* J. Agardh)". รายงานการสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2547กรมประมง.,ห้องประชุมกรมประมง, ประเทศไทย, กรกฎาคม 7-9, 2547.

[2] สิริ เอกมหาราช, ก่อเกียรติ กูลแก้ว, พุทธ ส่องแสงจินดา, จุลีรัตน์ พรหมสุด, นิคม ละอองศิริวงศ์, และวลีรัตน์ มุสิกะสังข์. "การศึกษาน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลเพื่อประเมินผลกระทบต่อระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลา. " รายงานการสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2548 กรมประมง., โรงแรมเอเชียแอร์พอร์ท, ประเทศไทย, กรกฎาคม 12-13, 2548.

[3] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม."มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. เรื่อง กำหนดให้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม." ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 122 ตอนที่ พิเศษ 129 ลงวันที่ 14 พฤศจิกายน 2548.

[4] Campbell, C .S, and Ogden, M. 1999. Constructed Wetlands and Wastewater Treatment Design. **Constructed Wetlands in The Sustainable Landscape**, pp. 41-91. New York: John Wiley & Sons.

[5] สนิท อักษรแก้ว. **ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541.

[6] Nedwell, D. B. 1975. Inorganic Nitrogen Metabolism in A Eutrophicated Tropical Mangrove Estuary. **Water Research** 9: 221-231. Great Britain: Peramon Press.

[7] Reddy, K. R., D'Angelo, E.M. 1997. Biogeochemical Indicators to Evaluate Pollutant Removal Efficiency in Constructed Wetlands. **Water Science and Technology** 35(5): 1-10

[8] Vymazal, J. and Kröpfelová, L. 2008. Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow. Germany : Springer. 566 p.

[9] เพิ่มพูน กีรติกสิกร. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2528.

[10] Sah, R. N., and Mikkelsen, D. S. 1986. Effects of Anaerobic Decomposition of Organic Matter on Sorption and Transformations of Phosphate in Drained Soils : Effect on Phosphate Sorption. **Soil Science** 5: 267-274.