

การใช้สารละลายหินแม่รังเป็นแหล่งเฟอร์รัสเสริม ในระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้ง

Using laterite solution as ferrous supplementing source in water-morning-glory and tilapia culture system

เอกพจน์ บังวิเศษ¹, เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตี้ย^{1*}, สมสมสร แก้วบริสุทธิ¹ และ กมล เลิศรัตน์²

Aekapot Bangwisat¹, Penpun Srisakultiew^{1*}, Somsamorn Gawborisut¹ and Kamol Lertrat²

บทคัดย่อ: การใช้สารละลายหินแม่รังเป็นแหล่งเฟอร์รัสเสริมในระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งนี้ ทดลองเติมสารละลายหินแม่รัง 0.25, 0.5 และ 1 มล./ล./สัปดาห์ นาน 3 สัปดาห์ พบว่าการเติมสารละลายหินแม่รังทั้ง 3 ระดับ ทำให้ปริมาณเฟอร์รัสรวมในน้ำ (0.03-0.26 มก./ล.) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใส่สารละลายหินแม่รัง (0.00-0.07 มก./ล.) ส่งผลให้ผักบุ้งมีใบสีเขียวเข้ม 43.79 ± 6.02 , 44.52 ± 2.36 และ 48.83 ± 4.40 มีผลผลิตผักบุ้งกระถางละ 19.13 ± 2.58 , 20.63 ± 7.69 และ 21.28 ± 4.92 กรัม ตามลำดับ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เทียบกับชุดควบคุมที่ใบผักบุ้งมีค่าความเขียวเพียง 24.43 ± 1.13 และมีผลผลิตเพียงกระถางละ 14.08 ± 2.63 กรัม แสดงว่าสารละลายหินแม่รังสามารถใช้เป็นแหล่งเฟอร์รัสเสริมในระบบนี้ได้ โดยปริมาณการใช้ต่ำสุด คือ 0.25 มล./ล./สัปดาห์ ส่วนปลานิลทุกชุดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโต (1.06 ± 0.70 - 1.52 ± 0.85 กรัม/ตัว/วัน) และอัตราการรอดตาย (ร้อยละ 95.23 ± 4.34 - 99.05 ± 1.65) โดยไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ

คำสำคัญ: ปลา, ผักทอดยอด, การเลี้ยงผสมผสาน, หินแม่, เหล็ก

ABSTRACT: The use of laterite solution as ferrous supplementing source in water morning glory and tilapia culture system was carried out by adding the solution at 0.25, 0.5 and 1 ml/L/wk for 3 week. All the 3 levels of the solution added, total ferrous in water (0.03-0.26 mg/L) were significantly ($P<0.05$) higher than the control (0.00-0.07 mg/L). This affected color leave and production of the plant to be 43.79 ± 6.02 , 44.52 ± 2.36 , 48.83 ± 4.40 and 19.13 ± 2.58 , 20.63 ± 7.69 , 21.28 ± 4.92 g/pot, respectively, which were higher than the control (24.43 ± 1.13 and 14.08 ± 2.63 g/pot). The fish in every treatment showed similar growth rate (1.06 ± 0.70 - 1.52 ± 0.80 g/fish/day) and survival (95.23 ± 4.34 - 99.05 ± 1.65 %) without any difference. Therefore, the laterite solution could be used as ferrous supplementing source in the system by minimum adding was 0.25 ml/L/wk.

Keywords: fish, water spinach, integrated culture, brick-red rock, iron

¹ ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kean 40002

² ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University 40002

* Corresponding author: penpunsri@gmail.com

บทนำ

ปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทั้งยังเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายโตเร็วทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี แต่ในการเลี้ยงยังมีปัญหาปริมาณของเสียจากสิ่งขับถ่ายของปลาและเศษอาหารที่เหลือจากการเลี้ยงปลา ทำให้น้ำในบ่อมีคุณภาพต่ำลง จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตระดับหนึ่ง น้ำที่ปล่อยออกจากการเลี้ยงปลานิล ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ (organic matters) เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุอื่นๆ หากปล่อยของเสียเหล่านี้สู่แหล่งน้ำในปริมาณมาก จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ (เพ็ญพรรณ และคณะ, 2555) แต่สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงปลานิล เป็นธาตุอาหารที่พืชสามารถใช้เพื่อการเจริญเติบโตประกอบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในปัจจุบันทำให้มีการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืช (aquaponics) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้น้ำร่วมกันโดยนำน้ำจากระบบการเลี้ยงปลา (aquaculture) ไปใช้ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) เป็นระบบการเลี้ยงที่เอื้อประโยชน์ต่อกันโดยบ่อเลี้ยงปลาจะเป็นแหล่งสร้างสารอาหารพืช ส่วนพืชจะทำหน้าที่ใช้สารอาหารต่างๆ ในน้ำ เพื่อการเจริญเติบโตทำให้สารอาหารในน้ำลดลง น้ำจึงสะอาดขึ้นก่อนไหลกลับคืนเข้าสู่บ่อปลาอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม น้ำจากการเลี้ยงปลาอาจมีธาตุอาหารพืชไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะธาตุหลักที่เป็นจุลธาตุสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช (Rakocy et al., 1992) เพราะพืชต้องใช้ธาตุหลักในกระบวนการเมแทบอลิซึมระหว่างการ

สังเคราะห์แสง พืชที่ขาดธาตุหลักจะมีอาการเนื่อใบเหลืองแต่เส้นใบยังเขียวจึงมองดูคล้ายสีเขียว (green skeleton of veins; ศุภลักษณ์, 2549) ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตและตายในที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้น เพื่อทดลองใช้ธาตุหลักจากหินแม่รังหรือศิลาแลง ซึ่งเป็นหินธรรมชาติหาได้ทั่วไปในประเทศไทย เป็นหินที่มีส่วนประกอบของเหล็กอยู่มาก น้ำที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งเสริมธาตุหลักหรือเฟอร์รอสในระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักนึ่งโดยไม่ต้องใช้สารเคมี

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักนึ่ง

ใช้ตู้ปลาขนาด 25x28x50 ซม. บรรจุน้ำ 35 ลิตร จำนวน 12 ตู้ สำหรับใช้เลี้ยงปลานิล ภายในตู้ใส่หัวทราย 1 หัว ส่วนแปลงปลูกพืช ใช้กล่องโฟมขนาด 35x48x37 ซม. บรรจุน้ำ 35 ลิตร จำนวน 12 ใบ โดยฝากกล่องโฟม ถูกเจาะเป็นช่องใส่กระถางพลาสติกสำหรับปลูกพืชแบบไร้ดินจำนวน 12 ต้น/กล่อง ภายในกล่องโฟมใส่หัวทรายสำหรับเพิ่มอากาศในน้ำกล่องละ 1 หัว การไหลเวียนของน้ำระหว่างตู้ปลา และกล่องโฟมปลูกพืช ใช้ระบบ air lift คือ ใช้อากาศดันน้ำจากตู้ปลาเข้าสู่กล่องโฟมที่เป็นแปลงปลูกพืช ในขณะเดียวกันน้ำจากแปลงพืชจะไหลกลับเข้าสู่ตู้ปลาด้วยระบบกาลักน้ำ (siphon) ทำให้น้ำมีการไหลวนเวียน ไป-มา ระหว่างแปลงพืชและตู้ปลา (Figure 1)



Figure 1 Culture system of tilapia and water-morning-glory composed of: (a) tilapia aquarium (35L), (b) foam box (35L) for planting water-morning-glory 12 pots/box and (c) air pump. Function, the air pump pushed the air through sand stone in each aquarium. The air would lift the water from the aquarium to the foam box. The water from the foam box would flow back to the aquarium by siphon as arrows shown.

2. การเตรียมสารละลายหินแม่รังในน้ำจุลินทรีย์ EM ขยาย

ใช้น้ำจุลินทรีย์ EM ขยายที่เตรียมโดยใช้น้ำตาลทราย 100 กรัม น้ำหัวเชื้อ EM (คิวเซ) 100 มล. และน้ำปราศจากคลอรีน 100 ลิตร หมักในถังที่มีฝาปิดคนสารละลายทุกวัน อย่างน้อย 7 วัน จึงเริ่มใช้ โดยซึ่งหินแม่รังก้อนขนาด 1-3 ซม. ในอัตรา 400 กรัม ใส่จุลินทรีย์ EM ขยาย 1 ลิตร ในแกลลอนที่มีฝาปิด (5 ลิตร) แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการสูบลำตัวอย่างสารละลายในแกลลอนกรองด้วยกระดาษกรองก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กในสารละลายด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectroscopy (AA) ยี่ห้อ Analytikjena รุ่น novAA350 เก็บสารละลายหินแม่รังที่เตรียมนี้ไว้ใช้ในการเติมลงระบบตลอดการทดลอง

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ในการทดลองใช้ปลานิลแปลงเพศความยาวประมาณ 8 ซม. (น้ำหนักตัวละ 52-62 กรัม) จำนวนรวม 380 ตัว ก่อนนำปลาเข้าสู่ระบบ ทำการแช่ปลาในน้ำต่างที่บ่มเข้มข้นประมาณ 250-500 ส่วนในล้านส่วนนาน 1 นาที เพื่อกำจัดพยาธิภายนอก สูบปลาลูกปลาลงตู้ ตู้ละ 35 ตัว (1 ตัว/ลิตร) จำนวน 12 ตู้

พักปลาในตู้ก่อนเริ่มทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ ระยะเวลาที่มีการสูบลูกปลาลูกละ 20 ตัว มาซึ่งน้ำหนักและวัดความยาวเหยียด เพื่อใช้เป็นขนาดปลาเริ่มต้นการทดลอง ระยะเวลาที่มีการให้อาหารและแทนที่ลูกปลาที่ตายก่อนเริ่มการทดลอง

4. การเตรียมพืชทดลอง

ใช้เมล็ดพันธุ์ผักกาดจีนใบเฝือก (ตราเครื่องบินของบริษัทเจียไต๋) กระตุ้นการงอกของเมล็ดก่อน โดยนำเมล็ดแช่น้ำอุ่น (น้ำร้อนผสมน้ำเย็นอย่างละเท่ากัน) นาน 1 คืน ก่อนนำมาเพาะในกระถางพลาสติกขนาด 2x4 ซม. (กว้างxสูง) วัสดุปลูกใช้แกลบดิบ 1 ส่วน ผสมกับขุยมะพร้าว 2 ส่วน (ขุยมะพร้าวที่ใช้ต้องผ่านการแช่น้ำเปล่า 2 วัน ล้างและแช่ซ้ำอีก 1 ครั้ง จากนั้นหมักขุยมะพร้าวด้วยน้ำจุลินทรีย์ EM ขยาย อัตรา 10 มล./น้ำ 1 ลิตร นาน 5 วัน) จึงเริ่มใช้โดยบรรจุแกลบดิบผสมขุยมะพร้าวลงในกระถางก่อนใส่เมล็ดที่กระตุ้นการงอกแล้วกระถางละ 3 เมล็ด วางกระถางในภาตสำหรับใส่กระถาง (112 กระถาง/ภาต) พักกระถางเพาะเมล็ดในที่ร่ม เมื่อเมล็ดงอกนำกระถางไปวางไว้ที่มีแสง รดน้ำเช้า-เย็น ประมาณ 7 วัน คัดเลือกต้นผักกาดที่แข็งแรงที่มีต้นผักกาดกระถางละ 1 - 2 ต้น จำนวน 144 กระถาง

นำมาปลูกแบบไร้ดินบนฝากล่องโฟม จำนวน 12 กระถาง/กล่องโฟม

5. เลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ดโปรตีนร้อยละ 30 ในปริมาณที่กินจนอิ่มทุกวันวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เติมน้ำจุลินทรีย์ EM ขยาย ลงในกล่องโฟมปลูกผักนึ่ง ทุกวัน วันละ 35 มล. ใช้น้ำตู้ปลารดต้นผักนึ่ง เช้า - เย็น สังเกตดูรากผักนึ่งยาวถึงผิวน้ำในกล่องโฟมจึงหยุดการรดน้ำ จับแมลงศัตรูพืชออกเป็นประจำทุกครั้งที่เห็น สุ่มเติมสารละลายหินแม่รังสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ชุดการทดลองละ 3 ตู้โดยเติมลงในกล่องโฟมปลูกผักนึ่ง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1: ชุดควบคุมไม่มีการเติมสารละลายหินแม่รัง

ชุดการทดลองที่ 2: เติมสารละลายหินแม่รัง 0.25 มล./ล./สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 3: เติมสารละลายหินแม่รัง 0.5 มล./ล./สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 4: เติมสารละลายหินแม่รัง 1 มล./ล./สัปดาห์

6. บันทึกค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) และอุณหภูมิในตู้ปลาทุกวัน สุ่มตัวอย่างน้ำในตู้ปลาสัปดาห์ละ 0.5 ลิตร/ตู้ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวม, ไนไตรท์, ไนเตรท, ความเป็นด่าง และออกซิเจนละลายน้ำ มีการสุ่มตัวอย่างน้ำในตู้ปลาและกล่องโฟมปลูกผักนึ่ง สัปดาห์ละ 20 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง ก่อนนำมาวิเคราะห์หาปริมาณเฟอรัสรวมในน้ำด้วยเครื่อง AA วิธีการเดียวกันกับการวัดค่าเฟอรัสรวมในน้ำของสารละลายหินแม่รัง

7. ทำการทดลองนาน 3 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดระยะทดลอง สุ่มซึ่งวัดขนาดปลาสุดท้าย และนับจำนวนลูกปลาที่เหลือในแต่ละตู้ วัดค่าสีใบผักนึ่งด้วยเครื่องวัดสีใบพืชยี่ห้อ Minolta รุ่น SPAD-502 โดยวัดสีใบที่ 1, 2 และ 3 ที่นับจากยอดผักนึ่งทุกต้น

8. ทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และนำข้อมูลทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เมื่อเลี้ยงปลานิลในระบบรวมกับการปลูกผักนึ่ง โดยใช้สารละลายหินแม่รังที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5 และ 1.0 มล./ลิตร/สัปดาห์ นาน 3 สัปดาห์ พบว่าปลานิลมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยตัวละ 22.51 ± 0.86 , 31.89 ± 17.8 , 22.33 ± 14.78 และ 24.32 ± 9.59 กรัม ตามลำดับ และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 1.07 ± 0.04 , 1.52 ± 0.85 , 1.06 ± 0.70 และ 1.16 ± 0.46 กรัม/ตัว ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 1) ปลานิลมีค่าความยาวเพิ่มเฉลี่ยตัวละ 1.40 ± 0.18 , 1.45 ± 0.37 , 1.13 ± 0.37 และ 1.18 ± 0.51 ซม. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 1) ส่วนอัตราการรอดตายนั้น พบว่าปลานิลที่ปล่อยเริ่มต้นตู้ละ 35 ตัว มีอัตราการรอดตาย 95.23 ± 3.30 , 99.05 ± 1.65 , 96.19 ± 4.37 และ 95.23 ± 4.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 2)

Table 1 Growth of tilapia after 3 week culture period in the water-morning-glory-tilapia system added different levels of laterite solution

laterite solutions (ml/L/wk)	Growth of tilapia		
	weight gain (g $\pm$ SD)	length gain (cm $\pm$ SD)	daily weight gain (g $\pm$ SD)
0	22.51 ± 0.86	1.40 ± 0.18	1.07 ± 0.04
0.25	31.89 ± 17.87	1.45 ± 0.37	1.52 ± 0.85
0.5	22.33 ± 14.78	1.13 ± 0.37	1.06 ± 0.70
1.0	24.32 ± 9.59	1.18 ± 0.51	1.16 ± 0.46

Table 2 Survival rate of tilapia, water morning glory leave color and production after 3 week culture period

Laterite solutions (ml/L/wk)	survival rate (%)	leave color	morning glory weight (g/pot)
0	95.23±3.30	24.43±1.35 ^b	14.08±2.63 ^b
0.25	99.05±1.65	43.79±6.02 ^a	19.13±2.58 ^a
0.5	96.19±4.37	44.52±2.36 ^a	20.63±7.69 ^a
1.0	95.23±4.37	48.83±4.40 ^a	21.28±4.92 ^a

^{1/}Different alphabets in the same vertical column means statistically significant ($P < 0.05$)

สีใบผักบุ้งเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเติมสารละลายหินแมงลักที่ 0.25, 0.5 และ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ มีผลทำให้ผักบุ้งมีใบสีเขียวเข้ม 43.79 ± 6.02 , 44.52 ± 2.36 และ 48.83 ± 4.40 ตามลำดับ เข้มกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับชุดควบคุม (24.43 ± 1.35) ที่ไม่เติมสารละลายหินแมงลัก (Table 2) ส่งผลให้ผักบุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ยกระถางละ 19.13 ± 2.58 , 20.63 ± 7.69 และ 21.28 ± 4.92 กรัม สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับผักบุ้งชุดควบคุม (14.08 ± 2.63 กรัม/กระถาง) ที่ไม่เติมสารละลายหินแมงลัก (Table 2)

สารละลายหินแมงลักที่ใช้ในการทดลองนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่า มีค่าเฟอรส์รวม 921.03 มก./ล. การวิเคราะห์หาปริมาณเฟอรส์รวมในน้ำที่สู่มจากตู้ปลาพบว่า การเติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ในสัปดาห์ที่ 1 ไม่สามารถวัดค่าเฉลี่ยรวมในระบบการเลี้ยงได้ สัปดาห์ที่ 2 การเติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ พบว่าค่าเฟอรส์รวมในน้ำมากที่สุด คือ 0.21 ± 0.04 มก./ลิตร สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับการเติมที่ระดับ 0.5 และ 0.25 มล./ล./สัปดาห์ ที่มีค่าเฟอรส์รวม 0.13 ± 0.03 และ 0.07 ± 0.01 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีค่าเฟอรส์รวมน้อยที่สุดเท่ากับ 0.05 ± 0.01 มก./ล. ต่ำกว่าการเติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 0.5 และ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 พบว่า ตู้ปลานิลที่เติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ มีค่าเฟอรส์รวมมากที่สุด

คือ 0.26 ± 0.08 มก./ล. สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับการเติมที่ระดับ 0.25 และ 0.5 มล./ล./สัปดาห์ ที่มีค่าเฟอรส์รวม 0.10 ± 0.09 และ 0.10 ± 0.07 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมมีค่าเฟอรส์รวมน้อยที่สุด คือ 0.06 ± 0.02 มก./ล. ต่ำกว่าการเติมสารละลายหินแมงลักทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$; Table 3)

การวิเคราะห์ปริมาณเฟอรส์รวมในน้ำที่สู่มตัวอย่างจากกล่องโฟมปลูกผักบุ้ง สัปดาห์ที่ 1 พบว่าการเติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยรวมในแปลงผักบุ้งมากที่สุด (0.24 ± 0.08 มก./ล.) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับการเติมที่ระดับ 0.5 และ 0.25 มล./ล./สัปดาห์ ที่มีค่าเฟอรส์รวม 0.08 ± 0.05 และ 0.03 ± 0.02 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารละลายหินแมงลักตรวจไม่พบค่าเฟอรส์รวมในน้ำ (Table 4) สัปดาห์ที่ 2 พบว่า ค่าเฟอรส์รวมในกล่องโฟมปลูกผักบุ้งที่เติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 1.0 มล./ล./สัปดาห์ มีค่าเฟอรส์รวมสูงสุด คือ 0.21 ± 0.04 มก./ล. สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับการเติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 0.25 และ 0.5 มล./ล./สัปดาห์ ที่มีค่าเฟอรส์รวมใกล้เคียงกัน คือ 0.07 ± 0.01 และ 0.13 ± 0.03 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนค่าเฟอรส์รวมในชุดควบคุมพบว่า มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.05 ± 0.01 มก./ล. ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับการเติมสารละลายหินแมงลักทุกระดับ สัปดาห์ที่ 3 พบว่า ค่าเฟอรส์รวมในแปลงผักบุ้งที่เติมสารละลายหินแมงลักที่ระดับ 1 มล./ล./สัปดาห์

มีค่าเฟอร์รัสรวมมากที่สุด คือ 0.26 ± 0.10 มก./ล. สูงกว่า เฟอร์รัสรวมใกล้เคียง คือ 0.07 ± 0.02 , 0.11 ± 0.09 และ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เทียบกับการเติม 0.07 ± 0.02 มก./ล. ตามลำดับ (Table 4) ที่ระดับ 0, 0.25 และ 0.5 มล./ล./สัปดาห์ ที่พบค่า

Table 3 Total ferrous in water sampled from tilapia aquaria in the water-morning-glory-tilapia system during 3 week culture period

laterite solutions (ml/L/wk)	Total ferrous (mg. /L.) at the week		
	1	2	3
0	0	0.05 ± 0.01^c	0.06 ± 0.02^c
0.25	0	0.07 ± 0.01^{bc}	0.10 ± 0.09^b
0.5	0	0.13 ± 0.03^b	0.10 ± 0.07^b
1.0	0	0.21 ± 0.04^a	0.26 ± 0.08^a

^{1/}Different alphabet in the same vertical column means statistically significant ($P < 0.05$)

Table 4 Total ferrous in water sampled from water morning glory containers in water-morning-glory-tilapia system during 3 week culture period

laterite solutions (ml/L/wk)	Total ferrous (mg. /L.) at the week		
	1	2	3
0	0.00 ± 0.00^d	0.05 ± 0.01^c	0.07 ± 0.02^b
0.25	0.03 ± 0.02^c	0.07 ± 0.01^b	0.11 ± 0.09^b
0.5	0.08 ± 0.05^b	0.13 ± 0.03^b	0.07 ± 0.02^b
1.0	0.24 ± 0.08^a	0.21 ± 0.04^a	0.26 ± 0.10^a

^{1/}Different alphabet in the same vertical column means statistically significant ($P < 0.05$)

คุณภาพน้ำจากการทดลองพบว่า ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรท มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเติมสารละลายหินแม่รังต่างระดับพบว่า คุณภาพ น้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 5) แต่การเติมสารละลายหินแม่รังที่ระดับ 1.0 มล./ล./สัปดาห์พบ

ปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำสูงที่สุดถึง 1.53 มก./ล. ซึ่งสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ไม่มีผลทำให้อัตราการรอดตายของปลานิลชุดนี้ ($95.23 \pm 4.37\%$) แตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองอื่น (95.23 ± 3.30 - $99.05 \pm 1.65\%$; Table 2)

Table 5 Average water quality parameters in water-morning-glory-tilapia system during 3 week culture period

Water quality parameters	Adding laterite solution (ml /L/wk)			
	0	0.25	0.5	1.0
Temperature (C°)	24.11±0.0.82	24.43±0.92	24.28±0.71	24.25±0.80
(min-max)	(23.0-25.7)	(23.0-25.9)	(23.4-25.5)	(23.1-25.8)
pH	7.51±0.29	7.51±0.29	7.51±0.29	7.51±0.29
	(6.4-8.3)	(6.9-8.2)	(6.9-8.2)	(6.9-8.2)
DO	7.40±1.01	7.29±1.05	7.30±0.82	7.23±1.13
(mg/L)	(7.20-8.80)	(6.27-8.73)	(6.33-8.33)	(5.93 - 8.67)
Alkalinity	65.67±18.49	65.33±18.11	64.50±16.97	64.83±15.92
(mg/L)	(42.67-86.00)	(43.33-85.33)	(42.67-82.00)	(44.00-80.00)
Total ammonium nitrogen	0.52±0.55	0.52±0.64	0.54±0.66	0.57±0.70
(mg/L)	(0.03-1.23)	(0.02-1.38)	(0.04-1.43)	(0.04-1.53)
Nitrite	0.12±0.10	0.13±0.10	0.14±0.10	0.14±0.10
(mg/L)	(0.03-0.22)	(0.04-0.23)	(0.03-0.22)	(0.04-0.23)
Nitrate	5.18±1.88	5.30±1.94	5.55±1.90	5.28±1.73
(mg/L)	(3.27-7.03)	(3.33-7.20)	(3.57-7.37)	(3.40-6.80)

ในการเลี้ยงปลาแบบหนาแน่นต้องมีการให้อาหาร เมื่อปลากินอาหารเข้าไปอาหารส่วนมากจะถูกย่อยสลายกลายเป็นพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของปลา อาหารอีกส่วนหนึ่งที่ปลาใช้ประโยชน์ไม่ได้ จะถูกขับถ่ายออกมากลายเป็นแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมที่หากมีปริมาณมากจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ทำให้อัตราการรอดตายและผลผลิตลดลง เป็นที่มาของความจำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำในระบบการเลี้ยงปลา แต่ปัจจุบันประเทศไทยประสบภาวะฝนแล้ง น้ำเพื่อการเกษตรไม่เพียงพอ การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อปลาจึงมีข้อจำกัดที่ประเทศสหรัฐอเมริกา Rakocy et al. (1992) พัฒนาระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกผักสำหรับบริโภคในครัวเรือน โดยใช้การทำงานของแบคทีเรียไนโตรโซโมแนสและไนโตรแบคเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนแอมโมเนียมไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ กลายเป็นปุ๋ยสำหรับพืชผัก ต่อมาขยายขนาดการเลี้ยงเพื่อการค้าในหลายประเทศ ส่วนประเทศไทยโครงการพัฒนาระบบปลูกผักร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อสร้างความมั่นคงอาหารระดับครัวเรือน พัฒนาต้นแบบสวนครัวยุคใหม่ 10 รูปแบบ สามารถปลูกผักสวนครัวมากกว่า 40 ชนิด และเลี้ยงปลาได้ 6 ชนิด (กมล, 2557; กมล และคณะ, 2558) แต่ระบบ

การเลี้ยงดังกล่าวมีปัญหาการขาดธาตุเหล็ก (Rakocy et al., 1992) ที่ต้องซื้อเหล็ก คือเหล็กที่มีราคาแพง งานวิจัยนี้ทำการทดลองใช้หินแม่รังที่เป็นหินธรรมชาติหาง่ายในทุกท้องที่ของประเทศไทย สิ้น (2559) รายงานว่า หินแม่รังหรือหินศิลาแลงเป็นหินที่ผู้พังทางธรณีวิทยา จากกระบวนการออกซิเดชันของแร่ธาตุต่างๆทางเคมี ทำให้กลายเป็นแร่ธาตุในก้อนหิน โดยทั่วไปมีสีสีแดง แดงปนเหลือง แดงอมส้ม น้ำตาลแดง และสีอิฐ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและปริมาณแร่ธาตุในหินนั้น ส่วนมากหินแม่รังมีปริมาณแร่เหล็กและอลูมิเนียมที่ผู้พังอยู่มาก อาจมีแมงกานีสและซิลิกาปนอยู่ด้วย (อาคม, 2551; สิ้น, 2559) หินแม่รังที่ถูกขุดขึ้นมาสัมผัสอากาศแล้ว จะมีความแข็งเพิ่มขึ้น ความเป็นด่างลดลง และมีสารอินทรีย์น้อยหรือไม่มีเลย (สิ้น, 2559) เมื่อนำหินแม่รังแช่ลงในสารละลายจุลินทรีย์ EM ขยาย นาน 7 วัน พบว่ามีค่าเฟอริสรวม 921.03 มก./ล. การเติมสารละลายหินแม่รังที่ปริมาณ 0.25, 0.5 และ 1 มล./ล./สัปดาห์ ในกล่องโฟมปลูกพืชส่งผลให้สัปดาห์ที่ 1 พบปริมาณเฟอริสรวมในน้ำที่สุ่มจากกล่องโฟมปลูกพืชระดับ 0.03±0.02, 0.08±0.05 และ 0.24±0.08 มก./ล. ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุม และตัวอย่างน้ำที่สุ่มจากตู้ปลาทดลองตรวจไม่พบปริมาณเฟอริสรวม (0.00

มก./ล.) น้ำที่สูมจากกล่องโฟมปลูกพืชและตู้ปลานี้ พบว่ามีปริมาณเฟอร์ไรต์รวมในน้ำสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 อีกทั้งสูงขึ้นตามปริมาณการใส่ที่เพิ่มขึ้นด้วย (Tables 3, 4) แสดงว่าสารละลายหินแม่รังที่ใช้ สามารถเพิ่มปริมาณเฟอร์ไรต์รวมในน้ำได้ ส่งผลให้สีใบ ผักบุ้งชุดการทดลองที่เติมสารละลายหินแม่รังทุกระดับ (0.25-1.0 มล./ล.) มีใบสีเขียวเข้ม ($43.79 \pm 6.02 - 48.83 \pm 4.40$) โกล้เคียงกันแต่เข้มกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมสารละลายหินแม่รัง (24.43 ± 1.35) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) สอดคล้องกับ ผลผลิตผักบุ้งชุดการทดลองที่เติมสารละลายหินแม่รัง ทุกระดับมีน้ำหนักผักบุ้งสูงขึ้น ($19.13 \pm 2.58 - 21.28 \pm 4.92$ กรัม/กระถาง) ตามปริมาณการใส่สารละลายหินแม่รังที่สูงขึ้น โดยไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ แต่ ผลผลิตผักบุ้งนี้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (14.08 ± 2.63 กรัม/กระถาง) แสดงว่าระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักบุ้งโดยไม่เติมสารใดๆ นี้ มีปัญหาการขาดธาตุเหล็กหรือเฟอร์ไรต์จริง สอดคล้องกับรายงานของ (Rakocy et al., 1992) ปัญหานี้ Roosta and Mohsenian (2012) ทำการแก้ไขด้วยการฉีดพ่นสารเคมีชนิดที่มีเฟอร์ไรต์เป็นองค์ประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งใน 3 ชนิด คือ FeSO_4 , Fe-EDTA หรือ Fe-EDDHA โดยใช้ที่ความเข้มข้น 0.05 กรัม/ลิตร ฉีดพ่นให้ทางใบที่ ปริมาณ 200 มล./ต้นพริกไทย เดือนละ 2 ครั้ง ขณะที่ ผลจากการทดลองครั้งนี้ใช้การเติมสารละลายหินแม่รังเข้าสู่ระบบทุกสัปดาห์ในปริมาณอย่างน้อย 0.25 มล./ล. หรือ 8.75 มล./ตู้ จำนวน 4 ครั้ง/เดือน การเติมสารละลายหินแม่รังดังกล่าวนี้ เป็นวิธีการที่ง่าย ประหยัดแรงงาน โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโต (Table 1) และอัตราการรอดตาย (Table 2) ของปลานิล รวมทั้งคุณภาพน้ำในระบบแต่อย่างใด (Table 5)

สรุป

สารละลายหินแม่รังสามารถใช้เป็นแหล่งเสริมธาตุเหล็กในระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผัก

บุ้งได้ โดยเติมในปริมาณอย่างน้อย 0.25 มล./ลิตร/สัปดาห์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการค้นคว้าจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สนับสนุนให้นักวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่นทำต้นแบบสวนครัวยุคใหม่ผ่านโครงการ “การพัฒนาระบบปลูกผักร่วมกับ การเลี้ยงปลาเพื่อสร้างความมั่นคงด้านอาหารในระดับ ครัวเรือน” โดยมี รศ.ดร.กมล เลิศรัตน์ สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นหัวหน้าโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์. 2557. สวนครัวยุคใหม่ปลูกผักร่วมกับการเลี้ยงปลา : เส้นทางสู่ความอยู่เย็นเป็นสุขของสังคมไทยอย่างยั่งยืน. แก่นเกษตร. 42(3) : 265-270.
- กมล เลิศรัตน์, เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว, สุธีลา เตชะวงศ์เสถียร และเชาวลิต สีลาดเลา. 2558. สวนครัวยุคใหม่: ปลูกผักร่วมกับการเลี้ยงปลา ทางเลือกเพื่อการพึ่งพาตนเองและช่วยชาติ. เกษตรก้าวหน้า. 28(1): 1-31.
- เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว, วิรัช จิวแอ้ม และสมสมร แก้วบริสุทธิ์. 2555. การพัฒนาระบบการจัดการฟาร์มปลานิล. ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ศุภลักษณ์ สิงหนุต. 2549. โรคขาดธาตุอาหารของพืช. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- สิน สินสกุล. 2559. ศิลาลง. สาขาวิทยาศาสตร์มัธยม สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) แหล่งข้อมูล: <http://secondsci.IPST.ac.th>. ค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2559.
- อาคม เสงี่ยมวิบูล. 2551. การศึกษาเม็ดลูกกุ้ง (หินแม่) ในภาคอีสานเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับงานตกแต่ง. สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- Rakocy, J. E., T.M. Losordo, and M.P. Masser. 1992. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication. Southern Region Aquaculture Center, Mississippi State University. 454: 1-6.
- Rootsta, H.R., and Y. Mohsenian. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. J. Sci. Hort. 146: 182-192.