

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 53-54-04-12-30103-010-104-01-11

ชื่อโครงการ การปรับปรุงน้ำเปรี้ยวภายในร่องในชุดดินองครักษ์โดยปูนมาร์ลและวัสดุอินทรีย์
เพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกผักขึ้นน้ำ (ผักกระเฉด) ร่วมกับเลี้ยงปลาดุก

Water Quality Improvement in Acid Sulfate Soil on Ongkarak Soil Series
by Using Marl and Organic Material for Growing *Neptunia oleracea* and
Sharptooth Catfish

กลุ่มชุดดินที่ ชุดดินองครักษ์ (Ok)

สถานที่ดำเนินการ ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

ผู้ดำเนินการ นางสาวณอมขวัญ ทิพวงศ์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการ

นางสาวรสมาลิน ณ ระนอง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

นางสาวสุวรรณี ภูธรราชย์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

บทคัดย่อ

การวิจัยการปรับปรุงน้ำเปรี้ยวภายในร่องในชุดดินองครักษ์โดยปูนมาร์ลและวัสดุอินทรีย์เพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกผักขึ้นน้ำ (ผักกระเฉด) ร่วมกับเลี้ยงปลาดุก ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ในปี 2552-2554 เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำภายในร่องโดยลดความเป็นกรดและสารพิษในน้ำเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ในการเกษตรทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์น้ำ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 8 ดำรับการทดลอง คือ แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปูน) วิธีเกษตรกร ใส่ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ใส่ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พ.ด.9 ใส่ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พ.ด.9 และแหนแดง หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พ.ด.9 และ หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พ.ด.9 และแหนแดง ผลการวิจัยพบว่าทุกดำรับการทดลองให้ผลผลิตผักกระเฉดไม่แตกต่างกันทางสถิติซึ่งผลผลิตและคุณภาพของผักกระเฉดไม่เหมาะสมต่อการบริโภค ส่วนปลาดุกศรีสะเกษเมื่ออายุได้ 5 เดือนพบว่าทุกดำรับการทดลองให้ค่าเฉลี่ยด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีอัตราการรอดตายที่ต่ำมากเฉลี่ยเพียง 19 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของลำตัวเฉลี่ย 20.9 เซนติเมตร น้ำหนักตัวปลาเฉลี่ย 68 กรัมต่อตัว นอกจากนี้ยังพบว่าปลาดุกศรีสะเกษส่วนใหญ่มีอาการท้องบวมและผิวหนังเป็นแผลตลอดลำตัวทำให้มีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคและจำหน่าย

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินพบว่าสมบัติต่างๆ ของดินภายหลังสิ้นสุดการทดลองไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน แคลเซียมที่สกัดได้ในดิน แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลองอาจเนื่องมาจากผลของวัสดุปูนที่ใส่ในบ่อเพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำและวัสดุอินทรีย์ที่ใช้หมักเพื่อปรับปรุงน้ำที่เป็นกรด ยกเว้นเหล็กที่สกัดได้ในดินและอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินที่มีแนวโน้มลดลงจากก่อนการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพขังน้ำจะทำให้ pH เพิ่มขึ้น เหล็กและอะลูมิเนียมที่จะเป็นพิษจึงลดลง (เจริญ, 2541)

สำหรับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาพบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำช่วงเวลาต่างกัน ทุกตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าระยะที่ 1 ช่วงเตรียมบ่อดินและก่อนการปรับปรุงคุณภาพดินและคุณภาพน้ำค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีความเป็นกรดจัดมาก ไม่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลา ส่วนระยะที่ 2 ช่วงปรับปรุงคุณภาพดินและคุณภาพน้ำโดยใส่วัสดุปูนและหมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่ารวมทั้งใส่มูลไก่จึงทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 6.63-6.75 ซึ่งเป็นระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงได้ทำการปล่อยลูกปลาดุก และในระยะที่ 3 ช่วงการเลี้ยงดูและให้อาหารปลาดุกประมาณ 5 เดือน พบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในช่วงดังกล่าวมีค่าเฉลี่ย 6.72 อย่างไรก็ตามการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินที่ดินเป็นดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถันและสภาพน้ำเปรี้ยวจัดนั้น แม้ว่าจะทำการแก้ไขปรับปรุงดินและปรับสภาพน้ำเป็นระยะเวลามากกว่า 1 ปีแล้วก็ตามปลาดุกรัสเซียที่เลี้ยงในสภาพดังกล่าวยังมีอัตราการรอดตายที่ต่ำมาก ที่สำคัญยิ่งคืออาการผิดปกติของปลาดุกรัสเซียที่พบอาการท้องบวมและผิวหนังเป็นแผลตลอดลำตัวทำให้มีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภคและจำหน่ายจึงไม่สามารถประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจได้ แต่พบว่าต้นทุนหลักในการเลี้ยงปลาดุกส่วนใหญ่คือค่าพันธุ์ปลาและค่าอาหารปลา

หลักการและเหตุผล

ปัญหาหลักที่พบในการปรับสภาพพื้นที่ที่เป็นดินเปรี้ยวจัดโดยการขุดหน้าดินเพื่อยกร่องปลูกพืช โดยทั่วไปจะมีการนำดินชั้นล่างขึ้นมาทับไว้บนผิวหน้าดินเดิม มีขนาดสันร่องกว้าง 5-8 เมตร หน้าตัดดินที่ขุดลึกลงไปประมาณ 1 เมตร และท้องร่องกว้าง 1-1.5 เมตร มักปรากฏสารประกอบไพไรท์สะสมอยู่ในชั้นหน้าตัดดิน ทำให้คุณภาพน้ำภายในร่องเกิดปัญหากรดจัดที่เรียกว่าน้ำเปรี้ยว ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพน้ำดังกล่าวต้องมีการลงทุนสูง และไม่ค่อยมีการใช้ประโยชน์ในการทำเกษตรแต่อย่างใด อันเป็นการสูญเสียเปล่าในการใช้ประโยชน์พื้นที่มากถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นควรมีการใช้พื้นที่ดินเปรี้ยวจัดที่มีการยกร่องให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดโดยทำการเกษตรแบบผสมผสานที่เหมาะสม ทั้งการปลูกพืชและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยจำเป็นต้องหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำเพื่อให้ความเป็นกรดลดลง ด้วยการใช้วัสดุปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำควบคู่ไปกับการควบคุมระดับน้ำภายในร่องน้ำไม่ให้ดินแห้ง อันจะเป็นการป้องกันมิให้เกิดการออกซิไดซ์และเกิดกรดในชั้นหน้าตัดดิน เพราะหากคุณภาพน้ำมีความเป็นกรดสูงอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงในน้ำที่มีสภาพดังกล่าวโดยทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตช้าหรือตายได้

การศึกษาโครงการวิจัยเรื่อง “การปรับสภาพน้ำเปรี้ยวภายในร่องในชุดดินองครักษ์โดยปูนมาร์ล และวัสดุอินทรีย์เพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกผักขึ้นน้ำ (ผักกระเฉด) ร่วมกับเลี้ยงปลา” ซึ่งเป็นโครงการวิจัยย่อยหนึ่งภายใต้แผนการวิจัย “การปรับสภาพพื้นที่ร่วมกับการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวจัดโดยการใช้วัสดุปรับปรุงดินผสมผสานกับเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อทำเกษตรอินทรีย์ที่มีการปลูกพืชแบบผสมผสาน” ใช้ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 ในพื้นที่ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก โดยคัดเลือกผักกระเฉดเป็นพืชทดสอบเนื่องจากเป็นพืชน้ำที่มีปริมาณหลักและแคลเซียมสูงและเป็นที่ยอมรับของตลาด และคัดเลือกปลาดุกเป็นสัตว์ทดสอบเนื่องจากปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดกินพืชและทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี จึงน่าจะเหมาะสมที่จะเลี้ยงเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหรือสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดได้อีกทางหนึ่ง คาดว่าผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงวิธีการปรับปรุงดินและการปรับสภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำและปลูกพืชขึ้นน้ำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการให้คำแนะนำเพื่อปรับสภาพน้ำเปรี้ยวภายในร่องน้ำสำหรับปลูกผักขึ้นน้ำร่วมกับการเลี้ยงปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อไป

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกระเฉดและปลาดุก
- 2) เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของดินและคุณภาพของน้ำ
- 3) เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกผักกระเฉดร่วมกับเลี้ยงปลาดุก

การตรวจเอกสาร

1. สถานการณ์ดินเปรี้ยวจัดในประเทศไทย

ดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถัน (acid sulfate soils) เป็นดินที่มีไพไรต์ (pyrite) เมื่อผ่านกระบวนการออกซิเดชันทำให้เกิดกรดกำมะถันสะสมอยู่มากในชั้นหน้าตัดดิน ทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดจัดมาก โดยทั่วไปดินมีพีเอชน้อยกว่า 4 (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์, 2551; Dent and Pons, 1995; Fanning, 2006) ในประเทศไทยพบว่าพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดกระจายอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลที่มีหรือเคยมีน้ำทะเลหรือมีน้ำกร่อยท่วมถึงในอดีต ประกอบด้วยพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดของภาคกลางตอนใต้ ภาคใต้และภาคตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 6,239,361 ไร่ ลักษณะของดินเปรี้ยวจัดจะมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนละเอียดที่พบสารสีเหลืองฟางข้าวหรือตะกอนน้ำทะเลที่มีองค์ประกอบของสารกำมะถันมากภายในความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพพื้นที่โดยทั่วไปจะพบต้นกกหรือกระถินทุ่งขึ้นอยู่ทั่วไป คุณภาพน้ำในบริเวณดังกล่าวไม่เหมาะสมและเป็นกรดจัดมาก มักพบคราบสนิมในดินและผิวน้ำ เมื่อดินนี้แห้งจะแตกกระแหเป็นร่องกว้างและลึก เมื่อทำการขุดดินหรือยกร่องลึกจะพบสารสีเหลืองฟางข้าวหรือที่เรียกว่าจาโรไซต์ (jarosite) กระจายในหน้าตัดดิน และมีจุดประสีเหลืองหรือสีแดงกระจายอยู่ทั่วไป หรือพบชั้นดินเลนเหนียวหรือร่วนเหนียวปนทรายแข็งที่มีกลิ่นเหม็นเหมือนก๊าซไข่เน่า ชั้นดินเลนนี้เมื่อแห้งจะมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดรุนแรงมาก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 4.0 เป็นดินที่เป็นปัญหาทางการเกษตร สภาพกรดจัดส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ทำให้เกิดการขาดแคลนธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ขาดความสมดุลของธาตุอาหารพืชทำให้มีเหล็กและอลูมิเนียมละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชปลูก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556; กรมพัฒนาที่ดิน, 2553; นงคราญ และคณะ, ไม่ระบุปีพิมพ์)

ประเภทดินเปรี้ยวจัดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556; กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ดังนี้

- 1) ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงมาก พบชั้นดินกรดกำมะถันหรือสารประกอบจาโรไซต์สีเหลืองฟางข้าวภายในระดับความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยทั่วไปชั้นดินบนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 4.0 ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 9 และ 10 มีเนื้อที่ 952,194 ไร่
- 2) ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงปานกลาง พบชั้นดินกรดกำมะถันหรือสารประกอบจาโรไซต์ในช่วงความลึก 50-100 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยทั่วไปชั้นดินบนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.0-4.5 ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 11 และ 14 มีเนื้อที่ 2,519,256 ไร่
- 3) ดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดรุนแรงน้อย พบชั้นดินกรดกำมะถันสีหรือสารประกอบจาโรไซต์ในช่วงระดับความลึก 100-150 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยทั่วไปชั้นดินบนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.5-5.0 ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 2 มีเนื้อที่ 2,767,911 ไร่

2. ทรัพยากรดินและสถานการณ์ดินเปรี้ยวจัดในจังหวัดนครนายก

จังหวัดนครนายกมีเนื้อที่ 2,122 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,326,250 ไร่ กรมพัฒนาที่ดินได้วิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของดินในจังหวัดนครนายกสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคตะวันออก, 2553)

- 1) ดินที่เกิดจากตะกอนลำนน้ำใหม่ บริเวณนี้เป็นที่ราบน้ำท่วมถึง พบในบริเวณสันดินริมน้ำและบริเวณแอ่งริมน้ำของแม่น้ำนครนายกและคลองบ้านนา ดินที่เกิดบริเวณสันดินริมน้ำเนื้อดินเป็นดินร่วน

หรือร่วนปนทรายแข็ง ดินลึก การระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ส่วนดินที่เกิดบริเวณแอ่งริมน้ำ เนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินลึก การระบายน้ำเลว ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีเนื้อที่ประมาณร้อยละ 2.5 ของพื้นที่รวมทั้งจังหวัด

2) ดินที่เกิดจากทับถมของตะกอนน้ำกร่อยในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงในอดีต พบในที่ลุ่มต่ำทางตอนใต้ของจังหวัด บริเวณอำเภอองครักษ์ ตอนใต้ของอำเภอเมืองและปากพลี เนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินลึก การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปฏิบัติเป็นดินกรดจัด มีเนื้อที่ประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่รวมทั้งจังหวัด

3) ดินที่เกิดจากตะกอนลำน้ำค่อนข้างใหม่และตะกอนลำน้ำเก่าบนลานตะพัก พบเป็นแนวกว้างทางตอนกลางของจังหวัดขึ้นไปจรดเทือกเขาทางตอนเหนือ สภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่มๆ ดอนๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลานตะพักระดับต่ำ เนื้อดินบนเป็นทรายหรือทรายแข็ง ดินล่างเป็นดินเหนียว ดินลึก การระบายน้ำเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำสำหรับดินบนลานตะพักระดับสูง เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินเหนียวปนทรายแข็ง การระบายน้ำ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

4) ดินที่เกิดจากการสลายตัวของวัตถุดินกำเนิดที่สลายตัวอยู่กับที่และที่เคลื่อนที่มาทับถมกันด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก บนลานตะพักที่ง่ายต่อการกัดกร่อนและบริเวณเชิงเขา พบกระจายอยู่เป็นแห่งๆ และในบริเวณเชิงเขาตอนเหนือ ส่วนใหญ่เป็นดินค่อนข้างตื้น มีเศษหิน ก้อนกรวดปะปนอยู่ การระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง

5) ดินภูเขา ได้แก่ บริเวณภูเขาและที่มีความลาดชันสูงมาก ส่วนใหญ่ดินที่พบจะเป็นดินต้นหรือลึกปานกลางไม่เหมาะสำหรับการเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 30.24 ของพื้นที่รวมทั้งจังหวัด

สำหรับสถานการณ์ดินเปรี้ยวจัดในจังหวัดนครนายกพบว่าพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดทั้งจังหวัดมีเนื้อที่รวม 603,811 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 45.53 ของเนื้อที่ทั้งจังหวัด 1,326,250 ไร่ และคิดเป็นร้อยละ 9.7 ของพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดทั้งประเทศ การแพร่กระจายพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในจังหวัดนครนายกพบว่าพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดที่พบชั้นดินกรดกำมะถันตื้นมีเนื้อที่ 210,965 ไร่ ดินเปรี้ยวจัดที่พบชั้นดินกรดกำมะถันลึกปานกลางมีเนื้อที่ 349,029 ไร่ และดินเปรี้ยวจัดที่พบชั้นดินกรดกำมะถันลึกมีเนื้อที่ 43,817 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

3. การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในจังหวัดนครนายก

3.1 การเพาะปลูก จากการจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงพื้นที่รายแปลงของจังหวัดนครนายกในปี พ.ศ.2545 ด้วยภาพถ่ายออร์โธรีโมติมาตรส่วน 1:4,000 โดยเรียงตามลำดับเนื้อที่การใช้ประโยชน์ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคตะวันออก, 2553) รายงานว่าจังหวัดนครนายกมีเนื้อที่ถือครองทางการเกษตรทั้งหมด 683,445 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.53 ของเนื้อที่ทั้งจังหวัด ประกอบด้วยที่นา ที่การเกษตรอื่นๆ ที่ไม่ผลไม่ยืนต้น ที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและที่พืชไร่ เนื้อที่ 441,756 140,169 54,519 37,370 และ 9,630 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 64.64 20.51 7.98 5.47 และ 1.41 ของเนื้อที่เกษตรทั้งจังหวัด ตามลำดับ สำหรับเนื้อที่ที่ไม่ใช่ที่ถือครองทางการเกษตรมีเนื้อที่ทั้งหมด 642,805 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 48.47 ของเนื้อที่ทั้งจังหวัด ประกอบด้วยป่าไม้ ที่รกร้างว่างเปล่า ที่นอกการเกษตร และที่แหล่งน้ำ เนื้อที่ 419,874 88,099 74,356 และ 60,476 คิดเป็นร้อยละ 65.32 13.71 11.57 และ 9.41 ของเนื้อที่ที่ไม่ใช่ที่ถือครองทางการเกษตร ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในระดับอำเภอ พบว่าอำเภอองครักษ์มีเนื้อที่ถือครองทางการเกษตรมากที่สุดรวมเนื้อที่ 249,666 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 36.53 รองลงมาได้แก่อำเภอเมืองนครนายก อำเภอบ้านนาและอำเภอปากพลี รวมเนื้อที่ 183,104 148,992 และ 101,683 ไร่ คิดเป็น

ร้อยละ 26.79 21.80 และ 14.88 ของเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร ตามลำดับ สำหรับเนื้อที่ที่ไม่ใช่ที่ถือครองทางการเกษตรพบว่าอำเภอเมืองนครนายกมีเนื้อที่ที่ไม่ใช่ที่ถือครองทางการเกษตรมากที่สุดรวมเนื้อที่ 322,523 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.17 รองลงมาได้แก่อำเภอปากพลี อำเภอบ้านนาและอำเภอองครักษ์ มีเนื้อที่ 170,720 76,651 และ 72,912 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.56 11.92 และ 11.34 ของเนื้อที่ที่ไม่ใช่ที่ถือครองทางการเกษตร ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรแต่ละประเภท พบว่าที่นา (441,756 ไร่) ในเขตอำเภอองครักษ์มีเนื้อที่นามากที่สุดคิดเป็นเนื้อที่ 141,553 ไร่ หรือร้อยละ 32.0 รองลงมาได้แก่ อำเภอเมืองนครนายก อำเภอบ้านนาและอำเภอปากพลี คิดเป็นเนื้อที่ 132,670 84,890 และ 82,644 หรือร้อยละ 30.0 19.2 และ 18.7 ตามลำดับ

ที่พืชไร่ (9,630 ไร่) อำเภอเมืองนครนายกมีเนื้อที่พืชไร่มากที่สุดคิดเป็นเนื้อที่ 6,338 ไร่ หรือร้อยละ 66.3 รองลงมา ได้แก่ อำเภอปากพลี อำเภอบ้านนาและอำเภอองครักษ์คิดเป็นเนื้อที่ 2,050 1,116 และ 76 ไร่ หรือร้อยละ 21.3 11.6 และ 0.8 ตามลำดับ

ที่ไม้ผลและไม้ยืนต้น (54,519 ไร่) อำเภอเมืองนครนายกมีเนื้อที่ไม้ผลและไม้ยืนต้นมากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 19,756 ไร่ หรือร้อยละ 36.2 รองลงมาได้แก่อำเภอบ้านนา อำเภอองครักษ์และอำเภอปากพลี คิดเป็นเนื้อที่ 16,898 10,437 และ 7,428 ไร่ หรือร้อยละ 31.0 19.1 และ 13.6 ตามลำดับ

ที่การเกษตรอื่นๆ (140,169 ไร่) อำเภอองครักษ์มีเนื้อที่การเกษตรอื่นๆ มากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 78,390 ไร่ หรือร้อยละ 55.9 รองลงมาได้แก่อำเภอบ้านนา อำเภอเมืองนครนายกและอำเภอปากพลี คิดเป็นเนื้อที่ 42,318 12,112 และ 7,348 หรือร้อยละ 30.2 8.6 และ 5.2 ตามลำดับ

ที่ป่าไม้ (419,874 ไร่) อำเภอเมืองนครนายกมีเนื้อที่ป่าไม้มากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 246,463 ไร่ หรือร้อยละ 58.7 รองลงมาได้แก่อำเภอปากพลี อำเภอบ้านนาและอำเภอองครักษ์ คิดเป็นเนื้อที่ 143,373 26,230 และ 3,809 หรือร้อยละ 34.1 6.2 และ 0.9 ตามลำดับ

ที่แหล่งน้ำ (60,476 ไร่) อำเภอเมืองนครนายกมีเนื้อที่แหล่งน้ำมากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 20,376 ไร่ หรือร้อยละ 33.7 รองลงมาได้แก่อำเภอองครักษ์ อำเภอบ้านนาและอำเภอปากพลี คิดเป็นเนื้อที่ 19,593 11,342 และ 9,165 ไร่ หรือร้อยละ 32.4 18.8 และ 15.2 ตามลำดับ

ที่รกร้างว่างเปล่า (88,099 ไร่) อำเภอองครักษ์มีเนื้อที่รกร้างว่างเปลามากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 47,773 ไร่ หรือร้อยละ 54.2 รองลงมาได้แก่อำเภอบ้านนา อำเภอเมืองนครนายกและอำเภอปากพลี คิดเป็นเนื้อที่ 20,568 13,342 และ 6,416 ไร่ หรือร้อยละ 23.3 15.1 และ 7.3 ตามลำดับ

ที่นอกการเกษตร (74,356 ไร่) อำเภอเมืองนครนายกมีเนื้อที่นอกการเกษตรมากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 42,342 ไร่ หรือร้อยละ 56.9 รองลงมาได้แก่อำเภอบ้านนา อำเภอปากพลีและอำเภอองครักษ์ คิดเป็นเนื้อที่ 18,511 11,766 และ 1,737 ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครนายกในปี พ.ศ. 2551 พบว่ามีเนื้อที่ถือครองทางการเกษตรลดลงเป็น 531,570 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.08 ของเนื้อที่ทั้งจังหวัด 1,326,250 ไร่ เป็นที่นา 448,126 ไร่ ที่พืชไร่ 7,909 ไร่ ที่ไม้ผลและไม้ยืนต้น 40,137 ไร่ ที่สวนผักและไม้ดอก 3,056 ไร่ และที่อื่นๆ 15,978 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจทางการเกษตร, 2553)

3.2 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดนครนายกในปี พ.ศ.2545 พบว่าอำเภอองครักษ์มีเนื้อที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่ 19,210 ไร่ หรือร้อยละ 51.4 รองลงมาได้แก่อำเภอเมืองนครนายก อำเภอบ้านนาและอำเภอปากพลี คิดเป็นเนื้อที่ 12,178 3,770 และ

2,213 ไร่ หรือร้อยละ 32.6 10.1 และ 5.9 ตามลำดับ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคตะวันออก, 2553)

สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในจังหวัดนครนายก ระหว่างปี พ.ศ.2552-2554 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลาตก ปลาอินทรีและกึ่งทะเล รวมทั้งสิ้น 4,402 2,886 และ 3,157 ราย ตามลำดับ และมีเนื้อที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำรวมทั้งสิ้น 37,744 24,898 และ 26,576 ไร่ ตามลำดับ สำหรับการเลี้ยงปลาตกนั้นพบมากในเขตอำเภอเมือง องค์กรชัย บ้านนาและปากพลี โดยในปี พ.ศ.2552-2554 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาตกจำนวน 491 326 และ 381 ราย ตามลำดับ และมีเนื้อที่เพาะเลี้ยงปลาตกจำนวน 2,296 1,950 และ 2,223 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานประมงจังหวัดนครนายก, 2554)

4. การจัดการดินเปรี้ยวจัดให้เหมาะสมต่อการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์น้ำ

4.1 การจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกพืช ดินเปรี้ยวจัดมีข้อจำกัดอย่างมากในการใช้ปลูกพืชเนื่องจากพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดส่วนใหญ่มีสภาพเป็นที่ราบลุ่มถึงลุ่มต่ำ มีน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝนเป็นระยะเวลานาน 4-6 เดือน หากไม่มีการปรับสภาพพื้นที่จะทำให้การระบายน้ำออกจากพื้นที่กระทำได้อย่างลำบาก จำเป็นต้องมีการยกทรงโดยชุดหรือปาดหน้าดินมาวางไว้กลางสันร่อง และนำดินชั้นล่างมาวางบริเวณขอบสันร่อง การยกทรงปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น สันร่องควรกว้าง 6-8 เมตร ท้องร่องกว้าง 1.0-1.5 เมตร มีความลึกประมาณ 1.0 เมตร และควรสร้างคันดินล้อมรอบให้สูงประมาณ 1.5-2.0 เมตร หรือมากกว่าแล้วแต่พื้นที่ เพื่อป้องกันน้ำท่วมในฤดูฝน ควรอัดดินให้แน่นเพื่อป้องกันน้ำซึม และจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าออกจากพื้นที่ได้ตามความประสงค์ หากปล่อยให้น้ำขังในร่องสวน 3-4 เดือน น้ำจะแปรสภาพเป็นกรดจัด จึงควรถ่ายเทน้ำออกทุก 3-4 เดือนต่อครั้ง แล้วนำน้ำชลประทานเข้ามาในร่องสวนเพื่อรดต้นไม้ ใส่ปูนเพื่อแก้ไขความเป็นกรดจัด และใส่ปุ๋ยคอกเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืช (เจริญ, 2541) โดยมีแนวทางจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกพืชดังนี้

4.1.1 การแก้ปัญหาดินเปรี้ยวจัดและเพิ่มธาตุอาหารพืช โดยการลดความรุนแรงของกรดในดิน ลดสารพิษ ด้วยการใส่ปูนแก้ความเป็นกรดของดิน เช่น ปูนมาร์ล หินปูนบด ปูนโดโลไมต์ ปูนขาว ปูนคลไชท์ เป็นต้น ซึ่งการใส่ปูนเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินให้สูงขึ้นควรทำอย่างค่อยเป็นค่อยไป และไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปูนในปริมาณที่จะยกระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้สูงขึ้นตามที่ต้องการเพียงครั้งเดียว (เจริญ และ รสมาลิน, 2542) โดยปริมาณของปูนที่ใช้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยน pH ของดิน เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยด่าง ความหยาบละเอียดของปูน ค่าความสามารถในการทำให้เป็นกลางของปูน ตลอดจนชนิดพืชที่ปลูก (เจริญ, 2541) ปรับดินให้ร่วนซุยด้วยการใส่อินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยหมัก แกลบสด แกลบเผาเพื่อทำให้ดินร่วนซุยขึ้น ไม่เหนียวแน่น การระบายน้ำและอากาศดีขึ้น และเพิ่มธาตุอาหารพืชด้วยปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยเคมีชนิดและปริมาณที่เหมาะสม

4.1.2 การจัดการน้ำที่เป็นกรด เพื่อให้มีการใช้น้ำได้ดีในการปลูกพืช โดยใส่ปูนลงในน้ำปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร มีการถ่ายเทน้ำเป็นครั้งคราว ระบายน้ำที่เป็นกรดออกไปบำบัดและปล่อยน้ำใหม่เข้าไป พร้อมทั้งตรวจสอบความเป็นกรดของน้ำเป็นระยะๆ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

4.1.3 การเลือกพืชปลูกที่เหมาะสม โดยการพิจารณาจากช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินที่เหมาะสมกับชนิดพืชนั้นๆ ซึ่งชนิดพืชที่ทนทานต่อกรดสูง เช่น กาแฟอาราบิก้า ชา สับปะรด กล้วยาเนเปียร์ ถั่วคุดชู พืชที่ทนทานต่อกรดปานกลาง เช่น ถั่วลิสง มันฝรั่ง ข้าว สตรอเบอร์รี่ แตงโม ส่วนพืช

ที่ทนทานต่อกรดน้อย เช่น กะหล่ำปลี แคนตาลูป ข้าวโพด ข้างฟาง และพืชที่ทนทานต่อกรดน้อยมาก เช่น หน่อไม้ฝรั่ง ถั่วเหลือง ทานตะวัน เป็นต้น (เจริญ และ รสมาลิน, 2542)

4.2 การทำบ่อเลี้ยงกุ้งและปลาในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดมักพบปัญหาเรื่องความเป็นกรดจัดของดิน เนื่องจากการขุดดินเตรียมบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะทำให้ดินชั้นล่างที่มีสารประกอบจาโรไซด์และแร่ไพไรต์สัมผัสกับอากาศแล้วกลายเป็นกรดอย่างรุนแรง ปัญหาที่เกิดขึ้นพบมากในกรณีที่นำดินที่มีแร่ไพไรต์มาทำคันดินขอบบ่อ โดยเมื่อแร่ไพไรต์ที่บริเวณขอบบ่อสัมผัสกับอากาศจะก่อให้เกิดกรดอย่างรุนแรงและสะสมอยู่บริเวณขอบบ่อ เมื่อฝนตกก็จะชะล้างกรดจากดินไปสะสมในบ่อ และเมื่อปล่อยน้ำเข้าไปข้างในบ่อดังกล่าว น้ำจะละลายกรดออกมาทำให้น้ำเป็นกรดจัด เป็นเหตุให้สัตว์น้ำตายหรือเติบโตช้าไม่ตอบสนองต่ออาหารทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำ การแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดเพื่อเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถกระทำได้โดยใช้ปูนและการชะล้างดินด้วยน้ำ (เจริญ, 2541; นงคราญ, ม.ป.ป.) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ (เจริญ, 2541) มีดังนี้

pH 4.0 หรือต่ำกว่า	เป็นจุดอันตราย สามารถทำให้กุ้งหรือปลาตายได้
pH 4.0-6.0	ปลาบางชนิดทนได้ แต่เจริญเติบโตช้าและทำให้การสืบพันธุ์หยุดชะงัก
pH 6.5-8.0	เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
pH 9.0-11.0	ไม่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิต สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่เป็นเวลานานจะให้ผลผลิตต่ำ
pH 11.0 หรือมากกว่า	เป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำหลายชนิด

การรักษาคุณภาพน้ำในบ่อในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดจำเป็นต้องปรับสภาพดินในบ่อดินขอบบ่อและน้ำในบ่อให้มีความเหมาะสม โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้ เริ่มด้วยการหว่านปูนให้ทั่วพื้นที่ทั้งในบ่อและบริเวณขอบบ่อ จากนั้นปล่อยน้ำเข้าสู่บ่อเพื่อให้ดินขึ้น ทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน แล้วจึงปล่อยน้ำเข้าสู่ประมาณ 1 เมตร ทำการตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ซึ่งควรมีค่า pH ประมาณ 6.5 ถ้ายังไม่เหมาะสมให้ระบายน้ำล้างกรดออกอีกครั้งหนึ่งแล้วปล่อยน้ำดีเข้าไปใหม่ โดยตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อทุกกระยะ 7-15 วัน ถ้าน้ำเป็นกรดมากขึ้นควรใส่ปูนลงบ่อ อัตราปูนที่ใช้ คือ 1 กิโลกรัม ต่อปริมาตรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้ำในบ่อที่ได้ทำการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างแล้วสามารถนำน้ำไปรดต้นไม้ หรือปลูกพืชในบ่อ เช่น ผักบุ้งหรือผักกระเฉด หรือปล่อยปลาลงไปเลี้ยงในบ่อโดยเลือกพันธุ์ปลาที่ทนต่อสภาพความเป็นกรดเล็กน้อยและสามารถเจริญเติบโตได้ดี เช่น ปลานิล ปลาตะเพียน เป็นต้น ซึ่งการเลี้ยงปลานิลควรรักษาระดับน้ำในบ่อให้สูงไม่เกิน 1 เมตร ปล่อยลูกปลานิลขนาด 3-5 เซนติเมตร จำนวน 2,000-5,000 ตัวต่อไร่ ให้อาหารปลาโดยการใส่ปุ๋ยคอก 200-400 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16-20-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ จับปลาขายเมื่อเลี้ยงได้นาน 6-8 เดือน ส่วนปลาตะเพียนขาวควรรักษาระดับน้ำในบ่อให้สูงประมาณ 1-1.5 เมตร ปล่อยลูกปลาขนาด 5-7 เซนติเมตร จำนวน 5,000 ตัวต่อไร่ ให้อาหารปลาสูตรเดียวกับปลานิล และสามารถจับขายได้เมื่อเลี้ยงนาน 8-10 เดือน ทั้งนี้ในการรักษาคุณภาพน้ำในบ่อโดยทำการถ่ายเทน้ำเป็นครั้งคราว และภายหลังจากจับปลาแล้วควรทำการลอกเลนบริเวณก้นบ่อออก แล้วทำการตากบ่อเพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนที่จะปล่อยน้ำเข้าครั้งต่อไป ทั้งนี้จำเป็นต้องหว่านปูนรอบๆ ผนังบ่อและบริเวณก้นบ่อด้วย (นงคราญ, ม.ป.ป.)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงปลาตกพบว่าการศึกษากการเลี้ยงปลาตุกรัสเซียในถังพลาสติก 200 ลิตร ภายใต้ระบบน้ำหมุนเวียน โดยทำการเลี้ยงปลาตุกรัสเซียจำนวน 50 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 3.42 กรัม ความยาวเฉลี่ย 6.5 เซนติเมตร การให้อาหาร 4 วันแรกให้อาหารกึ่งเบอร์ 3 อย่างเดียว วันที่ 5-17 ให้อาหารกึ่งเบอร์ 3 ร่วมกับอาหารปลาตุกรัสเซีย และตั้งแต่วันที่ 17-78 วัน ให้อาหารปลาตุกรัสเซียตลอด การทดลอง โดยให้อาหารวันละ 3 ครั้ง แต่ครั้งจะให้จนกระทั่งปลาอิ่ม ในช่วง 20 วันแรกไม่ต้องล้าง กรอง แต่ช่วง 21-40 วัน ให้ล้างกรอง 4 วันต่อครั้ง และช่วงอายุการเลี้ยง 40-78 วัน ให้ล้างกรอง 1-2 วัน ต่อครั้ง ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 7 วัน ได้แก่ ค่าแอมโมเนีย อัลคาลินิตี และ pH โดยใช้ชุดน้ำยา ทดสอบ ซึ่งผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำพบว่าค่าแอมโมเนีย 0-3 มิลลิกรัมต่อลิตร อัลคาลินิตี 20-50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ pH 6-7.5 สำหรับการเจริญเติบโตของปลาพบว่าปลาตุกรัสเซีย อายุ 32 วัน มีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักรวม 1.7 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 34 กรัม และมีประสิทธิภาพการ เปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1:0.59 (ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับน้ำหนักอาหารที่ใช้ไปหาร ด้วยน้ำหนักปลาทั้งหมด) ส่วนปลาอายุ 78 วัน มีอัตราการตาย 96 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักรวม 9.20 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว 191.67 กรัม ซึ่งปลาตุกรัสเซียโตที่สุดหนัก 550 กรัม ยาว 36 เซนติเมตร ส่วนตัวเล็กสุด หนัก 85 กรัม ยาว 20 เซนติเมตร และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1:0.75 (บุญสิน, 2551)

คณาจารย์และนักศึกษาแห่งวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีระนองรายงานว่าการเลี้ยงปลาตก ด้วยระบบน้ำหมุนเวียนในถังพลาสติกได้รับความนิยมมากขึ้น ซึ่งระบบน้ำหมุนเวียนคือการนำน้ำ ที่ใช้เลี้ยงปลาแล้วนำกลับมาใช้ใหม่โดยการผ่านการบำบัดทางชีวภาพทำให้สามารถนำผักมาปลูก เพื่อเป็นอาหารได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังได้ปลาดุกมีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด ทั้งนี้ต้นทุน ในการสร้างถังพลาสติก 200 ลิตร สำหรับเลี้ยงปลาตุกรัสเซียอยู่ที่ 1,500-2,000 บาท (สุพิชฌาย์, 2554)

การเลี้ยงปลาตกต้องมีความพร้อมด้านต่างๆ เช่น ลูกพันธุ์ การเตรียมบ่อ การให้อาหารปลา อายุ 3 วันแรกไม่ต้องให้อาหาร การให้อาหารแบ่งออกเป็น 2 ชุดในแต่ละมือ ชุดแรกให้ปลาตามปกติ คือปลาใหญ่และแข็งแรงกินอื่มาก่อน ชุดที่ 2 ปลาเล็กจะเข้ามากิน เมื่อสังเกต 5 นาทีผ่านไปแล้วอาหาร เหลือก็หยุดให้เนื่องจากปลาอื่แล้วจะทำให้ปลามีขนาดสม่ำเสมอ การจัดการน้ำสำหรับบ่อที่ไม่มีน้ำ เปลี่ยนถ่าย ก็สามารถใช้อุจลินทรีย์ EM บำบัดคุณภาพน้ำ โดยมีส่วนผสมดังนี้ หัวเชื้อจุลินทรีย์ EM 1 ลิตร กากน้ำตาล 10 กิโลกรัม และน้ำเปล่า 200 ลิตร โดยผสมทั้งสามส่วนให้เข้ากัน หมักทิ้งไว้ 1 เดือน จึงสามารถนำมาใช้ได้ และควรเลือกใช้ในวันที่แดดออกจัดๆ เนื่องจากอากาศที่ร้อนจะทำให้จุลินทรีย์ เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว การใช้จุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับสภาพบ่อจะทำให้คุณภาพน้ำเกิดประโยชน์ สูงสุด ทั้งนี้ควรใช้ช่วงที่คุณภาพน้ำเริ่มแย่ (วินัย, 2551)

การปรับปรุงคุณภาพน้ำปลาตุกรัสเซียโดยใช้สาหร่ายสไปรูลินาและสาหร่ายไค โดยนำสาหร่าย มาผสมในอาหาร 4 สูตรดังนี้ อาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *Spirulina platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* sp. 5 เปอร์เซ็นต์ นำอาหารผสมเลี้ยงปลาตุกรัสเซียในบ่อดินขนาดพื้นที่บ่อ 30 ตารางเมตรต่อบ่อ จำนวน 12 บ่อ อัตราการปล่อย 10 ตัวต่อตารางเมตร ระยะเวลาในการเลี้ยง 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าโรทีนอยด์ในน้ำปลาตุกรัสเซียที่เลี้ยงในสูตรอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$) และอัตราการ รอดตายของปลาตุกรัสเซียในสูตรอาหารผสมสาหร่าย *Cladophora* 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมสาหร่าย

S. platensis 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมสาหร่าย 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าสูตรอาหารผสมสาหร่าย *S. platensis* 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$) แต่อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อและคุณภาพน้ำไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (จกมล และคณะ, ไม่ระบุปีพิมพ์)

ต้นทุนในการเลี้ยงปลาจากจากการวิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงปลาด้วยอาหารเม็ด FCR มาตรฐานอยู่ที่ 1:1.5 ต้นทุนการเลี้ยงด้วยไส้ไก่ FCR 1:3.5 ซึ่งจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเกิดจากการให้อาหารที่มีคุณภาพและอาหารไม่เหลือปลานำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ในส่วนของคุณภาพน้ำในช่วงแรกเป็นค่าที่ปกติ แต่หลังจากการเลี้ยงไปแล้ว 20 วัน pH เริ่มต่ำลง แก้ไขโดยเติมปูนขาว (Ca(OH)_2) วันละ 100 กรัมทุกวัน จนค่า pH เป็นปกติ การที่ค่า pH ต่ำเกิดจากอินทรีย์สารมีมากขึ้น จึงเกิดเป็นกรดอินทรีย์ ค่าอัลคาไลน์ที่ลดลงด้วย สำหรับแอมโมเนียจะสูงขึ้นควรแก้ไขโดยการเติมจุลินทรีย์ EM (ประพัฒน์, ไม่ระบุปีพิมพ์)

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการดินเปรี้ยวจัดเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นมีข้อมูลอ้างอิงทางวิชาการน้อยมาก ส่วนใหญ่จะเน้นเรื่องการจัดการดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดเพื่อใช้ในการปลูกพืชเป็นหลัก อาทิ การศึกษาการลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในดินกรดโดยใช้ปูน ยิปซัมและอินทรีย์วัตถุ สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า การตอบสนองของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินองครักษ์ซึ่งมีปริมาณอะลูมิเนียมในดินต่ำที่มีการตอบสนองต่อวัสดุปรับปรุงดินยังไม่เด่นชัด โดยตำรับที่ใส่ปูนขาวผสมปุ๋ยหมักมีปริมาณอะลูมิเนียมต่ำสุด รองลงมาคือตำรับที่ใส่ปูนขาวและตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมัก ส่วนตำรับที่ใส่ยิปซัมไม่มีผลในการลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์สมบัติบางประการของชุดดินองครักษ์ ได้แก่ เนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) 4.15 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.15 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) 3.6 เปอร์เซ็นต์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน (CEC) 36.8 มิลลิอีควิวเลนต่อดิน 100 กรัม ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม เท่ากับ 40 1,920 280 102.6 และ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (दनัย, มปป.)

การเลี้ยงปลานิลดำในบ่อดินพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดในจังหวัดนราธิวาส พบว่าการเลี้ยงปลานิลดำในบ่อดินพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดขนาดพื้นที่ 1 ไร่ มีอัตราการปล่อยปลาขนาด 3-5 เซนติเมตร โดยลงเลี้ยงในอัตรา 1-3 ตัวต่อตารางเมตร (2,000-5,000 ตัวต่อบ่อ) ระยะเวลา 120 วัน ซึ่งสามารถคิดค่าลงทุนได้เป็นจำนวน 20,975.60 บาทต่อไร่ หรือคิดเฉลี่ยเป็น 26.11 บาทต่อกิโลกรัม จะสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 803.46 กิโลกรัมต่อบ่อ ก่อให้เกิดกำไรจากการประกอบอาชีพเป็นจำนวน 4,228.94 บาทต่อบ่อ หรือ 5.26 บาทต่อกิโลกรัม โดยที่เกษตรกรสามารถนำไปขายเพื่อสร้างรายได้ในราคา 31.37 บาทต่อกิโลกรัม หรือรายได้รวม 25,204.54 บาทต่อบ่อ (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2556)

6. การใช้วัสดุปูนและวัสดุอินทรีย์ในงานวิจัย

การแก้ไขดินเปรี้ยวจัดด้วยวัสดุปูน ปูนจะช่วยลดความรุนแรงของกรดในดิน ช่วยยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น และช่วยลดผลเสียทางอ้อมอันเนื่องมาจากความเป็นกรด ปูนช่วยทำให้ความสมดุลธรรมชาติอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในดิน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ซิลิกา โมลิบดีนัม เป็นต้น ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินเหนียวร่วนขึ้น การระบายน้ำของดินดีขึ้น การอุ้มน้ำในดินมีมากขึ้น เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วยเพิ่มและส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วยลดการเกิดอาการโรคเน่าโคนเน่าของพืช และช่วยควบคุมปริมาณกรดอินทรีย์ ก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้นของเหล็ก อลูมิเนียม ตลอดจนสารพิษต่างๆ ไม่ให้มีการสะสมมากเกินไป จนเป็นพิษต่อข้าว การหว่านปูนให้ทั่วพื้นที่นา 1 ครั้ง มีผลนานถึง 5 ปี ข้าวให้ผลผลิตสูงขึ้น ปริมาณปูนที่แนะนำในดินเปรี้ยวจัดที่เป็นกรดระดับต่างๆ คือ กรดรุนแรงน้อย กรดรุนแรงปานกลาง และกรดรุนแรงมาก แนะนำให้ใส่ปูนมาร์ลหรือหินปูนบดอัตรา 500 1,000 และ 1,000-1,500 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

การเลี้ยงปลาในบ่อดิน วัสดุปูนสามารถแก้ไขความเป็นกรดของดินและน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ โดยปริมาณปูนที่ใช้จะขึ้นอยู่กับชนิดของปูน ลักษณะเนื้อดิน และความต้องการปูนของดิน ควรใช้ปูนในปริมาณที่ระดับความเป็นกรดของน้ำมีค่า pH อยู่ในระดับ 6.5-8.0 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (เจริญ และ รสมาลิน, 2542; เจริญ, 2541)

วัสดุปูนและวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

ปูนมาร์ล (Marl) มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และดินเหนียว (clay) ในอัตราส่วน 35:65 หรือ 65:35 เนื้อปูนค่อนข้างร่วน มีสีขาวหรือสีขาวปนสน้ำตาล พบสะสมเป็นชั้นอยู่ใต้ดิน มาตรฐานที่กำหนด คือ 1) ความสามารถในการทำให้เป็นกลาง หรือค่าความสามารถในการลบล้างหรือสะเทิน (neutralized) ฤทธิ์ความกรดของดินหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate equivalent; CCE) ไม่ต่ำกว่า 80 มีค่า CaO (calcium oxide) ไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ 2) ขนาดอนุภาคมีความละเอียดละกล้านสามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.38 มิลลิเมตร ไม่ต่ำกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และในจำนวนนั้นต้องผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.177 มิลลิเมตร ในช่วง 30-50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก 3) มีความชื้นไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และ 4) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่ต่ำกว่า 8.0 (1:1 ในน้ำ) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

หินฟอสเฟต มีชื่อเรียกทางเคมีว่า Tricalcium phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ปกติพบในรูปของอพาไทต์ นอกจากนี้ยังพบอพาไทต์ที่เชื่อมต่อกับสารประกอบชนิดอื่น เกิดเป็น substituted apatite ขึ้นมาได้แก่ hydroxide apatite $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$ carbonated apatite $3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2\text{CaCO}_3$ fluoroapatite $3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$ เป็นต้น ซึ่งหินฟอสเฟตเหล่านี้จะละลายได้ดีในกรด แต่ละลายได้น้อยมากในน้ำ ดังนั้นปุ๋ยหินฟอสเฟตจึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้กับดินที่มีสมบัติเป็นกรดจัดโดยเฉพาะดินเปรี้ยวจัด เมื่อใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด ไม่ควรใช้ร่วมกับปูนมาร์ลเพราะจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยหินฟอสเฟตลดลง โดยปกติหินฟอสเฟตจะมีฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ได้คือส่วนที่ละลายได้ในสารละลายซีเตรทประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดหรือแหล่งของหินฟอสเฟต ซึ่งจะระบุไว้ข้างกระสอบปุ๋ย แต่ในสภาพดินเปรี้ยวจัดประสิทธิภาพในการละลายของหินฟอสเฟตจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555)

สารเร่ง พด.9 เป็นกลุ่มจุลินทรีย์เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวน้อยซึ่งเป็นดินกรดกำมะถันที่มีความรุนแรงของกรดน้อย (pH ไม่ต่ำกว่า 5) มีคุณสมบัติช่วยแปรสภาพสารประกอบฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เจริญได้ดีในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.5-6.5 สามารถผลิตกรดอินทรีย์และสารเสริมการเจริญเติบโตบางชนิดเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืช มีวิธีการขยายเชื้อสารเร่ง พด.9 โดยใช้ส่วนผสมต่างๆ ประกอบด้วย กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม น้ำ 10 ลิตร ปุ๋ยหมัก 500 กิโลกรัม รำข้าว 5 กิโลกรัม และสารเร่ง พด.9 จำนวน 1 ชอง (25 กรัม) เริ่มด้วยการละลายสารเร่ง พด.9 ลงในน้ำที่มีกากน้ำตาลผสมอยู่ในถัง กวนส่วนผสมนาน 5 นาที ปิดฝาไม่ต้องสนิท หมักทิ้งไว้ 2 วัน กวน 2 ครั้งต่อวัน จากนั้นให้นำจุลินทรีย์ที่ขยายได้ไปผสมกับปุ๋ยหมักและรำข้าว โดยการคลุกเคล้าส่วนผสมดังกล่าวให้เข้ากัน ให้มีความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ตั้งกองปุ๋ยหมักเป็น

รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความสูง 0.7 เมตร กองปุ๋ยหมักในที่ร่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้ อัตราที่ใช้กับพืชชนิดต่างๆ มีดังนี้ ข้าวใช้อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ พืชไร่ พืชผัก ไม้ดอกและไม้ประดับใช้อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ไม้ผลและไม้ยืนต้นใช้อัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ประเภทหนึ่งที่ทำให้ธาตุอาหารพืชแต่มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี และธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนอยู่ในสารประกอบจำพวก โปรตีน เมื่อใส่ลงไปในดินพืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมาในรูปสารประกอบอินทรีย์เช่นเดียวกับปุ๋ยเคมี จากนั้นพืชจึงดูดไปใช้ได้ ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ประเภทต่างๆ แตกต่างกันไป มูลโคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 1.10 0.40 และ 1.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มูลไก่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 2.42 0.46 และ 2.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผักตบชวามีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 1.55 0.46 และ 0.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 35 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าร้อยละ 30 ค่าความเป็นกรด-ด่างควรอยู่ระหว่าง pH 5.5-8.5 ส่วนปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมควรมากกว่าร้อยละ 1.0 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ (ทัศนีย์ และ ประทีป, 2552)

ต้นกล้วย จากผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของต้นกล้วย โดยกลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ พบว่าต้นกล้วยสดมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากถึง 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนคิดจากน้ำหนักแห้ง 2.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับฟางข้าว มีเยื่อใยคิดจากน้ำหนักแห้ง 26.1 เปอร์เซ็นต์ มีระดับแร่ธาตุแคลเซียม 1 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 3 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.1 เปอร์เซ็นต์ และแมกนีเซียมประมาณ 0.42 เปอร์เซ็นต์ และมีแร่ธาตุแมงกานีส ทองแดง เหล็ก และสังกะสี 2.87 0.05 6.37 และ 1.41 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งหากนำต้นกล้วยไปใช้เลี้ยงสัตว์จะทำให้สัตว์ได้รับแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ (กองอาหารสัตว์, ม.ป.ป.)

แหนแดง *Azolla pinnata* R.Br เป็นเฟิร์นชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็ก พบอยู่ทั่วไปบริเวณน้ำนิ่ง ลำต้นเป็นแบบไรโซม (rhizome) สั้นๆ แตกกิ่งออกสองข้างแบบสลับ ใบมีขนาดเล็กเป็นใบประกอบ มีใบย่อย 7-10 ใบ เรียงสลับซ้อนกันอยู่ ไม่มีก้านใบ ใบย่อยแต่ละใบประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนบน (dorsal lobe) และส่วนล่าง (ventral lobe) โดยใบย่อยส่วนบนจะมีโพรงใบซึ่งเป็นที่อาศัยของไซยาโนแบคทีเรีย *Anabaena azollae* ที่อาศัยอยู่แบบให้ประโยชน์ร่วมกันกับแหนแดง และมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้แหนแดงใช้ในรูปของแอมโมเนียมได้สูงและมากพอสำหรับการเจริญเติบโตของแหนแดงเอง แหนแดงสามารถขยายตัวได้รวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงถึง 3 ตันต่อไร่ ภายในระยะเวลา 30 วัน และสามารถตรึงไนโตรเจนได้ถึง 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นไนโตรเจนจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาหลังจากแหนแดงย่อยสลาย เนื่องจากแหนแดงมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ต่ำ ประมาณ 10 ทำให้สามารถย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชได้อย่างรวดเร็ว ทำให้แหนแดงถูกนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้อย่างกว้างขวาง และสามารถนำไปใช้ทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงผัก เกษตรอินทรีย์ได้โดยตรง หรือใช้คลุกรวมกับฟางข้าวหรือวัสดุอินทรีย์อื่นๆ เพื่อทำปุ๋ยหมัก และสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์จำพวกเป็ด ไก่ ปลาหรือสุกร โดยพบว่าแหนแดงมีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม 3.30 0.57 และ 1.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน, ม.ป.ป.) ซึ่งการใช้แหนแดงในนาข้าวควรใช้อัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่ให้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยมูลสัตว์อีกครั้งเมื่อแหนแดงมีอายุ 7-10 วัน

7. พืชน้ำที่ใช้ในงานวิจัย

ผักกระเฉดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Neptunia oleracea* Lour. FL. ชื่อสามัญว่า Water mimosa อยู่ในวงศ์ Fabaceae (Leguminosae-Mimosoideae) ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับมันแกว มะขาม ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วพู และถั่วอื่นๆ มีแหล่งกำเนิดและการกระจายพันธุ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ผักกระเฉดมีชื่อเรียกอื่นตามภูมิภาค อาทิ ผักหละหนอง ผักหนอง ผักรุ่มอน ผักฉืด ผักกระเส็นน้ำ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2557)

- **ลำต้น** ผักกระเฉดสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งบนบกและในน้ำ ถ้าขึ้นบนบกก็จะทอดเลื้อยบนดินเช่นเดียวกับผักบุ้ง หากเจริญเติบโตในน้ำก็สามารถลอยบนผิวน้ำได้เนื่องจากมีโครงสร้างพิเศษเป็นท่อน้ำฟองหุ้มรอบปล้องเพื่อช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ภาษาชาวบ้านเรียกว่า “นม” หรือเป็นส่วนของ Aerenchyme

- **ใบ** ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก 2 ชั้น เมื่อถูกสัมผัสจะหุบได้ ก้านใบยาว 2-4 เซนติเมตร ใบย่อย 8-18 รูปขอบขนานกว้าง 1.2-3.0 มิลลิเมตร ยาว 4-10 มิลลิเมตร ขอบใบมีขน ดอกออกเป็นช่อกลมสีเหลืองขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร ก้านช่อดอกยาว 5-12 เซนติเมตร ดอกย่อยสมบูรณ์เพศอยู่ตรงกลาง กลีบเลี้ยงเชื่อมกันยาว 2.4-3.7 มิลลิเมตร ปลายแยก 5 แฉก กลีบดอก 5 กลีบ ยาว 3.0-4.3 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้ 10 อัน ดอกที่เป็นหมันขนาดใหญ่กว่าอยู่ด้านนอก ผลเป็นฝักแบน ขอบขนานกว้าง 0.8-1 เซนติเมตร ยาว 1.5-3.0 เซนติเมตร แห้งแล้วแตกมี 4-8 เมล็ด รูปไข่ นิยมนำยอดอ่อนมารับประทานเป็นผัก

- **ราก** ผักกระเฉดที่ขึ้นในน้ำ จะมีรากเกิดตามข้อที่ทอดไปในน้ำเรียกว่า “หนวด”

คุณค่าทางด้านโภชนาการ ผักกระเฉดเป็นผักที่มีวิตามินเอ วิตามินซีและไนอะซินที่จำเป็นสำหรับกระบวนการเผาผลาญสารอาหารและสร้างพลังงานในร่างกาย มีเบต้าแคโรทีน อีกทั้งยังมีแร่ธาตุอย่างธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัสสูง มีเส้นใยช่วยในการขับถ่าย และมีสรรพคุณทางยาช่วยบำรุงร่างกาย ดับพิษ แก้ปวดแสบปวดร้อน แก้พิษไข้ บำรุงร่างกาย ช่วยขับเสมหะ ขับลม โรคทางโรค แก้ปวดหัวและถอนพิษยาเบื่อเมา (คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผัก ในโครงการอนุรักษ์ผักสีเขียว, 2540)

การปลูกผักกระเฉด วิธีการเตรียมดินปลูกผักกระเฉดคล้ายกับการเตรียมดินปลูกข้าว ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร คุณค่าทางอาหารในส่วนที่บริโภคได้ให้ธาตุแคลเซียม 387 ฟอสฟอรัส 7 เหล็ก 5.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และเบต้าแคโรทีน 472.08 ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล (คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผัก ในโครงการอนุรักษ์ผักสีเขียว, 2540)

8. ปลาที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ปลาดุกเป็นสัตว์ทดสอบเนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมได้ดี อีกทั้งยังเป็นที่นิยมบริโภคเนื่องจากสีของเนื้อปลาดุกออกสีเหลืองจึงน่ารับประทาน เนื้อมีรสชาติดีและราคาถูก จึงนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย

8.1 สถานการณ์การเลี้ยงปลาดุก ปลาดุกนับเป็นสัตว์น้ำที่มีมูลค่าสูงในบรรดาสัตว์น้ำจืดของประเทศ โดยในปี พ.ศ.2548-2550 มีปริมาณปลาดุกที่จับได้ทั่วประเทศจำนวน 149,000 149,400 และ 138,700 ตัน มีมูลค่า 4,998.9 4,847.6 และ 4,831.3 ล้านบาท ตามลำดับ มีทั้งรูปแบบการเลี้ยงในบ่อ ในนา ร่องสวนและกระชัง ราคาปลาดุก (บิกอูย) ในปี พ.ศ.2548-2552 เท่ากับ 28 30 40 38 และ 30 บาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) สำหรับภาวการณ์ตลาดการส่งออกปลาดุกในปี 2551 พบว่ามีปริมาณการส่งออกปลาดุกสูงถึง 5,992.5 ตัน คิดเป็นมูลค่า 301.4 ล้านบาท ซึ่งปลาดุกนั้นสามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปแบบมีชีวิตและอาหารแปรรูป เช่น เนื้อปลาดุกสด หรือแช่เย็น

เนื้อปลาดุกบดแช่แข็ง ปลารมควัน ปลาตากแห้ง ปลาแช่แข็ง และอาหารกระป๋อง ซึ่งจากข้อมูลการส่งออก เนื้อปลาดุกสดแช่เย็นหรือแช่แข็งและเนื้อปลาดุกบดแช่แข็งในปี 2551 สูงถึง 320,380 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 27.3 ล้านบาท โดยมีตลาดส่งออกปลาดุกที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ฮังการี ญี่ปุ่น และสิงคโปร์ (กองประมงต่างประเทศ, 2551)

8.2 วิธีการเลี้ยงปลาดุก ปลาดุกสามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และในกระชัง สำหรับการเลี้ยงในบ่อดินนั้นจะต้องเตรียมบ่อตามหลักการเตรียมบ่อเลี้ยงปลาทั่วไป โดยต้องตากบ่อให้แห้ง ปรับสภาพกันบ่อให้สะอาด ใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพของดินให้ทั่วพื้นบ่อในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใช้อัตราส่วนปูนขาว 1 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 10 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 40-80 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้เกิดอาหารธรรมชาติสำหรับลูกปลา นำน้ำเข้าบ่อให้ได้ระดับ 30-40 เซนติเมตร หลังจากนั้นวันรุ่งขึ้นจึงปล่อยปลา ลูกปลาดุกลูกผสม (บิ๊กอาย) ขนาด 2-3 เซนติเมตร ควรปล่อยในอัตราประมาณ 40-100 ตัวต่อตารางเมตร อัตราปล่อยปลาขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการเลี้ยง คือ ชนิดของอาหาร ขนาดของบ่อ และระบบการเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยปกติทั่วไปอัตราปล่อยเลี้ยงจะอยู่ที่ 50 ตัวต่อตารางเมตร และเพื่อป้องกันโรคซึ่งอาจจะติดมากับลูกปลา ให้ใช้น้ำยาฟอร์มาลินใส่ลงในบ่อเลี้ยงที่อัตราความเข้มข้น 30 ส่วนในล้านส่วน (3 ลิตร ต่อน้ำ 100 ตัน) ในวันที่ปล่อยลูกปลาไม่จำเป็นต้องให้อาหาร แต่ควรให้อาหารในวันรุ่งขึ้น สำหรับการให้อาหารปลานั้น เมื่อปล่อยลูกปลาดุกผสมลงในบ่อดินแล้ว อาหารที่ให้ในช่วงที่ลูกปลาดุกมีขนาดเล็ก 2-3 เซนติเมตร ควรให้อาหารผสมคลุกน้ำปั่นเป็นก้อนให้ลูกปลากิน โดยให้กินวันละ 2 ครั้ง หว่านให้ทั่วบ่อโดยเฉพาะบริเวณขอบบ่อ เมื่อลูกปลามีขนาดโตขึ้นมีความยาว 5-7 เซนติเมตร ก็สามารถฝึกให้กินอาหารเม็ดได้ หลังจากนั้นเมื่อปลาโตขึ้นจนมีความยาว 15 เซนติเมตรขึ้นไป จะให้อาหารเม็ดเพียงอย่างเดียวหรืออาหารเสริมชนิดต่างๆ เช่น ปลาเป็ดผสมรำละเอียดอัตรา 9:1 หรือให้อาหารที่ลดต้นทุน เช่น อาหารผสมบดจากส่วนผสมต่างๆ เช่น กระดุกไก่ ไล่ไก่ เศษขนมปัง เศษเส้นไหม เป็นต้น นำมาบดรวมกันแล้วผสมให้ปลากิน แต่การให้อาหารประเภทนี้จะต้องระวังเรื่องคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงให้ดี เมื่อเลี้ยงปลาได้ 3-4 เดือน ปลาจะมีน้ำหนักตัว 200-400 กรัมต่อตัว คิดเป็นผลผลิต 10-14 ตันต่อไร่ มีอัตราการตาย 40-70 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปปลาดุกต้องการโปรตีนในอาหารมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ปลาขนาด 2-4 เซนติเมตร ต้องการโปรตีนในอาหาร 35-40 เปอร์เซ็นต์ ปลาขนาด 5-6 เซนติเมตรขึ้นไป ต้องการอาหารที่มีโปรตีน 25-30 เซนติเมตร ปลาพ่อแม่พันธุ์ต้องการโปรตีนในอาหาร 28-32 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงปลา เมื่อเริ่มเลี้ยงปลาใหม่ๆ ระดับความลึกของน้ำในบ่อควรอยู่ที่ 30-40 เซนติเมตร เมื่อลูกปลาเจริญเติบโตขึ้นในเดือนแรกจึงเพิ่มระดับน้ำสูงขึ้นเป็น 50-60 เซนติเมตร เมื่อถึงเดือนที่สองให้เพิ่มระดับน้ำสูงขึ้นอีก 10 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ จนระดับน้ำในบ่อมีความลึก 1.20-1.50 เมตร การถ่ายเทน้ำควรเริ่มตั้งแต่เลี้ยงปลาผ่านไป 1 เดือน โดยการถ่ายน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำในบ่อ 3 วันต่อครั้ง หรือถ่ายเทน้ำเมื่อน้ำในบ่อเริ่มเน่าเสีย โดยจะต้องถ่ายน้ำมากกว่าปกติ

การป้องกันโรคปลาดุก กรณีที่เกิดโรคของปลาดุกที่เลี้ยงมักจะเกิดจากปัญหาคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงไม่ดี ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุของการให้อาหารมากเกินไปจนอาหารที่เหลือเกิดการเน่าเสียสามารถป้องกันไม่ให้เกิดโรคได้โดยต้องหมั่นสังเกตว่าเมื่อปลาหยุดกินอาหารจะต้องหยุดให้อาหารทันที เพราะปลาดุกลูกผสมมีนิสัยชอบกินอาหารที่ให้ใหม่ ถึงแม้ปลาจะกินอิ่มแล้ว แต่ถ้าให้อาหารใหม่อีกก็จะคายหรือสำรอกอาหารเก่าทิ้งแล้วกินอาหารใหม่ ซึ่งปริมาณอาหารที่ให้ไม่ควรเกิน 4-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลา หรือภายหลังเติมน้ำแล้วให้ทิ้งไว้ 3-5 วัน จนน้ำเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว และตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำให้อยู่ในระดับ 7.5-8.5 ก่อนปล่อยปลาที่อัตรา 60 ตัวต่อเนื้อที่ 1

ตารางเมตร โดยทั่วไปแล้วปลาดุกชอบกินอาหารประเภทเนื้อสัตว์มากกว่าอาหารประเภทพืช ปริมาณอาหารที่ให้ควรอยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน (กรมประมง, 2555; คณิต, 2551)

8.3 ลักษณะทั่วไปของปลาดุกรัสเซีย ปลาดุกรัสเซีย ปลาดุกเทศ หรือปลาดุกยักษ์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias gariepinus* มีชื่อสามัญว่า Sharptooth catfish ชื่อทางการค้าที่แนะนำให้ใช้เพื่อปิดผลกว่า Sharptooth clarias fish จัดอยู่ในวงศ์ Clariidae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับปลาดุกอูยและปลาดุกดาน เป็นปลาน้ำจืดในอันดับปลาหนังชนิดหนึ่ง มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นปลาชนิดที่ไม่มีเกล็ด ลำตัวเรียวยาวหัวใหญ่และแบน กะโหลกเป็นตุ่มๆ ไม่เรียบ มีรอยปุ่มตรงกลางเล็กน้อย กระดุกท้ายทอยมีลักษณะเป็นหยัก 3 หยัก มีหนวด 4 คู่ โคนหนวดใหญ่มีลักษณะป้านและแบนหนา ครีบหูมีเสียงใหญ่ สันนิษฐานว่าไม่แหลมคม และส่วนของครีบบนยื่นถึงปลายครีบแข็ง ครีบหลังปลายครีบสีแดง และมีแถบสีขาวพาดขวางคอดหาง มีความยาวของลำตัวเป็น 3 เท่าของความยาวส่วนหัว ลำตัวด้านบนมีสีน้ำตาลคล้ำอมเหลือง และมีลายแต้มแบบลายหินอ่อนบนลำตัว แก้มและท้องสีจาง ที่โคนครีบบางมีแถบตามแนวตั้งสีจาง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของปลาชนิดนี้ ครีบบนมีสีเข้มกว่าลำตัวเล็กน้อย บางตัวอาจมีขอบครีบสีแดง นับเป็นปลาที่ขนาดใหญ่ที่สุดในสกุล *Clarias* ขนาดเมื่อโตเต็มที่ยาวได้ถึง 1.70 เมตร มีการเจริญเติบโตรวดเร็วมาก สามารถกินอาหารได้แทบทุกชนิด มีความต้านทานโรคและสภาพแวดล้อมสูง เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ปลาดุกรัสเซียได้ถูกนำเข้ามาเลี้ยงในประเทศไทยประมาณปี พ.ศ. 2528 โดยเกษตรกรได้นำพันธุ์ปลาดุกรัสเซียเข้ามาเลี้ยงและมีเอกชนบางรายในจังหวัดหนองคายและอุบลราชธานีได้นำเข้ามาจากประเทศลาวเพื่อเลี้ยงไว้ดูเล่นเนื่องจากมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าปลาดุกทั่วไป มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว (ศุภวัฒน์, 2555; กรมประมง, ไม่ระบุปีพิมพ์)

9. ชุดดินที่ใช้ในงานวิจัย

ดินในพื้นที่ดำเนินการวิจัยเป็นชุดดินองครักษ์ (Ongkharak series: Ok) ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 10 จัดอยู่ใน Very-fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Sulfaqueptic Dystraquepts พบบริเวณด้านใต้ของอำเภอองครักษ์และอำเภอเมือง ซึ่งแต่ละแห่งเป็นบริเวณไม่กว้างนัก เป็นดินที่เกิดจากตะกอนน้ำกร่อยพามาทับถมอยู่บนที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1-3 เมตร สภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นที่ราบ มีน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝนประมาณ 4-5 เดือนในรอบปี ชุดดินนี้เป็นดินเหนียวลึก ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ช้า ดินบนลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเทาเข้มมาก มีจุดประสีน้ำตาลแดงตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกริยาของดินเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.5) ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา และมีสีเทาเข้มลงไปดินตอนล่างๆ มีจุดประสีเหลืองฟางข้าวและมีจุดประสีแดงปะปนบ้างเล็กน้อย ลักษณะจุดประสีเหลืองนี้อยู่ในระยะลึกไม่เกิน 40 เซนติเมตร ซึ่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า cat clay ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดถึงกรดรุนแรงมาก (pH 4.5-5.5) จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่าดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 3.97 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C) 30.08 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ความอิ่มตัวด้วยด่าง (B.S.) 30.06 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 3.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 183 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง และมีศักยภาพเหมาะสมในการทำนามากกว่าปลูกพืชอย่างอื่น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี ระหว่างเดือนตุลาคม 2552 ถึงเดือนกันยายน 2554 ดำเนินการวิจัย ณ แปลงทดลอง ในพื้นที่ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

- ปลาตุกรัสเซีย
- ผักกระเฉด
- แหนแดง
- ปูนมาร์ล
- หินฟอสเฟต
- เชื้อจุลินทรีย์เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวที่ผลิตจากสารเร่ง พด.9 (ส่วนผสมประกอบด้วย กากน้ำตาล น้ำ ปุ๋ยหมัก รำข้าว สารเร่ง พด.9)
- ปุ๋ยคอก ได้แก่ มูลโค มูลไก่
- ต้นกล้วยสด ใช้เป็นวัสดุอินทรีย์เพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ
- บ่อดินเลียงปลาขนาด 5x4x1.68 ตารางเมตร จำนวน 24 บ่อ
- กระชังเลียงปลาขนาด 4x2x1.20 ตารางเมตร จำนวน 24 กระชัง
- ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 นิ้ว ข้อต่อ สำหรับทำท่อน้ำล้น
- อุปกรณ์เปลี่ยนถ่ายน้ำ ได้แก่ สายยาง เครื่องสูบน้ำ
- อุปกรณ์วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำแบบอัตโนมัติ (pH Meter)
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน น้ำ พืช ได้แก่ พลั่ว ถังพลาสติก ถังกระดาษ ถังตาข่าย ถังน้ำ
- อุปกรณ์จับปลา ได้แก่ สวิงตักปลา ถังพลาสติก
- อาหารปลาสำเร็จรูป
- เครื่องชั่งน้ำหนัก ไม้บรรทัด และอื่นๆ

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลองแบบ RCBD มีตำรับการทดลอง 8 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

- ตำรับที่ 1 แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปุ๋ย)
- ตำรับที่ 2 วิธีเกษตรกร (ใส่ปูนมาร์ล 0.5 ตันต่อไร่ + ปุ๋ยคอก 0.5 ตันต่อไร่)
- ตำรับที่ 3 ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่
- ตำรับที่ 4 ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ + พด.9
- ตำรับที่ 5 ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ + พด.9 + แหนแดง
- ตำรับที่ 6 หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH
- ตำรับที่ 7 หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH + พด.9
- ตำรับที่ 8 หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH + พด.9 + แหนแดง

หมายเหตุ: ในทุกตำรับการทดลอง (ยกเว้นตำรับที่ 2) ใช้หินฟอสเฟตอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ ในช่วงเตรียมดินในบ่อหรือช่วงขุดบ่อดิน

1.1 แนวคิดในการนำวัสดุปูนและวัสดุอินทรีย์ประเภทต่างๆ มาใช้เพื่อปรับปรุงดินและคุณภาพน้ำในแต่ละตำรับการทดลอง ดังนี้

1) การใส่หินฟอสเฟตในช่วงเตรียมบ่อดินในสภาพดินเปรี้ยวจัดทำให้ประสิทธิภาพในการละลายของหินฟอสเฟตเพิ่มขึ้นอย่างมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) และการใส่ปูนมาร์ลสามารถแก้ไขความเป็นกรดเป็นด่างของดินและน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้ ทั้งนี้ปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของปูน ลักษณะเนื้อดินและความต้องการปูนของดิน ควรใช้ปูนในปริมาณที่ระดับความเป็นกรดของน้ำมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5-8.0 (เจริญ และ รสมาลิน, 2542)

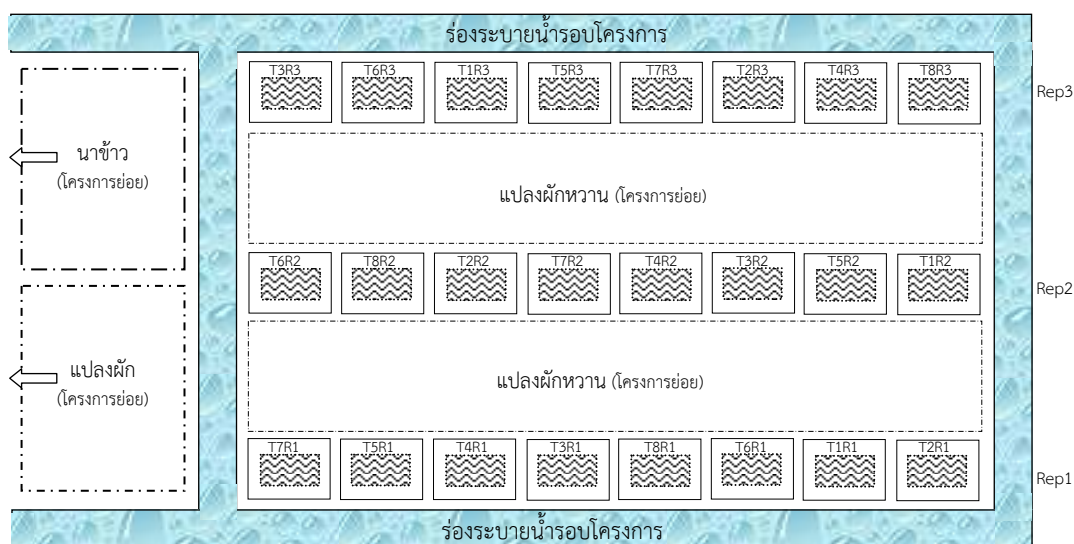
2) การใส่ปุ๋ยคอกเพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารและปรับปรุงความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

3) การหมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ต้นกล้วยสด อัตรา 1 ต้นต่อไร่ เนื่องจากต้นกล้วยมีปริมาณโปรตีนคิดจากน้ำหนักแห้ง 2.5เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับฟางข้าว และมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง (กองอาหารสัตว์, ไม่ระบุปีพิมพ์)

4) การใช้เชื้อจุลินทรีย์เพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวที่ผลิตจากสารเร่ง พด.9 มีคุณสมบัติช่วยแปรสภาพสารประกอบฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เจริญได้ดีในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 4.5-6.5 สามารถผลิตกรดอินทรีย์และสารเสริมการเจริญเติบโตบางชนิดเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

5) แหนแดงมีโปรตีนสูงเมื่อน้ำสลายนจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้อย่างรวดเร็ว และขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว นอกจากจะใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนแล้วยังสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำได้อีกด้วย อัตราแหนแดงที่ใช้ 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราเดียวกับที่ใช้ในนาข้าว

1.2 ผังแปลงทดลอง (Lay out) แสดงดังภาพด้านล่าง



- สัญลักษณ์  ตำรับการทดลองแต่ละตำรับ ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดังนี้
- เมื่อ  บ่อดินเลี้ยงปลาขนาด 5x4x1.68 ตารางเมตร
-  พื้นที่เก็บผลผลิตปลา (กระชังปลาขนาด 4x2x1.20 ตารางเมตร)
- ★ จุดเก็บผักกระเฉด
- จุดเก็บตัวอย่างดิน ที่ผนังบ่อ 4 ด้าน และก้นบ่อ รวมเป็น 1 ตัวอย่าง
- ▲ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

1.3 ระยะเวลาในการปรับสภาพดินและน้ำสำหรับเลี้ยงปลา เริ่มตั้งแต่การขุดดินเพื่อเตรียมบ่อเลี้ยงปลา การใส่หินฟอสเฟตและปุ๋ยคอกในช่วงการเตรียมบ่อดิน การปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำด้วยวัสดุปูน การหมักวัสดุอินทรีย์เพื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำ หวานแทนแดง ปลุกผักกระเฉด ช่วงเลี้ยงปลา จนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ช่วงปรับปรุงคุณภาพดิน ระยะที่ 2 ช่วงปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเลี้ยงปลา และระยะที่ 3 ช่วงการเลี้ยงปลา แต่ละระยะมีรายละเอียดดังนี้

ระยะเวลา	รายละเอียดของกิจกรรม
<u>ระยะที่ 1 ช่วงเตรียมบ่อดินและปรับปรุงคุณภาพดิน</u>	
ม.ค.53-ก.พ.53	ปรับพื้นที่ /ขุดบ่อดินเลี้ยงปลา 24 บ่อ /สูบน้ำเข้าบ่อครั้งที่ 1
มี.ค.53	วัดค่า pH ของน้ำ
เม.ย.53	วัดค่า pH ของน้ำ /สูบน้ำออกจากบ่อ /สูบน้ำเข้าบ่อครั้งที่ 2 /อนุบาลแทนแดง
พ.ค.53	สูบน้ำออกจากบ่อ /ปรับแต่งบ่อดินและคันดินกันบ่อ
มิ.ย.53	ใส่หินฟอสเฟตและปุ๋ยคอกเพื่อปรับสภาพดิน /ปรับแต่งบ่อดิน /สูบน้ำเข้าบ่อครั้งที่ 3
ก.ค.53	วัดค่า pH ของน้ำ
ส.ค.53	วัดค่า pH ของน้ำ /สูบน้ำออกจากบ่อ /ใส่ปูนมาร์ล /วางแนวท่อน้ำล้น
ก.ย.53	วัดค่า pH ของน้ำ
<u>ระยะที่ 2 ช่วงปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเลี้ยงปลา</u>	
ต.ค.53	วัดค่า pH ของน้ำ /กำจัดวัชพืชในน้ำ /หมักวัสดุอินทรีย์เพื่อปรับค่า pH ของน้ำ
พ.ย.53	วัดค่า pH ของน้ำ /กำจัดวัชพืชในน้ำ
ธ.ค.53	วัดค่า pH ของน้ำ /กำจัดวัชพืชในน้ำ
ม.ค.54	วัดค่า pH ของน้ำ /หมักวัสดุอินทรีย์เพื่อปรับค่า pH ของน้ำ /หวานแทนแดง
ก.พ.54	วัดค่า pH ของน้ำ
มี.ค.54	วัดค่า pH ของน้ำ /ติดตั้งกระชังเลี้ยงปลา /หวานแทนแดง (ซ่อม) /ปลุกผักกระเฉด
เม.ย.54	วัดค่า pH ของน้ำ /ใส่มูลไก่
<u>ระยะที่ 3 ช่วงการเลี้ยงปลา (5 เดือน)</u>	
เม.ย.54	ปล่อยลูกปลา
พ.ค.54	วัดค่า pH ของน้ำ
มิ.ย.54	วัดค่า pH ของน้ำ
ก.ค.54	วัดค่า pH ของน้ำ
ส.ค.54	วัดค่า pH ของน้ำ
5ก.ย.54	วัดค่า pH ของน้ำ /จับปลาและเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

2. การขุดดินเตรียมบ่อเลี้ยงปลา จำนวน 24 บ่อ ขนาดบ่อดิน 5x4 ตารางเมตร ลึกประมาณ 1.68 เมตร ทำคันดินกันบ่อกว้าง 0.5 เมตร เพื่อควบคุมหรือป้องกันมิให้น้ำในแต่ละบ่อล้นถึงกัน และวางแนวท่อน้ำล้นตามแนวยาวของแปลง โดยให้ปลายท่อสูงจากระดับกันบ่อ 1.5 เมตร เพื่อระบายน้ำส่วนเกินออกไปยังร่องระบายน้ำที่อยู่รอบๆ แปลงทดลอง ดังภาพผนวกที่ 1

3. การปรับสภาพดินในบ่อช่วงเตรียมดิน ในทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1 ตันต่อไร่ในทุกตำรับการทดลองเพื่อเพิ่มธาตุอาหารทำให้เกิดอาหารปลา ดังภาพผนวกที่ 2 ซึ่งผลการวิเคราะห์ปุ๋ยหินฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.25

มีปริมาณแคลเซียม (CaO) 20.87 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) 6.53 เปอร์เซ็นต์ และผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของมูลโคที่ใช้ในงานวิจัยนี้พบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุระหว่าง 34.45-42.83 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.16-8.33 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 2.85-3.22 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ความชื้น 15.28-18.29 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 0.87-1.19 0.27-0.30 และ 1.35-1.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. การใส่วัสดุปุ๋ยเพื่อปรับสภาพดินและสภาพน้ำด้วยการใช้ปุ๋ยมาร์ลดังนี้ ดำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยมาร์ลอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ สำหรับดำรับการทดลองที่ 3 4 และ 5 ใส่ปุ๋ยมาร์ลอัตรา 1.0 ตันต่อไร่ ดังภาพผนวกที่ 3 ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยมาร์ลพบว่ามีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 8.53 ค่าความสามารถในการทำให้เป็นกลาง CCE 93 เปอร์เซ็นต์ CaO 51.57 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.27 เปอร์เซ็นต์

5. การชะล้างดินด้วยน้ำ ในช่วงเตรียมบ่อดินจะสูบน้ำเข้าและออกบ่อดิน โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียงทดลองเข้าสู่บ่อดิน และสูบน้ำออกจากบ่อดินภายหลังการชะล้างดินด้วยน้ำ และทำการสูบน้ำออกในช่วงที่ต้องทำการปรับแต่งบ่อดินและคันดินกั้นบ่อ ดังภาพผนวกที่ 4 และภาพผนวกที่ 5

6. การหมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ในดำรับการทดลองที่ 6 7 และ 8 โดยใช้ต้นกล้วยสดอัตรา 1 ตันต่อไร่ ใส่ลงไปในบ่อสภาพที่มีน้ำท่วมขัง ดังภาพผนวกที่ 6

7. ติดตั้งกระชังเลี้ยงปลาขนาด 4x2x1.20 เมตร ในบ่อดิน จำนวน 24 กระชัง ดังภาพผนวกที่ 7

8. การหว่านแหนแดงอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อไร่ ในดำรับการทดลองที่ 5 และ 8

9. การปักดำผักกระเฉดรอบขอบบ่อ จำนวน 24 บ่อ ใช้ระยะห่าง 1 เมตร

10. การปล่อยลูกปลาดุกศรีสะเกษขนาดความยาว 2-3 นิ้ว หรือ 5.08-7.62 เซนติเมตร อัตราปล่อย 50 ตัวต่อตารางเมตร เลี้ยงดูและให้อาหารตลอดช่วงการเจริญเติบโตจนถึงอายุปลาประมาณ 5 เดือน

11. การดูแลรักษาบ่อปลา ได้แก่ การกำจัดวัชพืชน้ำ การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อปลา และการดูแลรักษาอื่นๆ

12. การเก็บและรวบรวมข้อมูล ดังนี้

12.1 สมบัติดิน เก็บตัวอย่างดินบริเวณผนังโดยรอบบ่อทั้ง 4 ด้าน และก้นบ่อ ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองและภายหลังสิ้นสุดการทดลองเพื่อวิเคราะห์หา

- 1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH)
- 2) ความต้องการปูนเพื่อแก้ความเป็นกรด (lime requirement: LR)
- 3) อินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter: OM)
- 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available phosphorus: avail P_2O_5)
- 5) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available potassium: avail K_2O)
- 6) แคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable calcium: Ca)
- 7) แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable magnesium: Mg)
- 8) ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดิน (extractable sulphur: S)
- 9) เหล็กที่สกัดได้ในดิน (extractable iron: Fe)
- 10) อะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดิน (extractable aluminum: Al)

12.2 คุณภาพน้ำ ตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ในแต่ละบ่อทุกเดือน

12.3 ผักกระเฉด เก็บข้อมูลน้ำหนักสดของผักกระเฉด

12.4 ปลาตุกรัสเซีย เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาดุกเมื่ออายุประมาณ 5 เดือน ภายหลังการเลี้ยงดู ได้แก่ จำนวนปลา (จำนวนตัวต่อบ่อ) อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักรวม (กิโลกรัมต่อบ่อ) น้ำหนักตัวเฉลี่ยของปลา (กรัม) และความยาวลำตัว (เซนติเมตร)

$$\text{เมื่อ อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น (ตัว)}} \times 100$$

13. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha=0.05$)

14. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

15. การเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองปรับสภาพน้ำเปรี้ยวภายในร่องเพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกผักขึ้นน้ำร่วมกับ การเลี้ยงปลาตก โดยการใช้น้ำปูนมาร์ลและวัสดุอินทรีย์ต่างๆ คือ ปุ๋ยมูลโค ต้นกล้วยสด แหนแดง พด.9 หินฟอสเฟต ระหว่างปี 2553-2554 รวม 2 ปี ได้ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต ของพืชผัก และปลาตก รวมทั้งข้อมูลน้ำและข้อมูลดิน มีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลปัจจัยการผลิต

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการทดลองแล้วนำมาวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี พบว่าปูนมาร์ลมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 8.53 ค่าความสามารถในการทำให้เป็นกลาง CCE 93 เปอร์เซ็นต์ CaO 51.57 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.27 เปอร์เซ็นต์ หินฟอสเฟตมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.25 ปริมาณแคลเซียม 20.87 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.53 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมูลโค พบว่ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.16-8.33 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 34.45-42.83 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 2.85-3.22 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ความชื้น 15.28-18.29 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 0.87-1.19 0.27-0.30 และ 1.35-1.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของปัจจัยการผลิตที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย การผลิต	pH	OM (%)	CCE (%)	EC dS/m	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
ปูนมาร์ล	8.53		93					51.57	0.27
หินฟอสเฟต	8.25					6.53		20.87	
มูลโค	8.30	36.31		2.93	1.19	0.30	1.50	ความชื้น 15.88%w/w	
มูลโค	8.16	42.83		3.22	0.87	0.30	1.62	ความชื้น 18.29%w/w	

2. ผลผลิตผักกระเฉด

ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตผักกระเฉดภายหลังการปักดำได้ประมาณ 5 เดือน พบว่าน้ำหนักสด ผักกระเฉดในทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสดผักกระเฉดมีค่าอยู่ในช่วง 17.0-27.3 กิโลกรัมต่อบ่อ และมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 19.7 กิโลกรัมต่อบ่อ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดผักกระเฉดในบ่อเลี้ยงปลา

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักสด (กิโลกรัมต่อบ่อ)	หมายเหตุ
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปน)	20.7	น้ำหนักสดที่บันทึก เป็นน้ำหนักสด รวมต้นและราก
วิธีเกษตรกร	17.2	
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่	25.7	
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พต.9	17.3	
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พต.9 และ آهنแดง	12.5	
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	27.3	
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พต.9	20.0	
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พต.9 และ آهنแดง	17.0	
F-test	ns	

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คุณภาพของผักกระเฉด จากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าผักกระเฉดสามารถแตกยอดได้น้อยมาก ใบมีขนาดเล็กมาก ยอดอ่อนรวมทั้งใบผักกระเฉดมีสีน้ำตาล ลำต้นพอมและนวมมีสีน้ำตาล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินก่อนและหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 13.78 และ 10.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ ซึ่งระดับความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในสารละลายดินเพียง 1-2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็อาจเป็นพิษต่อพืช เช่น ข้าว โดยอาการเริ่มแรกจะเกิดกับระบบรากและใบ คือ รากแคะแกร็น มีสีน้ำตาล การเจริญเติบโตของรากแขนงถูกยับยั้ง ใบพืชจะเกิดจุดประสีส้มระหว่างเส้นใบและจุดประจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล กาบใบล่างจะเป็นสีม่วง ใบเหี่ยวและตายในที่สุด (เจริญ, 2541) ซึ่งโดยปกติผักกระเฉดที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมต่อการบริโภคนั้นใบอ่อนจะแตกยอดได้ดี ลำต้นอวบ และนวมมีสีขาวฟู ฉะนั้นผักกระเฉดที่ได้จากการทดลองนี้จึงมีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภคและจำหน่าย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของผักกระเฉดในบ่อเลี้ยงปลา

2. การเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซีย

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดและปรับสภาพน้ำที่เป็นกรดจัดโดยการใส่วัสดุปูนและวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ ลงไปในบ่อดินเป็นระยะเวลาประมาณ 10 เดือน โดยเริ่มดำเนินการปรับปรุงดินและปรับสภาพน้ำมาตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2553 จนมาสิ้นสุดในเดือนมีนาคม 2554 นั้น พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อดินในช่วงที่มีการปรับปรุงดินและน้ำดังกล่าวในครั้งที่ 3 จนถึงครั้งที่ 11 พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีค่าต่ำสุด 3.43 3.63 3.67 4.03 3.90 3.67 4.07 6.37 5.47 4.85 และ 3.36 ดังตารางที่ 8 ซึ่งเป็นระดับที่ยังไม่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงได้ใส่มูลไก่เพิ่มลงไปในแต่ละบ่อจนกระทั่งค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อดินมีค่าเฉลี่ย 6.7 ซึ่งระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าระหว่าง 6.5-8.0 (เจริญ และ รสมาลิน, 2542; เจริญ, 2541) จากนั้นจึงปล่อยลูกปลาดุกรัสเซียลงในบ่อดินเมื่อเดือนเมษายน 2554 อัตราปล่อยเท่ากับ 50 ตัวต่อตารางเมตร โดยปล่อยในกระชังขนาด 4x2 ตารางเมตร คิดเป็น 400 ตัวต่อกระชังหรือต่อบ่อ ทั้งนี้ขนาดของลูกปลาที่ปล่อยมีความยาวเฉลี่ย 2-3 นิ้ว หรือเฉลี่ย 5.5 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 3.5 กรัม เลี้ยงดูและให้อาหารปลาสำเร็จรูปจนถึงเดือนกันยายน 2554 ซึ่งปลาดุกมีอายุได้ 5 เดือน จึงทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตและวัดข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาดุก ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเก็บเกี่ยวผลผลิตและวัดการเจริญเติบโตของปลาดุก

ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตปลาดุกรัสเซียมีดังนี้

2.1 จำนวนปลาต่อบ่อ จำนวนปลาดุกในแต่ละตำรับการทดลองเมื่อปลาดุกอายุได้ 5 เดือน พบว่าจำนวนปลาในทุกลำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยทุกลำรับการทดลองมีจำนวนปลาดุกระหว่าง 23-63 ตัวต่อกระชังหรือต่อบ่อ จำนวนปลาดุกเฉลี่ย 38 ตัวต่อกระชังหรือต่อบ่อ ดังตารางที่ 2 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าจำนวนปลาต่อบ่อภายหลังการเลี้ยงดูหรือที่ระยะการจับปลา มีจำนวนลดลงอย่างมากคิดเป็นจำนวนปลาต่อพื้นที่เท่ากับ 5 ตัวต่อตารางเมตรเท่านั้น ซึ่งมีจำนวนปลาน้อยกว่าตอนเริ่มเลี้ยงดูเป็นอย่างมาก (อัตราปล่อยปลา 400 ตัวต่อกระชังหรือต่อบ่อ) นอกจากนี้สภาพลำตัวปลายังเป็นแผลถลอก น้ำหนักตัวปลาน้อย อัตราการรอดตาย

ต่ำมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำในบ่อเลี้ยงปลามีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 6.5 ทำให้ปลาตกมีการเจริญเติบโตช้า (เจริญ, 2541)

1.2 อัตราการรอดตาย อัตราการรอดตายของปลาดุกในแต่ละดำรับการทดลองเมื่อปลาดุกอายุได้ 5 เดือน พบว่าอัตราการรอดตายในทุกดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทุกดำรับการทดลองมีอัตราการรอดตายระหว่าง 12-32 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นอัตราการรอดตายเฉลี่ย 19 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าปลาดุกรัสเซียที่เลี้ยงในบ่อดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดตายเป็นจำนวนมาก อัตราการรอดตาย อาจเนื่องมาจากน้ำในบ่อเลี้ยงปลามีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 6.5 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุก (เจริญ, 2541)

1.3 น้ำหนักตัวของปลา พบว่าน้ำหนักตัวปลาดุกเมื่ออายุได้ 5 เดือน ทุกดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกดำรับการทดลองน้ำหนักตัวของปลาดุกรวมมีค่าระหว่าง 1.27-7.83 กิโลกรัมต่อกระชังหรือบ่อ คิดเป็นน้ำหนักตัวปลาดุกเฉลี่ย 4.18 กิโลกรัมต่อบ่อ สำหรับน้ำหนักปลาดุกเฉลี่ยต่อตัวพบว่าทุกดำรับการทดลองมีน้ำหนักตัวปลาดุกระหว่าง 50-85 กรัมต่อตัว คิดเป็นน้ำหนักตัวปลาเฉลี่ยเท่ากับ 68 กรัมต่อตัว ดังตารางที่ 3 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำหนักตัวของปลาดุกรัสเซียที่ได้จากการทดลองซึ่งมีอายุประมาณ 5 เดือน นั้น มีน้ำหนักน้อยกว่าน้ำหนักปลาดุกอายุ 3-4 เดือน ที่เลี้ยงดูทั่วไปซึ่งปลาจะมีน้ำหนักตัว 200-400 กรัมต่อตัว

1.4 ความยาวลำตัว พบว่าความยาวลำตัวของปลาดุกเมื่ออายุ 5 เดือน ทุกดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยความยาวลำตัวปลาดุกมีค่าระหว่าง 18.9-22.4 เซนติเมตร มีความยาวของลำตัวเฉลี่ย 20.9 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปลาดุกรัสเซียที่เลี้ยงในบ่อดินที่มีสภาพพื้นที่เป็นดินเปรี้ยวจัดทำให้ความยาวลำตัวน้อยกว่าปลาดุกที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนในถังพลาสติกเมื่ออายุได้ 78 วัน ซึ่งมีความยาวลำตัว 36 เซนติเมตร (บุญสิน, 2551)

ตารางที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกรัสเซียเมื่ออายุ 5 เดือน

ดำรับการทดลอง	จำนวน (ตัว/ กระชัง)	อัตรา การรอด (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักรวม (กิโลกรัม ต่อกระชัง)	น้ำหนักตัว ปลาเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	ความ ยาวตัวปลา (เซนติเมตร)
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปูน)	23	12	2.10	85	21.1
วิธีเกษตรกร	47	23	3.93	83	22.1
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่	45	23	3.03	70	20.7
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9	43	22	2.50	53	20.3
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแหนแดง	34	17	2.73	76	21.7
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	24	12	2.00	73	22.4
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9	63	32	3.83	62	18.9
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 แหนแดง	24	12	1.27	53	19.8
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตปลาดุกรัสเซียเมื่ออายุได้ 5 เดือน นอกจากความยาวและน้ำหนักตัวของปลาดุกรัสเซียจะน้อยแล้วยังมีอัตราการรอดตายต่ำมาก โดยพบว่าปลาดุกรัสเซียส่วนใหญ่มีอาการท้องบวมและผิวหนังเป็นแผลตลอดลำตัว จึงมีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคและจำหน่าย ซึ่งอาการผิดปกติของปลาดุกรัสเซียเมื่ออายุ 5 เดือน ที่เลี้ยงในบ่อดินสภาพพื้นที่เป็นดินเปรี้ยวจัดแสดงดังภาพที่ 3 ทั้งนี้อาการท้องบวมน้ำดังกล่าวอาจเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียและมีการตกเลือด ส่วนรอยต่างและแผลที่พบตามลำตัวอาจเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียเข้าแทรกซ้อน สอดคล้องกับการเลี้ยงปลาดุกบ่อที่มีคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมพบว่าปลาว่ายน้ำขึ้นลงเร็วกว่าปกติ เหงือกซีดบวม ลำตัวซีด ปลาไม่กินอาหาร ท้องบวมและมีแผลตามลำตัว (ตนรักษ์เกษตร, มปป.) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในบ่อดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดบริเวณดังกล่าวไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงทำให้ปลาดุกรัสเซียแสดงอาการผิดปกติดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะใส่ปูนขาวเพื่อฆ่าเชื้อและปรับสภาพน้ำที่เป็นกรดก่อนปล่อยลูกปลาดุกรัสเซียร่วมกับการใช้ยากำจัดแบคทีเรียผสมในอาหารปลาตลอดช่วงเลี้ยงดูแล้วก็ตาม

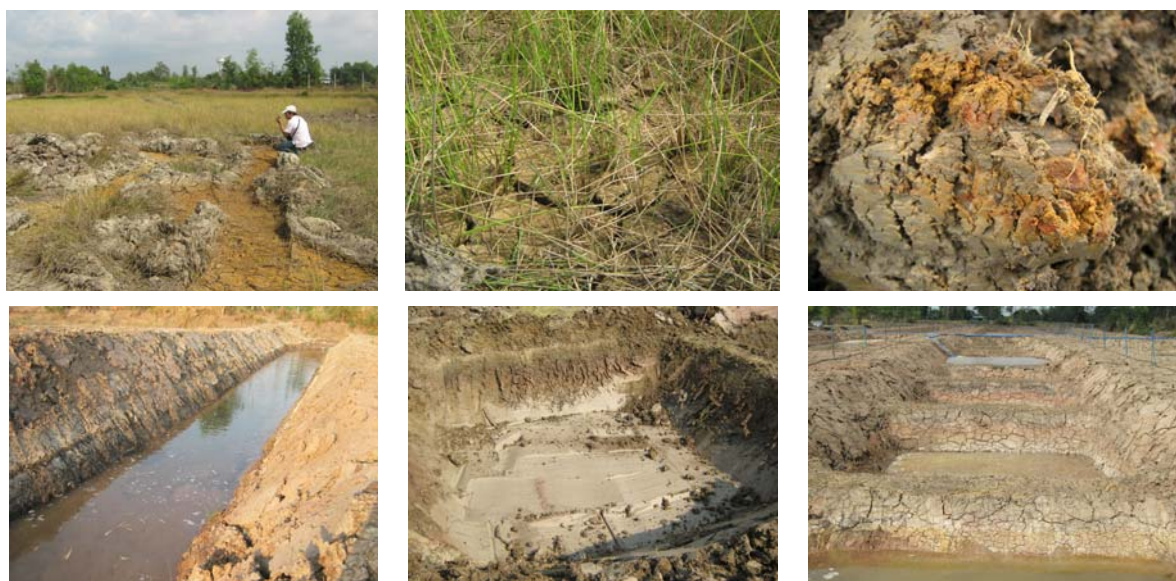


ภาพที่ 3 อาการผิดปกติของปลาดุกรัสเซียเมื่ออายุได้ 5 เดือน

3. สมบัติของดินในบ่อเลี้ยงปลา

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปของแปลงทดลองมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มและพบวัชพืชตระกูลกก ขึ้นอยู่หนาแน่นกระจายทั่วพื้นที่ เนื้อดินเป็นดินเหนียวจัดและพบชั้นดินที่มีสารสีเหลืองฟางข้าวที่เรียกว่า จาโรไซต์ (Jarosite) สะสมในหน้าตัดดินภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน จัดเป็นชุดดินองครักษ์ (Ongkharak series: OK) กลุ่มชุดดินที่ 10 จัดอยู่ใน very-fine, mixed, semiaactive, isohyperthermic sulfaqueptic dystraquerts (ดูรายละเอียดของชุดดินองครักษ์ในหน้าที่ 13) ซึ่งสภาพพื้นที่โดยทั่วไปและลักษณะดินของแปลงทดลองแสดงดังภาพที่ 4

โดยก่อนที่จะปรับสภาพพื้นที่เพื่อขุดบ่อเลี้ยงปลานั้น ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสมบัติบางประการของดิน พบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ในช่วง 3.2-3.5 จัดว่าเป็นกรดจัดมาก อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) อยู่ในช่วง 0.57-2.67 จัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในช่วง 2-5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในช่วง 110-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก แคลเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่ในช่วง 667-1,131 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่ในช่วง 808-1,293 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินอยู่ในช่วง 292-1,906 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสภาพดังกล่าวอาจทำให้เกิดข้อจำกัดในการเพาะปลูกพืช และเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงจำเป็นต้องทำการแก้ไขปัญหาดินเพื่อลดความเป็นกรดจัดมากและเพิ่มเติมธาตุอาหารพืช และหากต้องการเลี้ยงสัตว์น้ำจำเป็นต้องปรับปรุงสภาพน้ำที่เป็นกรดจัดโดยการใส่หินปูนบดลงในคลองระบายหรือคลองส่งน้ำในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และควรตรวจสอบความเป็นกรดของน้ำเป็นระยะๆ ด้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)



ภาพที่ 4 สภาพพื้นที่โดยทั่วไปและลักษณะดินในบริเวณแปลงทดลอง

สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่าสมบัติทางเคมีของดินและธาตุอาหารพืชในดินภายในบ่อเลี้ยงปลาของตำรับการทดลองต่างๆ ก่อนและหลังการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์มาตรฐานสมบัติทางเคมีของดินดังแสดงในตารางผนวกที่ 1-9 รายละเอียดดังนี้

3.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 3.3-3.5 มีค่าเฉลี่ย 3.4 จัดว่าเป็นกรดจัดมากที่สุด และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 4.1-4.5 มีค่าเฉลี่ย 4.3 จัดว่าเป็นกรดจัดมาก ดังตารางที่ 4 ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินภายหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลองนั้นอาจเนื่องจากการใส่ปูนมาร์ลและวัสดุอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ในดินทำกิจกรรมได้ดีขึ้น (ณรงค์, ไม่ระบุปีพิมพ์)

3.2 อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 0.9-2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 1.4 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าค่อนข้างต่ำ และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-2.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 1.5 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าภายหลังการทดลองปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนและหลังทดลอง

ดำรับการทดลอง	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)		ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปน)	3.4	4.2	2.0	2.2
วิธีเกษตรกร	3.4	4.1	1.2	1.7
ปุ๋ยมาร์ล 1 ต้นต่อไร่	3.5	4.2	0.9	1.1
ปุ๋ยมาร์ล 1 ต้นต่อไร่ ร่วมกับ พด.9	3.3	4.1	1.0	1.1
ปุ๋ยมาร์ล 1 ต้นต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแหนแดง	3.4	4.3	1.3	1.6
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	3.4	4.3	1.4	1.5
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9	3.4	4.3	1.3	1.5
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 แหนแดง	3.3	4.5	1.6	1.6
เฉลี่ย	3.39	4.25	1.34	1.54
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available phosphorus) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในช่วง 2.0-4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 2.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับที่ต่ำมาก และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีค่าอยู่ในช่วง 3.0-5.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 4.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำ ดังตารางที่ 5 ทั้งนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินภายหลังการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองอาจเนื่องมาจากวัสดุปนที่ใส่ลงไปช่วยทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่ในดินเปลี่ยนจัดสามารถละลายออกมาได้มากขึ้น (เจริญ, 2541)

3.4 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available potassium) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในช่วง 118-140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 135 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับที่สูงมาก และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีค่าอยู่ในช่วง 127-155 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 144 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินก่อนและหลังการทดลอง

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

คำรับการทดลอง	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปน)	3.0	4.2	118	127
วิธีเกษตรกร	4.0	5.3	138	141
ปุ๋ยมาร์ล 1 ต้นต่อไร่	2.7	4.2	147	155
ปุ๋ยมาร์ล 1 ต้นต่อไร่ ร่วมกับ พด.9	2.7	4.3	133	145
ปุ๋ยมาร์ล 1 ต้นต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแทนแดง	2.0	4.7	127	139
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	2.3	5.0	140	152
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9	2.7	3.0	140	147
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 แทนแดง	3.7	3.8	133	142
เฉลี่ย	2.9	4.3	135	144
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.5 แคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable calcium) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในช่วง 730-918 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 822 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำ และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าแคลเซียมที่สกัดได้ในดินทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยแคลเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าระหว่าง 1,071-1,455 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 1,221 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง ดังตารางที่ 6

3.6 แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable magnesium) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่ในช่วง 973-1,219 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 1,085 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1,393-1,925 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 1,606 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง ดังตารางที่ 6

3.7 ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดิน (extractable sulphur) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินอยู่ในช่วง 693-1,161 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 766 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินมีค่า

อยู่ในช่วง 712-1,116 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 874 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แคลเซียม แมกนีเซียมและซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินก่อนและหลังการทดลอง

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ดำรับการทดลอง	แคลเซียม ที่สกัดได้ในดิน		แมกนีเซียม ที่สกัดได้ในดิน		ซัลเฟอร์ ที่สกัดได้ในดิน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปน)	818	1,129	1,078	1,512	895	712
วิธีเกษตรกร	842	1,273	1,074	1,509	693	692
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่	778	1,071	1,158	1,566	637	910
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9	730	1,186	1,024	1,401	1,161	1,009
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแหนแดง	858	1,455	1,118	1,822	350	646
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	788	1,113	1,219	1,925	716	877
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9	918	1,431	1,041	1,721	762	1032
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 แหนแดง	842	1,107	973	1,393	915	1,116
เฉลี่ย	822	1,221	1,086	1,606	766	874
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.8 เหล็กที่สกัดได้ในดิน (extractable iron) พบว่าดินก่อนการทดลองทุกดำรับการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีเหล็กที่สกัดได้ในดิน อยู่ในช่วง 1.7-2.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำมาก และ ภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าเหล็กที่สกัดได้ในดินทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เหล็กที่สกัดได้ในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-1.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 1.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง ดังตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าปริมาณธาตุเหล็กที่สกัดได้ในดินก่อนและหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย น้อยกว่า 2.5 จึงนับได้ว่าเป็นระดับที่พืชขาดธาตุอาหารดังกล่าว โดยระดับความต้องการธาตุอาหารเสริม เช่นธาตุเหล็กที่เหมาะสมกับพืชควรมีค่าระหว่าง 2.5-4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางผนวกที่ 8 (สำนัก วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2548 อ้างถึง Viet และ Lindsay, 1973)

3.9 อะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดิน (extractable aluminum) พบว่าดินก่อนการทดลอง ทุกดำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ มีอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในช่วง 10.8-15.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 13.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำมาก และภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินทุกดำรับการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 9.4-11.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 10.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำมาก

ดังตารางที่ 7 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินภายหลังการทดลองมีแนวโน้มลดลงจากก่อนการทดลองอาจเนื่องมาจากวัสดุปุ๋ย มูลโค และวัสดุอินทรีย์ที่หมักช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมลงได้ เนื่องจากปุ๋ยขาวช่วยยกระดับของ pH ให้เพิ่มสูงขึ้น ทำให้การละลายของอะลูมิเนียมในดินลดลง และเกิดจากการที่กรดอินทรีย์จากปุ๋ยหมักเข้าทำปฏิกิริยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียม ทำให้อะลูมิเนียมในสารละลายดินลดความว่องไวลง (दनय, मपप. आंगिंग Hue และคณะ, 1986) อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในสารละลายดินเพียง 1-2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก็อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ โดยอาการเริ่มแรกจะเกิดกับระบบรากและใบ คือ รากแคระแกร็น มีสีน้ำตาล การเจริญเติบโตของรากแขนงถูกยับยั้ง ใบพืชจะเกิดจุดประสีส้มระหว่างเส้นใบและจุดประจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล กาบใบล่างจะเป็นสีม่วง ใบเหี่ยวและตายในที่สุด (เจริญ, 2541)

ตารางที่ 7 เหล็กและอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินก่อนและหลังการทดลอง

หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ดำรับการทดลอง	เหล็ก ที่สกัดได้ในดิน		อะลูมิเนียม ที่สกัดได้ในดิน	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปุ๋ย)	2.5	1.9	12.0	10.7
วิธีเกษตรกร	2.6	1.3	10.8	9.4
ปุ๋ยมาร์ล 1 ตัน/ไร่	2.0	1.1	13.0	10.5
ปุ๋ยมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9	1.8	1.4	15.8	11.2
ปุ๋ยมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแทนแดง	1.7	1.4	13.8	10.1
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	1.9	1.2	15.0	10.7
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9	1.7	1.6	14.4	10.1
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 แทนแดง	1.9	1.4	15.4	10.1
เฉลี่ย	2.0	1.4	13.8	10.4
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าดินสภายหลังการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available phosphorus) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (available potassium) แคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable calcium) แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable magnesium) ซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดิน (extractable sulphur) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยเพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และหมักวัสดุอินทรีย์เพื่อปรับสภาพน้ำที่เป็นกรด ยกเว้นเหล็กที่สกัดได้ในดิน (extractable iron) และอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดิน (extractable aluminum) ที่มีแนวโน้มลดลงจากก่อนการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพขังน้ำจะทำให้ pH เพิ่มขึ้น เหล็กและอะลูมิเนียมที่จะเป็นพิษจึงลดลง (เจริญ, 2541)

4. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ภายหลังการปรับสภาพพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดและขุดดินเพื่อเตรียมบ่อเลี้ยงปลาจำนวน 24 บ่อเสร็จสิ้นแล้ว ได้มีการจัดการดินเปรี้ยวจัดด้วยการชะล้าง (flushing and leaching) โดยการสูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าสู่บ่อดินครั้งแรกในเดือนกุมภาพันธ์ 2553 ซึ่งน้ำไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 2 เดือน และทำการตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำทุกเดือนๆ ละ 1 ครั้ง คือตรวจวัดครั้งแรกในเดือนมีนาคม 2553 และครั้งที่ 2 เดือนเมษายน 2553 แล้วจึงระบายน้ำออกจากบ่อดิน

ทั้งนี้หลังจากที่ได้ระบายน้ำออกจากบ่อดินแล้วในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนมิถุนายน 2553 ได้ทำการปรับแต่งบ่อดินและคันดินเนื่องจากฝนตกหนักทำให้ดินบางส่วนถูกกัดเซาะ และเริ่มทำการปรับปรุงคุณภาพดินในช่วงปลายเดือนมิถุนายน 2553 โดยการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตเพื่อช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสในดินและใส่ปุ๋ยคอกเพื่อเพิ่มธาตุอาหารทำให้เกิดอาหารสำหรับปลา จากนั้นจึงสูบน้ำเข้าบ่ออีกครั้ง แล้วทำการวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ จำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 3 เดือนกรกฎาคม 2553 ครั้งที่ 4 เดือนสิงหาคม 2553 และครั้งที่ 5 เดือนกันยายน 2553 จากนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับเลี้ยงปลาด้วยการใส่วัสดุปูนและหมักวัสดุอินทรีย์เพื่อเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 จนถึงเดือนเมษายน 2554 จึงปล่อยลูกปลาดุกแล้วทำการเลี้ยงดูพร้อมทั้งตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำทุกเดือน จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ผักกระเฉดและปลาดุกศรีเชียงใหม่ในเดือนกันยายน 2554 ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาจำนวนทั้งสิ้น 17 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่ 5

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

ตำรับการทดลอง	ครั้งที่ 1 มี.ค.53	ครั้งที่ 2 เม.ย.53	ครั้งที่ 3 ก.ค.53	ครั้งที่ 4 ส.ค.53	ครั้งที่ 5 ก.ย.53	ครั้งที่ 6 ต.ค.53
แปลงตรวจสอบ (ไม่ใส่วัสดุปูน)	3.50	3.63	4.37	4.23	3.90	3.90
วิธีเกษตรกร	3.53	3.67	4.47	4.30	4.03	3.67
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่	3.47	3.73	4.37	4.60	4.63	3.83
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9	3.57	3.73	4.33	4.53	4.57	3.73
ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแหนแดง	3.47	3.70	4.13	4.30	4.53	3.77
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH	3.47	3.73	3.67	4.03	4.60	3.77
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9	3.60	3.73	4.20	4.35	4.40	4.20
หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 แหนแดง	3.43	3.73	4.10	4.10	4.20	4.43
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 8 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา (ต่อ)

ตำรับ ทดลอง	ครั้งที่ 7 พ.ย.53	ครั้งที่ 8 ธ.ค.53	ครั้งที่ 9 ม.ค.54	ครั้งที่ 10 ก.พ.54	ครั้งที่ 11 มี.ค.54	ครั้งที่ 12 เม.ย.54	ครั้งที่ 13 พ.ค.54	ครั้งที่ 14 มิ.ย.54	ครั้งที่ 15 ก.ค.54	ครั้งที่ 16 ส.ค.54	ครั้งที่ 17 ก.ย.54
ตำรับที่ 1	4.07	6.50	5.50	4.97	3.65	6.63	6.84	6.58	7.69	6.74	5.78
ตำรับที่ 2	4.22	6.50	5.77	5.60	3.36	6.65	6.81	6.63	7.67	6.24	6.02
ตำรับที่ 3	4.37	6.47	5.77	5.83	3.52	6.68	6.83	6.64	7.71	6.09	5.91
ตำรับที่ 4	4.13	6.37	6.03	4.90	3.57	6.70	6.86	6.70	7.62	6.50	5.97
ตำรับที่ 5	4.30	6.43	5.60	4.90	3.55	6.73	6.86	6.79	7.65	6.51	5.87
ตำรับที่ 6	4.17	6.40	5.63	4.85	3.52	6.75	6.86	7.05	7.66	5.92	6.02
ตำรับที่ 7	4.33	6.63	5.90	5.50	3.58	6.75	6.86	6.98	7.70	6.41	5.94
ตำรับที่ 8	4.40	6.63	5.47	5.57	3.60	6.74	6.87	6.82	7.65	6.63	6.00
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตำรับที่ 1 คือ แปลงตรวจสอบ (ไม่ใช่วัสดุปูน)

ตำรับที่ 2 คือ วิธีเกษตรกร

ตำรับที่ 3 คือ ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่

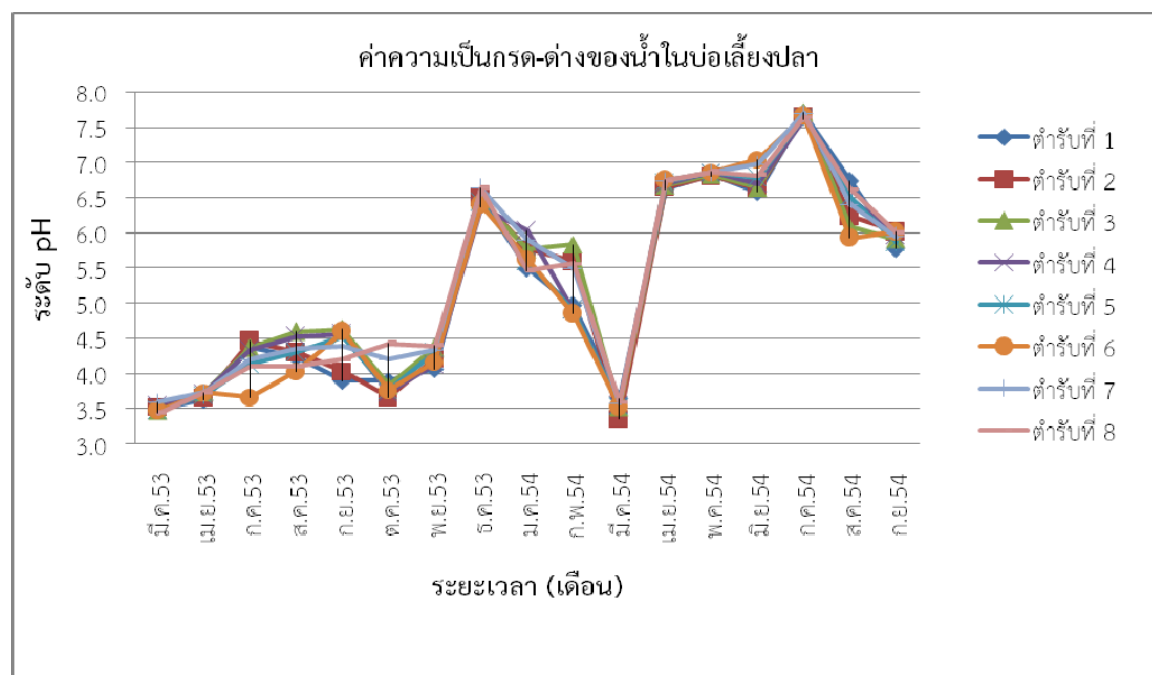
ตำรับที่ 4 คือ ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9

ตำรับที่ 5 คือ ปูนมาร์ล 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับ พด.9 และแหนแดง

ตำรับที่ 6 คือ หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH

ตำรับที่ 7 คือ หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9

ตำรับที่ 8 คือ หมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่า pH ร่วมกับ พด.9 และแหนแดง



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกที่ระยะเวลาต่างกัน

จากตารางที่ 8 และภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลามีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ช่วงเตรียมบ่อดินและก่อนการปรับปรุงคุณภาพดินและคุณภาพน้ำ (มีนาคม-เมษายน 2553) พบว่าคุณภาพน้ำในครั้งที่ 1 เดือนมีนาคม 2553 และครั้งที่ 2 เดือนเมษายน 2553 ซึ่งเป็นช่วงของการสูบน้ำเข้าและออกบ่อดิน แต่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุงดินและปรับสภาพน้ำแต่อย่างใด นั้น พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.43-3.60 และ 3.63-3.73 ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าเป็นกรดจัดมาก ไม่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาเป็นอย่างยิ่ง หากต้องการเลี้ยงสัตว์น้ำจึงจำเป็นต้องใส่วัสดุปูนและวัสดุอินทรีย์ตามตำรับการทดลองที่กำหนดเพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำให้อยู่ในช่วง 6.5-8.0 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (เจริญ และ รสมาลิน, 2542; เจริญ, 2541)

ระยะที่ 2 ช่วงปรับปรุงคุณภาพดินและคุณภาพน้ำ (กรกฎาคม 2553-มีนาคม 2554) พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ครั้งที่ 3 4 5 6 และ 7 ซึ่งได้มีการใส่วัสดุปูนและทำการหมักวัสดุอินทรีย์ให้เน่าเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ตามตำรับการทดลองที่กำหนด พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อยู่ในช่วง 3.67-4.47 4.10-4.60 3.90-4.63 3.73-4.43 และ 4.07-4.40 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในบ่อดินยังอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงได้ใส่ปูนมาร์ลเพิ่มในทุกตำรับการทดลองอัตรา 0.2 ตันต่อไร่ จากนั้นจึงทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในครั้งที่ 8 พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วง 6.37-6.63 จึงได้เริ่มหมักวัสดุอินทรีย์ หวานແໜແດງ และปึกดำฝักกระเฉด แล้วทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในครั้งที่ 9 10 และ 11 พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำกลับลดลงมาอยู่ในช่วง 5.47-6.03 4.85-5.83 และ 3.36-3.65 ตามลำดับ จึงได้ใส่มูลไก่อัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำให้สูงขึ้น แล้วทำการวัดคุณภาพน้ำครั้งที่ 12 ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำเพิ่มสูงขึ้นมาอยู่ในช่วง 6.63-6.75 ซึ่งเป็นระดับที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงได้ทำการปล่อยลูกปลาดุก

ระยะที่ 3 ช่วงการเลี้ยงดู (เมษายน-กันยายน 2554) พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำในครั้งที่ 13 14 15 16 และ 17 ซึ่งเป็นช่วงของการเลี้ยงปลาดุกนั้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 6.81-6.86 6.58-7.05 7.62-7.71 6.09-6.74 และ 5.78-6.02 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำตลอดช่วงการเลี้ยงดูมีค่าเฉลี่ย 6.72

ทั้งนี้การตรวจวัดคุณภาพน้ำด้านค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำ ในแต่ละช่วงเวลาแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำที่ระยะเวลาต่างกัน

6. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลาตก

จากการทดลองพบว่าปลาตุกรัสเซียมีการเจริญเติบโตและผลผลิตปลาตุกรัสเซียภายหลังการเลี้ยงดูได้ 5 เดือน ไม่เป็นปกติ กล่าวคือ น้ำหนักตัวของปลาตุกรัสเซียน้อยมาก มีอัตราการรอดตายต่ำมาก ความยาวลำตัวเล็กกว่าปกติ ที่สำคัญยังพบว่าปลาตุกรัสเซียส่วนใหญ่มีอาการท้องบวมและผิวหนังเป็นแผลตลอดลำตัว ซึ่งลักษณะดังกล่าวของปลาตก จัดว่ามีปริมาณและคุณภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคและจำหน่าย จึงไม่สามารถประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลาตุกรัสเซียในบ่อดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวนี้ได้ อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาตกจะมีต้นทุนหลักๆ คือ ราคาพันธุ์ปลาและค่าอาหารเลี้ยงปลา ซึ่งในการทดลองนี้ลูกปลาตุกรัสเซียขนาด 2-3 นิ้ว มีราคา 2,840 บาท อาหารปลา 1 กระสอบๆหนัก 50 กิโลกรัม ราคา 600 บาท

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิจัยการปรับสภาพน้ำเปรี้ยวภายในร่องในชุดดินของครักซ์ โดยปูนมาร์ลและวัสดุอินทรีย์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกผักขึ้นน้ำ (ผักกะเจด) ร่วมกับเลี้ยงปลาตก บนชุดดินของครักซ์ ในพื้นที่ตำบลศรีจุฬา อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ระหว่างปี 2552-2554 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. คุณภาพและผลผลิตของผักกะเจด

คุณภาพของผักกะเจด จากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าผักกะเจดสามารถแตกยอดได้น้อยมาก ใบมีขนาดเล็กมาก ยอดอ่อนรวมทั้งใบผักกะเจดมีสีน้ำตาล ลำต้นพอมและนวมมีสีน้ำตาล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีอะลูมิเนียมที่สกัดได้ในดินก่อนและหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 13.78 และ 10.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

2. การเจริญเติบโตและคุณภาพและผลผลิตปลาตก

จากข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตปลาตุกรัสเซียเมื่ออายุได้ 5 เดือน นอกจากความยาวและน้ำหนักตัวของปลาตุกรัสเซียจะน้อยแล้วยังมีอัตราการรอดตายต่ำมาก โดยพบว่าปลาตุกรัสเซียส่วนใหญ่มีอาการท้องบวมและผิวหนังเป็นแผลตลอดลำตัว จึงมีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคและจำหน่าย ซึ่งอาการผิดปกติของปลาตุกรัสเซียเมื่ออายุ 5 เดือน ที่เลี้ยงในบ่อดินสภาพพื้นที่เป็นดินเปรี้ยวจัดแสดงดังภาพที่ 3 ทั้งนี้อาการท้องบวมดังกล่าวอาจเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียและมีการตกเลือด ส่วนรอยต่างและแผลที่พบตามลำตัวอาจเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียเข้าแทรกซ้อน

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการเลี้ยงปลาตก พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินภายหลังการทดลอง 4.1-4.5 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง 3.3-3.5 นั้นอาจเนื่องจากการใส่ปูนมาร์ลและวัสดุอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ในดินทำกิจกรรมได้ดีขึ้น (ณรงค์, ไม่ระบุปีพิมพ์)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างต่ำถึงปานกลางซึ่งจะเห็นได้ว่าภายหลังการทดลอง (อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-2.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 1.5 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง (อินทรีย์วัตถุ 0.9-2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 1.4 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าค่อนข้างต่ำ)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินภายหลังการทดลอง โดยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีค่าอยู่ในช่วง 3.0-5.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 4.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับต่ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในช่วง 2.0-4.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 2.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ทั้งนี้อาจ

เนื่องมาจากวัสดุปูนที่ใส่ลงไปบ่อช่วยให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่ในดินเปรี้ยวจัดสามารถละลายออกมาได้มากขึ้น (เจริญ, 2541)

ภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีค่าอยู่ในช่วง 127-155 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 144 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากก่อนการทดลอง

ภายหลังสิ้นสุดการทดลองพบว่าแคลเซียมที่สกัดได้ในดินทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยแคลเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าระหว่าง 1,071-1,455 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ย 1,221 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลาง

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการทดลองพบว่าปลาตุกรัสเซียมีการเจริญเติบโตและผลผลิตปลาตุกรัสเซียภายหลังการเลี้ยงดูได้ 5 เดือนอย่างผิดปกติ กล่าวคือน้ำหนักตัวของปลาตุกรัสเซียน้อยมาก และมีอัตราการรอดตายต่ำมาก ความยาวลำตัวเล็กกว่าปกติ ที่สำคัญยังพบว่าปลาตุกรัสเซียส่วนใหญ่มีอาการท้องบวมและผิวหนังเป็นแผลตลอดลำตัว ซึ่งลักษณะดังกล่าวของปลาดุก จัดว่ามีปริมาณและคุณภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคและจำหน่าย จึงไม่สามารถประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจการเลี้ยงปลาตุกรัสเซียในบ่อดินในพื้นที่ดินเปรี้ยวนี้ได้ อย่างไรก็ตามการเลี้ยงปลาดุกจะมีต้นทุนหลักๆ คือ ราคาพันธุ์ปลาและค่าอาหารเลี้ยงปลา ซึ่งในการทดลองนี้ลูกปลาตุกรัสเซียขนาด 2-3 นิ้ว มีราคา 2,840 บาท อาหารปลา 1 กระสอบฯหนัก 50 กิโลกรัม ราคา 600 บาท

ข้อเสนอแนะ

การปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดโดยการขุดและยกร่องเพื่อปลูกผัก ในขณะที่เดียวกันก็ปลูกพืชน้ำและเลี้ยงปลาในร่องน้ำนั้น ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังและต้องแก้ไขและปรับปรุงค่าความเป็นกรดของดินและน้ำให้เหมาะสม ซึ่งอาจใช้วัสดุปูน เทคโนโลยีชีวภาพชนิดต่างๆ แต่ต้องใช้ระยะเวลาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1) การทดลองนี้พบว่าคุณภาพน้ำยังไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลา จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำพบว่าน้ำในบ่อมีค่า pH ประมาณ 3.5-4.5 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยังไม่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลา ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสม จนมีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาดุก นอกจากนี้ควรต้องตรวจวัดค่าอื่นๆ ที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลา โดยขอความร่วมมือไปยังกรมประมงหรือควรดำเนินงานวิจัยร่วมกัน

2) บ่อเลี้ยงปลาที่ใช้ทดลองเป็นบ่อที่ขุดใหม่ซึ่งการดำเนินการปรับแต่งบ่อมีการบดอัดดินไม่แน่นพอจึงทำให้คันดินทรุดตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อฝนตกลงมาจะเห็นได้ว่าบริเวณก้นบ่อจะตื้นมากขึ้นเนื่องจากมีดินตะกอนไหลไปทับถม ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้งานบ่อด้วย

3) การศึกษาเพื่อแก้ไขความเป็นกรดของดินและน้ำในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดควรทำการทดลองในระยะยาวเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปสรุปผลได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2555. การเพาะเลี้ยงปลาอุกบึกอุย. แหล่งที่มา: <http://www.fisheries.go.th/fpo-maehongson/bigdook.pdf>), 11 มีนาคม, 2557.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. ชุดองค์ความรู้กึ่งศตวรรษพัฒนาที่ดิน การจัดการดินเปรี้ยวจัด ดินกรด และดินอินทรีย์. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2555. ปุ๋ยหินฟอสเฟต. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. พิมพ์ครั้งที่ 2. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. มหัศจรรย์ผลิตภัณฑ์สารเร่ง พด. กรมพัฒนาที่ดิน จัดการองค์ความรู้ฟื้นฟูปุ๋ยชีวภาพ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. ม.ป.ป.. แหนแดง (เอกสารแผ่นพับ). กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองประมงต่างประเทศ. 2551. การส่งออกปลาน้ำจืด ปี 2545-2551. กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ, กองประมงต่างประเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองอาหารสัตว์. ม.ป.ป.. การนำผลผลิตจากต้นกล้วยมาใช้เลี้ยงสัตว์. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. พจนานุกรมปฐพีวิทยา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผัก ในโครงการอนุรักษ์ผักสีเขียว. 2540.
- คณิต ชูคันหอม. 2551. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. คณะสัตวแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จنگล พรหมยะ, ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร และสมโภชน์ จันทร้อย. มปป.. การปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) โดยใช้ *Spirulina platensis* และ *Cladophora* sp.. แหล่งที่มา: <http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/Learn-Center/journalPDF/mH4PEbAWed114845.pdf>, 11 มีนาคม, 2557.
- เจริญ เจริญจำรัสชีพ และ รสมาลิน ณ ระนอง. 2542. คู่มือ การใช้วัสดุปุ๋ยเพื่อการเกษตรเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เจริญ เจริญจำรัสชีพ. 2541. คู่มือดินเปรี้ยวจัดและการจัดการเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- दनัย วรรณวิช. ม.ป.ป.. การลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมในดินกรดโดยใช้ปูน ยิบซัม และอินทรีย์วัตถุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- ตนรักษ์เกษตร. ม.ป.ป.. โรคของปลาดุกเลี้ยงที่สำคัญ และวิธีในการป้องกัน. แหล่งที่มา : <http://www.kaweeclub.com/b104/t4314/?wap2>, 9 ตุลาคม, 2557.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ ประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. 2552. คู่มือสำหรับการเกษตรยุคใหม่ ธรรมชาติของดินและปุ๋ย. หจก. กร ศรีเอช, กรุงเทพฯ.

- นงคราญ มณีวรรณ, สถาพร ศิลตระกูล, รสมาลิน ณ ระนอง, ประสิทธิ์ ต้นประภาส, รติกร ณ ลำปาง และ พรธณพิศ บ่วงนาวา. มปป.. คู่มือเกษตรกร การจัดการดินเปรี้ยวเพื่อปลูกพืช. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นงคราญ มณีวรรณ. ม.ป.ป.. การรักษาคูณภาพน้ำในบ่อในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด. กลุ่มวิจัยและพัฒนาพื้นที่ดินเปรี้ยวและน่านอกเขตชลประทาน. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- บุญสิน พรประภาศักดิ์. 2551. วิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงปลาอุกในวิกฤตอาหารราคาแพง. วารสารสัตว์น้ำ ฉบับประจำเดือนมกราคม 2551: 152-156.
- บัณฑิต ต้นศิริ และ คำรณ ไทรพิภ. 2542. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน. กองวางแผน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ประพัฒน์ ปานนิล. ม.ป.ป.. การเลี้ยงปลาอุกรัสเซียในระบบน้ำหมุนเวียนในถังพลาสติก 200 ลิตร. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีระนอง. แหล่งที่มา: http://kasetranong.ac.th/pp/Clarias_gariepinus.pdf, 11 มีนาคม 2557.
- มะลิ. 2530. ความต้องการสารอาหารของปลาอุก.
- ยนต์ มุสิก. 2542. พันธุ์ปลาอุก. แหล่งที่มา: <http://www.kat504.thmy.com/k2.html>, 11 มีนาคม 2557.
- วินัย ไผ่เมตตา. 2551. การเลี้ยงปลาอุก. วารสารสัตว์น้ำ ฉบับประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2551: 157-164.
- ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคตะวันออก มหาวิทยาลัยบูรพา. 2553. รายงานการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงพื้นที่รายแปลง มาตราส่วน 1:4,000 จังหวัดนครนายก. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศุภวัฒน์ เทียงผดุง. 2555. การเลี้ยงปลาอุกรัสเซียในวงท่อซีเมนต์. กลุ่มพัฒนาและส่งเสริมอาชีพการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2556. บัญชีหลักทางวิชาการ 17 เรื่อง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดนราธิวาส. แหล่งที่มา: http://www.rdpb.go.th/rdpb/upload/Download/10_คู่มือรวมบัญชีหลัก17เรื่อง.pdf, 15 กันยายน 2557.
- สำนักงานประมงจังหวัดนครนายก. 2554. ข้อมูลประมงจังหวัดนครนายก. สำนักงานประมงจังหวัดนครนายก. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548 ก. พิมพ์ครั้งที่ 2. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ยพืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548 ข. พิมพ์ครั้งที่ 2. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ยพืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุพิษณีย์ รัตนะ. 2554. เลี้ยงปลาอุกระบบน้ำหมุนเวียนทำง่ายรายได้ดี. เกษตร: ชาวทั่วไป

แหล่งที่มา: <http://www.komchadluek.net/detail/20110630/เลี้ยงปลาตู้ระบบน้ำหมุนเวียนทำง่ายรายได้ดี.html>, 6 ตุลาคม 2557.

องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2557. ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. แหล่งที่มา: http://www.qsbg.org/database/botanic_book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=1612, 10 มีนาคม 2555.

Dent, D. and L.J. Pons. 1995. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma* 67: 263-276.

Fanning, D.S. 2006. Acid sulfate soils. *Encyclopedia of Soil Science* 1: 11-13.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ดิน:น้ำ= 1:1)

ระดับ	ค่าของ pH
กรดจัดมาก (extremely acid)	< 4.5
กรดจัด (very strongly acid)	4.5-5.0
กรดแก่ (strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
กลาง (near neutral)	6.6-7.3
ด่างอย่างอ่อน (slightly alkali)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (moderately alkali)	7.9-8.4
ด่างแก่ (strongly alkali)	8.5-9.0
ด่างแก่มาก (extremely alkali)	> 9.0

ที่มา : เอิบ (2533)

ตารางผนวกที่ 2 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ระดับ	ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)
ต่ำมาก (very low)	< 0.5
ต่ำ (low)	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	1.0-1.5
ปานกลาง (moderately)	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง (moderately high)	2.5-3.5
สูง (high)	3.5-4.5
สูงมาก (very high)	> 4.5

ที่มา : เอิบ (2533)

ตารางผนวกที่ 3 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (Bray II)

ระดับ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	< 3
ต่ำ (low)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	6-10
ปานกลาง (moderately)	10-15
ค่อนข้างสูง (moderately high)	15-25
สูง (high)	25-45
สูงมาก (very high)	> 45

ที่มา : เอิบ (2533)

ตารางผนวกที่ 4 เกณฑ์ความสูงต่ำของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (NH₄Oac)

ระดับ	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
ต่ำมาก (very low)	<30
ต่ำ (low)	30-60
ปานกลาง (moderately)	60-90
สูง (high)	90-120
สูงมาก (very high)	120

ที่มา : เอิบ (2533)

ตารางผนวกที่ 5 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในดิน

ระดับ	ปริมาณแคลเซียมในดิน	
	มก./กก.	cmol/kg
ต่ำมาก (very low)	< 400	< 2.0
ต่ำ (low)	100-1000	2-5
ปานกลาง (moderately)	1000-2000	5-10
สูง (high)	2000-4000	10-20
สูงมาก (very high)	> 4000	> 20

ที่มา : บรรเจิด (2523)

ตารางผนวกที่ 6 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในดิน

ระดับ	ปริมาณแมกนีเซียมในดิน	
	มก./กก.	cmol/kg
ต่ำมาก (very low)	< 36	< 0.3
ต่ำ (low)	36-120	0.3-1.0
ปานกลาง (moderately)	120-360	1.0-3.0
สูง (high)	360-960	3.0-8.0
สูงมาก (very high)	> 960	> 8.0

ที่มา : บรรเจิด (2523)

ตารางผนวกที่ 7 เกณฑ์ความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันในดิน

ระดับ	ปริมาณกำมะถันในดิน
	มก./กก.
ต่ำมาก (very low)	< 5
ต่ำ (low)	5-10
ปานกลาง (moderately)	11-20
สูง (high)	21-30
สูงมาก (very high)	> 30

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2548)

หมายเหตุ : เนื่องจากค่ามาตรฐานของกำมะถันในดินไม่ค่อยมีผู้ศึกษามากนัก ส่วนใหญ่จะศึกษาวิจัยกำมะถันในพื้นที่มากกว่า ดังนั้นจึงนำค่ามาตรฐานของห้องปฏิบัติการของ Albion Laboratories, Inc. มาใช้ในการจัดระดับกำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ตารางผนวกที่ 8 ระดับจุลธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดิน

ระดับ	ระดับความต้องการจุลธาตุอาหารของพืช (มก./กก.)		
	ขาด	พอเหมาะ	เกินพอ
แมงกานีส (Mn)	< 1.0	-	> 1.0
ทองแดง (Cu)	< 0.2	-	> 0.2
สังกะสี (Zn)	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0
เหล็ก (Fe)	< 2.5	2.5-4.5	> 4.5

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2548) อ้างถึง Viet และ Lindsay (1973)

ตารางผนวกที่ 9 ระดับปริมาณของอะลูมิเนียมแลกเปลี่ยนได้ในดิน

ระดับ	ปริมาณอะลูมิเนียมที่เป็นประโยชน์ (cmol/kg)
ต่ำมาก (very low)	< 1
ต่ำ (low)	1.5
ปานกลาง (moderately)	5-9
สูง (high)	9-13
สูงมาก (very high)	> 13

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2548) อ้างถึง Osborne (1985)