

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด
Aquaponic for Red tilapia (*Oreochromis* sp.) and Lettuce
(*Lactuca sativa*) in closed system

ชื่อนักศึกษา นางสาวภววรรณตรี สมบุญโต

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการผลิตผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด
Aquaponics for Red tilapia (*Oreochromis* sp.) and Lettuce (*Lactuca sativa*)
in closed system



T099247



โดย
นางสาวภวรรณตรี สมบุญโต

๒๗.
 ๑๕๑๗
 ๐๕๔๔

เลขหมู่.....
 เลขทะเบียน.....
 วัน,เดือน,ปี.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด Aquaponics for Red tilapia (*Oreochromis sp.*) and Lettuce (*Lactuca sativa*) in closed system

ศึกษาการเลี้ยงปลาที่บ่มร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไร้ดินระบบ Nutrient Film Technique (NFT) ในระบบปิดโดยตรวจสอบความเหมาะสมของคุณภาพน้ำและธาตุอาหารในระบบ เปรียบเทียบคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลาที่บ่ม ระบบการปลูกผักสลัดและระบบการเลี้ยงปลาที่บ่มร่วมกับการปลูกผักสลัด ในระยะเวลา 128 วัน พบว่าอุณหภูมิ และปริมาณอัลไฮออลไนซ์ แอมโมเนียของทั้ง 3 ระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียทั้งหมด ไนโตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลาที่บ่มที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงปลาที่บ่มร่วมกับการปลูกผักสลัดกับระบบการเลี้ยงปลาที่บ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด คือ บัตเตอร์เฮด เรดโครัล เรดไฮค กรีนไฮค เบบีคอส ในระบบการเลี้ยงปลาที่บ่มร่วมกับการปลูกผักสลัดไม่แตกต่างกับระบบการปลูกผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้แนะนำแนวทางในการดำเนินการทดลอง พร้อมทั้งให้ความรู้ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำการทดลองอย่างใกล้ชิด จนปัญหาพิเศษ เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ และ อาจารย์สมเกียรติ สีสนอง ที่คอยช่วยเหลือให้ คำแนะนำ พร้อมทั้งแก้ไขปัญหาดลตลอดระยะเวลาการทำการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่มอญ พี่ดาว และพี่แสง ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณ คุณยุทธนา เกียรติธร ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องของการติดตั้งระบบ และ คำปรึกษาระหว่างการทดลอง

ขอขอบคุณ นางสาวนงพะงา เรียงเรียบ นางสาวทิพย์วิมล ภูฤทธิ และนายชนะวัฒน์ เทียมบุญ ประเสริฐ ที่เป็นกำลังใจ และคอยช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องตั้งแต่เริ่มการทดลองจนจบการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณตา คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ความสนับสนุนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ให้ประสบความสำเร็จอย่างภาคภูมิใจ

นางสาววรรณตรี สมบุญโต

เมษายน พ.ศ. 2548

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	10
ผลการทดลองและวิจารณ์	16
สรุปและข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่เหมาะสมในพีชชนิดต่างๆ	5
2	ระดับของธาตุอาหารของสารละลายในระบบ NFT	6
3	ปัจจัยของคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดในระบบหมุนเวียนน้ำ	8
4	การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลานิลแดง	17
5	การเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด ในระบบการเลี้ยงปลา และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด	18
6	ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดงและการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืชตลอดการทดลอง 128 วัน	22
ตารางผนวกที่		
1	น้ำหนักสดของผักสลัดทั้ง 5 ชนิดในระบบการปลูกพืช และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ใน 3 ช่วงเวลาการทดลอง	32
2	การวัดความยาว และชั่งน้ำหนักปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง	34
3	การวัดความยาว และชั่งน้ำหนักปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด	35
4	อุณหภูมิของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	36
5	อัลไฮออสโมสโสมโมเนียในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	36
6	ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่	หน้า
7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเป็นเวลา 128 วัน	37
8 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเป็นเวลา 128 วัน	38
9 ความเป็นต่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	38
10 ความกระด้างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	39
11 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	39
12 ปริมาณไนโตรที่ ไนโตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	40
13 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	40
14 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระบบการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน	3
2	ระบบการปลูกพืชแบบ NFT (Nutrient film technique)	4
3	ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง	11
4	รางปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินแบบ NFT (Nutrient film technique)	12
5	ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน	12
6	ระบบการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน	13
7	เมล็ดพันธุ์ผักสลัดอายุ 2-3 วันที่ ปลูกบนเพอไลทในถ้วยปลูก	13
8	ลักษณะปลานิลแดง	14
9	การเจริญเติบโตของปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงปลาและระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัด	17
10	การเจริญเติบโตของผักสลัดในระบบการปลูกผักสลัดและระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัด	18
11	อุณหภูมิเฉลี่ยในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	23
12	การนำไฟฟ้าในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	23
13	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	24
14	ความเป็นกรดเป็นด่างในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	24
15	ความเป็นต่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	25
16	ความกระด้างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่		หน้า
17	ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	26
18	ปริมาณอัลไฮออลไนท์แอมโมเนียในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน	26
19	ปริมาณไนโตรเจนในไตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	27
20	ปริมาณไนเตรทในไตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	27
21	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน	28
ภาพผนวกที่		
1	ผักสลัดทั้ง 5 ชนิดที่ปลูกในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด	42

คำนำ

การเพาะเลี้ยงปลาในประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และเกษตรกรส่วนมากหันมาเลี้ยงปลาแบบหนาแน่น (Intensive culture) มากขึ้น ทำให้เกิดการปล่อยของเสียในปริมาณที่สูง ซึ่งเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะเป็นอาหารของแพลงก์ตอนก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอน (Eutrophication) และเนื่องจากน้ำทิ้งจะมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช จึงควรนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (water reuse or recycle system) ซึ่งพืชสามารถช่วยบำบัดน้ำให้มีคุณภาพดีขึ้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ไปเป็นอาหาร

อาชีพเกษตรกรรม เป็นอาชีพที่มีผลผลิตทำรายได้เข้าประเทศไทยเป็นอย่างมาก จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ระบบการจัดการที่ทันสมัย และมีการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าที่สุด นอกจากนั้นปัจจุบันเกิดปัญหาของสารพิษที่ปนเปื้อนในใบผักที่รับประทานรุนแรงมากส่งผลต่อคุณภาพชีวิต และสุขภาพอนามัยของประชาชน จึงมีการหาวิธีเพาะปลูกพืชแบบปลอดสารพิษขึ้น

ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน (Aquaponic system) ในระบบหมุนเวียนน้ำ (Recirculating) ระบบน้ำหมุนเวียนแบบระบบปิดช่วยบำบัดน้ำได้เป็นอย่างดี โดยของเสียพวกเศษตะกอน และของเสียจำพวกไนโตรเจนจะถูกกำจัดออกไป กระบวนการนี้จะเพิ่มผลผลิตในระยะยาวมากกว่าในระบบที่ไม่ได้ทำการบำบัดน้ำ และผลผลิตที่ได้ปราศจากสารพิษ นอกจากนั้นยังมีความสด สะอาด ปลอดภัย การปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนี้มีข้อดีคือผลผลิตที่ได้จะสะอาดมีคุณภาพดี สามารถปลูกได้จำนวนมากในพื้นที่ขนาดเล็กๆ ลดการสูญเสียปุ๋ย และประหยัดการใช้น้ำได้มาก สามารถที่จะปลูกในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับการเพาะปลูก สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาโรคที่ติดมากับดิน และวัชพืชประเภทต่างๆ ลดอายุการเก็บเกี่ยวให้สั้นลงกว่าปลูกในดิน และที่สำคัญคือระบบนี้สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเหมาะสมโดยการควบคุมการให้ธาตุอาหารต่างๆ และถ้าในโรงเรือนมีการควบคุมสภาพอากาศ และแสงสว่างก็จะสามารถผลิตพืชนอกฤดูกาลหรือตามความต้องการของตลาดได้ระบบดังกล่าวถือเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และน้ำเสียในแหล่งน้ำธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายพืช นอกเหนือจากการเลี้ยงปลาอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับผักสลัดในระบบปิดแบบ NFT (Nutrient film technique)
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัดและปลานิลแดงในระบบปิด
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด การเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิด และการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน

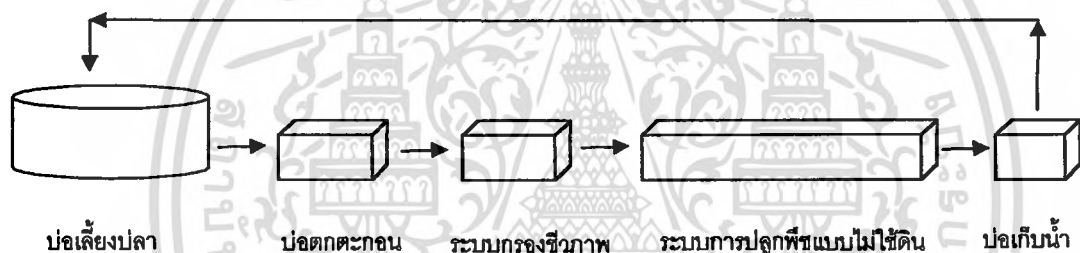


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (Aquaponic system)

ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (Aquaponic system) เกิดจากการรวมการเลี้ยงปลา (Aquaculture) ร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (Hydroponic) โดยมีปัจจัยหลักคือ ปลา แบคทีเรีย และพืช รวมในระบบเดียวกันในระบบหมุนเวียนแบบปิด โดยสารประกอบไนโตรเจน 70-75 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้จากของเสียของปลา และอาหารปลาที่เหลือ ผ่านปอดตกตะกอนเพื่อลดตะกอนแขวนลอยไปยังระบบกรองชีวภาพที่มีแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟิเคชัน ซึ่งสามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนเตรท ต่อจากนั้นน้ำจะไหลผ่านระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับพืช และน้ำจะไหลไปสู่อบเก็บน้ำเพื่อที่จะนำน้ำกลับมายังบ่อเลี้ยงปลา (นนุช, 2545) ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ประกอบด้วย บ่อเลี้ยงปลา (Fish tanks), ปอดตกตะกอน (Sedimentation), ระบบกรองชีวภาพ (Biofiltration), ระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (Hydroponic system) และบ่อเก็บน้ำ (Sump) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

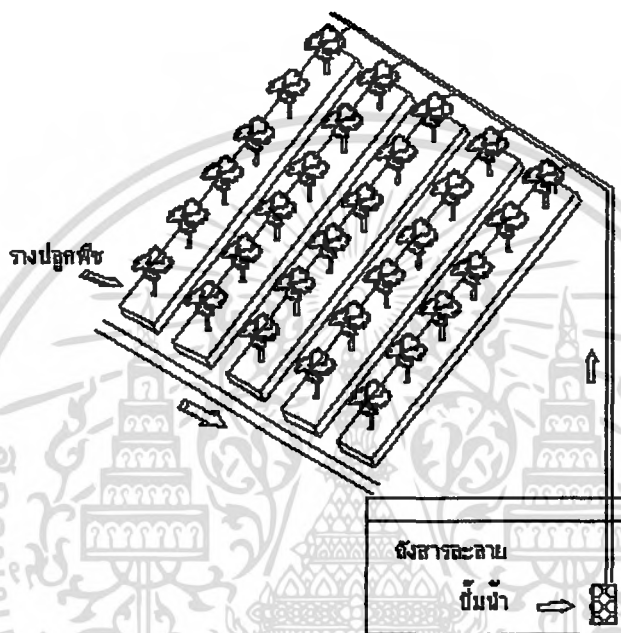
ที่มา : ดัดแปลงจาก นนุช (2545)

ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินปัจจุบันเป็นที่นิยมอย่างมาก ในระบบการเลี้ยงปลา ปลาที่นิยมเลี้ยงในระบบ คือ ปลานิล ปลานิลแดง ปลาดุก ปลาตะเพียน และปลาชวยงาม เช่น ปลาทอง ปลาคาร์พ (Dan Selock, 2003) ส่วนในระบบปลูกพืช พืชที่สามารถใช้ปลูกได้โดยไม่ใช้ดิน พืชผัก เช่น ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว กะหล่ำดอก ผักกาดหัว มะเขือเทศ แตงเทศ ผักชี คื่นช่าย ไม้ผล เช่น สตรอเบอร์รี่ แคนตาลูป แตงกวา ถั่วฝักยาว ไม้ดอก เช่น กุหลาบ คาร์เนชัน พิทูเนีย สมนไพร เช่น ว่านหางจระเข้ พืชผักสวนครัวต่างๆ พืชอาหารสัตว์ เช่น หญ้า ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ (<http://ns.yupparaj.ac.th/web2003/401-21/product1.html>)

การปลูกพืชในระบบ NFT (Nutrient film technique)

การปลูกแบบนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหล เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5 - 35 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร สูงประมาณ 5 เซนติเมตร ความกว้างวางชั้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของราง ตั้งแต่ 5 - 20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้โดยทั่วไป สารละลายจะไหลแบบต่อเนื่องอัตราไหลอยู่ในช่วง 1 - 2 ลิตรต่อนาทีต่อราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำ หนา 80 - 200 ไมครอน หรือจาก พีวีซีขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป ,ทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย (อิทธิสุนทร, 2548) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ระบบการปลูกพืชแบบ NFT (Nutrient film technique)
ที่มา : อิทธิสุนทร (2548)

การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบมีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ (Nutrient solution management in recirculating hydroponics system)

การปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์ที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่น NFT (Nutrient film technique), DFT (Deep flow technique), Aeroponics และ Float system เป็นระบบปลูกพืชที่มีการนำสารละลายที่ไหลผ่านรากพืชและนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการใช้สารละลายอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นระบบการปลูกที่มีการขยายตัวอย่างมาก เนื่องจากประหยัดสารละลายและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะจากสารละลายที่เหลือใช้ โดยเฉพาะระบบ NFT ที่เป็นรู้จักดีในบ้านเรา

เนื่องจากเป็นระบบที่สารละลายหมุนเวียนอยู่ในระบบ ดังนั้น การจัดการธาตุอาหารให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชตลอดการปลูกเป็นเรื่องที่สำคัญและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก และเป็นการจัดการที่ยากกว่าในระบบเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการธาตุอาหารพืชจะมีสิ่งที่จะต้องคอยดูแลและควบคุม ดังนี้

1. ค่าความนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายเป็นค่าบอกความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ ค่าจะอยู่ในช่วง 1-4 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ช่วงอายุการเจริญของพืช สภาพภูมิอากาศ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่เหมาะสมในพืชชนิดต่างๆ

ชนิดของพืช	EC mS/cm (25°C)
สตอเบอรี่ที่ปลูกในระบบการหมุนเวียนน้ำ	1.5
แตงกวาผลยาวที่ปลูกโดยใช้ไยหิน (re-use drainage water)	1.7
แคนตาลูปที่ปลูกโดยใช้ไยหิน	2.2
พริกยักษ์ที่ปลูกโดยใช้ไยหิน	2.1
ผักสลัดในระบบหมุนเวียนน้ำ	2.6
มะเขือเทศที่ปลูกโดยใช้ไยหิน (re-use drainage water)	1.6
คาร์เนชั่นที่ปลูกโดยใช้ไยหิน (re-use drainage water)	1.1

ที่มา : ดัดแปลงจาก อิทธิสุนทร (2548)

2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จะควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด (ตารางที่ 2)

3. ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย โดยทั่วไปธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ

3.1 ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ (macronutrient elements) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพืชมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S) (ตารางที่ 2)

3.2 ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient element) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์จะต้องระมัดระวังการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดมีระยะค่อนข้างแคบ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo), คลอรีน (Cl) (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย โดยที่อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายตัวของออกซิเจนจะลดลง (อิทธิสุนทร, 2548)

ตารางที่ 2 ระดับของธาตุอาหารของสารละลายในระบบ NFT

pH		5.5	6.0	6.5
Conductivity (mS/cm)		1800	2000-2500	3500
		Minimum	Optimum	Maximum
ไนเตรท ไนโตรเจน	NO ₃ ⁻	50	150-200	300
แอมโมเนียม ไนโตรเจน	NH ₄ ⁺	5	10-15	20
ฟอสฟอรัส	P	20	50	200
โพแทสเซียม	K	100	300-500	800
แคลเซียม	Ca	125	150-300	400
แมกนีเซียม	Mg	25	50	100
เหล็ก	Fe	1.5	6	12
แมงกานีส	Mn	0.5	1	2.5
คอปเปอร์	Cu	0.05	0.1	1
สังกะสี	Zn	0.05	0.5	2.5
โบรอน	B	0.1	0.3-0.5	1.5
โมริบดินัม	Mo	0.01	0.05	0.1
โซเดียม	Na	-	<30	<90
คลอไรด์	Cl	-	<50	<150
ซัลเฟอร์	S	-	50-200	-

ที่มา : Beam et al. (1990)

ผลผลิตของปลาและของพืชในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

1. การเจริญเติบโตของปลา

ผลผลิตปลาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ น้ำ และความหนาแน่นที่เลี้ยง ปลาจะมีการเจริญเติบโตช้าและอัตราการตายสูงถ้าเลี้ยงในความหนาแน่นที่สูง (Anon, 2002) Rakocy et al. (2004) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิล และปลานิลแดง น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 79.2 กรัม และ 58.8 กรัมตามลำดับ ที่ความหนาแน่น 77 และ 154 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ โดยมีการปลูกพืช 3 ชนิดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clemson, Annie Oakley และ North South เก็บผลผลิตปลาทุก 6 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 20 ครั้ง พบว่าได้ผลผลิตปลานิล และปลานิลแดง 61.5 และ 70.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตรตามลำดับ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิล 813.8 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.7 อัตรารอด 98.3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดง 512.5 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.8 อัตรารอด 89.9 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาที่ความหนาแน่นที่สูง มีผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลง และอัตราการรอดลดลงเช่นกัน

2. ผลผลิตของพืช

Rakocy *et al.* (1993) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกมะเขือเทศแบบไม่ใช้ดิน พบว่ามะเขือเทศสามารถดูดซับไนเตรท และฟอสเฟตซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากของเสียของปลาได้ปริมาณน้อยกว่าผักกาด

Rakocy *et al.* (2004) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิล และปลานิลแดงเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ร่วมกับการปลูกพืช 3 ชนิด คือ Clemson, Annie Oakley และ North South เป็นเวลา 28 วัน ที่ความหนาแน่น 2 ระดับ คือ 2.7 ต้นต่อตารางเมตร และ 4.0 ต้นต่อตารางเมตร พบว่าผลผลิตชนิด North South ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 3.04 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในกลุ่มที่ทดลองเลี้ยงที่ความหนาแน่นที่สูง

Quillere *et al.* (1993) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ร่วมกับการปลูกมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum*) ในระบบปิด พบว่าในช่วงที่มะเขือเทศมีอัตราการเจริญเติบโตสูง ปริมาณไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตในระบบมีเหลืออยู่น้อยมาก หลังจากนั้นปริมาณไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟตในระบบจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากพืชมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยลง

Morgan (1999) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัดพบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT จะเจริญเติบโตเร็วกว่าผักสลัดที่ปลูกในดิน 30 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

คุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยเฉพาะระบบ NFT ต้องการน้ำที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าระบบอื่น เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะเป็นตัวกำหนดว่าการปลูกพืชจะได้ผล หรือถ้าคุณภาพน้ำไม่ดีเราไม่สามารถที่จะทำการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบนี้ได้เลย (อิทธิสุนทร, 2545)

การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชในระบบปิด พืชจะช่วยดูดซับของเสียในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ ทำให้คุณภาพน้ำเหมาะสมกับปลาที่เลี้ยง สัจเทพ (2544) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพวยศรีลังกา พบว่าใบพวยศรีลังกาช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน

เตรท และฟอสฟอรัสได้ 11.62, 10.06, 10.92 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Rakocy and Allison (1981) ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับสาหร่ายเดนซ่า และเทป พบว่าพรรณไม้น้ำดังกล่าวช่วยลดแอมโมเนีย และไนโตรเจนได้ 85.8 และ 17.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบปิด ควรมีการหมุนเวียนน้ำก่อนทำการเลี้ยงปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำประมาณ 3-4 สัปดาห์ เพื่อเพิ่มจำนวนแบคทีเรียกลุ่ม Nitrification ให้มากพอที่จะทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ในระบบกรองชีวภาพ และทำให้คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมกับความต้องการของพืชที่ใช้ในการเจริญเติบโต (นงนุช, 2544) การจัดการทางด้านคุณภาพน้ำที่เหมาะสม จะทำให้ปลามีสุขภาพที่แข็งแรง เจริญเติบโตดีและพืชให้ผลผลิตที่ดี ไม่มีโรค โดยปัจจัยทางคุณภาพน้ำที่สำคัญมีดังนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปัจจัยของคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดในระบบหมุนเวียนน้ำ

ปัจจัย	ค่าที่เหมาะสม	เอกสารอ้างอิง
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร)	มากกว่า 5	Lawson (1995)
คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ(มิลลิกรัมต่อลิตร)	น้อยกว่า 30	Anon (1997)
อุณหภูมิของน้ำ(องศาเซลเซียส)	24-35	Quillere (1993)
ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	6.5-7.5	Anon (1997)
ความเป็นด่างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	20-400	Meade (1989)
ความกระด้างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	100-150	นงนุช (2544)
แอมโมเนียทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	น้อยกว่า 2.9	Quillere (1993)
อัลไฮออสไนท์แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	น้อยกว่า 0.0125	Meade (1985)
ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	น้อยกว่า 24.8	Konikoff (1975)
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	น้อยกว่า 400	Anon (1997)

* LC50 = the 48-h median lethal concentration

** TLm = the 96-h median tolerance limit

Naegel (1977) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิล (*Tilapia mossambica*) และปลาแคร์ป (*Cyprinus carpio*) ร่วมกับผักกาด และมะเขือเทศ ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบประมาณ 200 ลิตร โดยเลี้ยงที่ความหนาแน่น 5 กิโลกรัมต่อปริมาตรน้ำ 250 ลิตร โดยให้อาหาร 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน พบว่าในช่วง 7 สัปดาห์แรก ความเข้มข้นของไนเตรทสูงถึง 1200 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเกิดขบวนการไนตริฟิเคชัน และในระหว่าง 10 สัปดาห์เกิดขบวนการดีไนตริฟิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ ทำให้ปริมาณของไนเตรทลดลงเหลือเพียง 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณแอมโมเนีย และไนไตรท์ที่มีปริมาณที่พบเพียงเล็กน้อย

Seawright *et al.* (1998) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอม พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 7.5 จะทำให้เกิดขบวนการไนตริฟิเคชัน และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัส และเหล็กมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ปลาที่ใช้ในการทดลอง ปลานิลแดง (*Oreochromis sp.*)
2. พืชที่ใช้ในการทดลอง ผักสลัด จำนวน 5 ชนิด คือ บัตเตอร์เฮด (Butter Head), กรีนโอ๊ค (Green Oak), เรดโอ๊ค (Red Oak), เรดคอร์รัล (Red coral) และเบบี้คอส (Baby Cos)
3. ถังเลี้ยงปลาขนาด 1000 ลิตร จำนวน 2 ใบ
4. ถังตกตะกอนขนาด 100 ลิตร จำนวน 3 ใบ
5. ถังกรองชีวภาพขนาด 100 ลิตร จำนวน 1 ใบ
6. ระบบปลูกพืชไร้ดิน
7. ถังพักน้ำขนาด 100 ลิตร จำนวน 1 ใบ
8. ถังสารละลายขนาด 150 ลิตร จำนวน 1 ใบ
9. บิมน้ำ
10. แอร์บีม สายยางแอร์บีม สายยาง หัวทราย
11. เทอร์โมมิเตอร์
12. อาหารปลา
13. เพอไลต์ และถ้วยปลูก
14. สารละลายธาตุอาหาร
15. เครื่องมือ เครื่องแก้ว และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง (treatment) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลานิลแดงในระบบปิด

ชุดการทดลองที่ 2 การปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน

ชุดการทดลองที่ 3 การเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด

ซึ่งทำการทดลอง 3 ช่วงเวลา (block) ได้แก่

ช่วงที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงธันวาคม 2547

ช่วงที่ 2 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงกุมภาพันธ์ 2548

ช่วงที่ 3 ระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเมษายน 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ทำการจัดตั้งระบบการเลี้ยงปลานิลแดง, ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน และระบบการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินระบบ NFT (Nutrient film technique) ภายในโรงเรือนแบบเปิด

1.1 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงประกอบด้วย (ภาพที่ 3)

1.1.1 ถังเลี้ยงปลา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 เมตร ความสูงของน้ำ 0.30 เมตร ปริมาณน้ำรวม 530 ลิตร

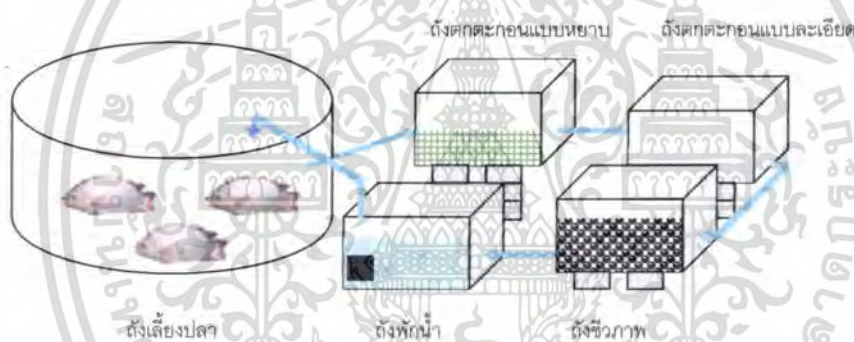
1.1.2 ถังตกตะกอนขนาด 0.475x0.66x0.3 เมตร 2 ใบ ประกอบด้วย

(1) ถังกรองที่ใส่แผ่นกรองแบบหยาบ

(2) ถังกรองที่ใส่แผ่นกรองแบบละเอียด

1.1.3 ถังชีวภาพขนาด 0.475x0.66x0.3 เมตร 1 ใบ

1.1.4 ถังพักน้ำขนาด 0.475x0.66x0.3 เมตร 1 ใบ



ภาพที่ 3 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง

1.2 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินประกอบด้วย (ภาพที่ 5)

1.2.1 ถังเลี้ยงปลา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 เมตร ความสูงของน้ำ 0.30 เมตร ปริมาณน้ำรวม 530 ลิตร

1.2.2 ถังตกตะกอนขนาด 0.475x0.66x0.3 เมตร 2 ใบ ประกอบด้วย

(1) ถังกรองที่ใส่แผ่นกรองแบบหยาบ

(2) ถังกรองที่ใส่แผ่นกรองแบบละเอียด

1.2.3 ถังชีวภาพขนาด 0.475x0.66x0.3 เมตร 1 ใบ

1.2.4 ถังพักน้ำขนาด 0.475x0.66x0.3 เมตร 1 ใบ

1.2.5 ระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เป็นระบบ NFT (Nutrient film technique)

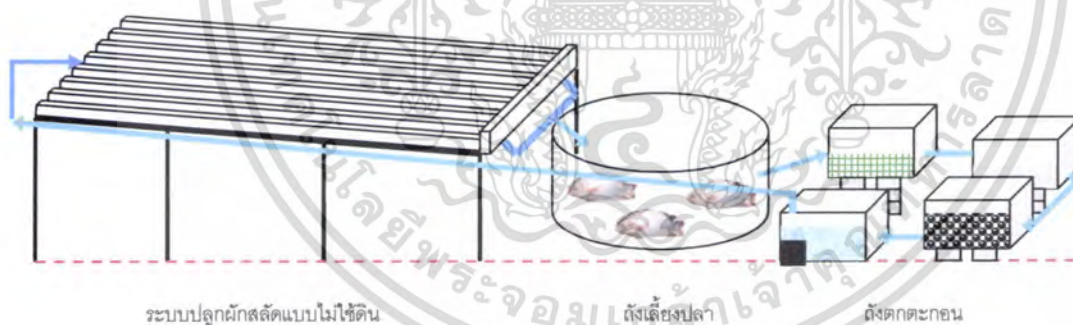
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ราง ทำจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรูป 5 เหลี่ยม ฐานกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร รางแต่ละรางยาว 12 เมตร และเจาะรูปลูกพืช รูปวงกลมรัศมี 2.5 เซนติเมตร ระยะระหว่างช่องปลูกพืช 25 เซนติเมตร ใน 1 เมตรจะมีช่องปลูกพืช 4 ช่อง ด้านฐานรางเจาะเป็นร่องเล็กๆเพื่อช่วยให้สารละลายไหลเป็นแผ่นบางๆ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 รางปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินแบบ NFT (Nutrient Film Technique)

(2) โต๊ะปลูกพืช แต่ละโต๊ะประกอบด้วยราง 8 แถวแต่ละแถวยาว 12 เมตร และห่างกัน 25 เซนติเมตร รางเอียง 1.5-2 เปอร์เซ็นต์ 1โต๊ะปลูกสามารถปลูกพืชได้ $8 \times 12 \times 4 = 384$ ต้น



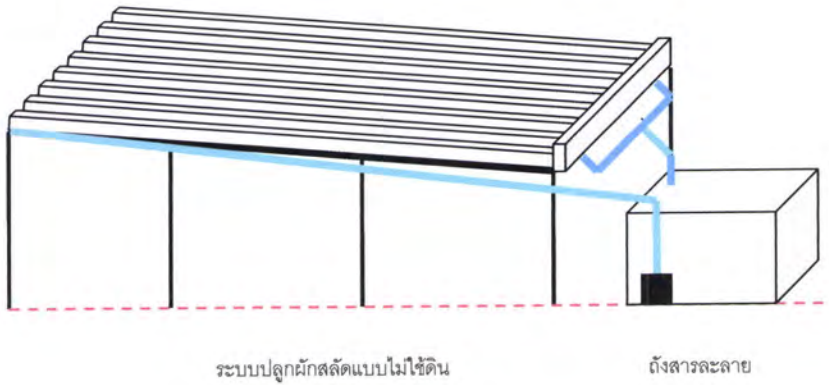
ภาพที่ 5 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน

1.3. ระบบการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินประกอบด้วย (ภาพที่ 6)

1.3.1 ระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เป็นระบบ Nutrient film technique (NFT) (รายละเอียดเช่นเดียวกับระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน)

1.3.2 ถังเตรียมสารละลายขนาด 0.8x0.5x0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ระบบการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดิน

2. จัดตั้งระบบสเปร์ยน้ำอัตโนมัติ
3. จัดเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับพืช
4. นำปลาจากฟาร์มมาทำการพักไว้เพื่อให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม และอาหารก่อนทดลอง
5. ขั้นตอนการเตรียมกล้าไม้ การเพาะเมล็ดจะเพาะบนเพอไลต์ (Perlite) ใส่เมล็ดพันธุ์ผักลงในถ้วยปลูก 1 เมล็ดต่อ 1 ช่อง ลึก 1 – 2 มิลลิเมตร รดน้ำให้ชุ่ม และวางถ้วยปลูกในน้ำโดยไม่ให้ระดับน้ำสูงเกิน 1.5 เซนติเมตร เริ่มปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) เท่ากับ 5.5 เป็นเวลา 2-3 วัน หลังจากนั้นเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารโดยเพิ่มจากที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 0.5-1.2 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร โดยค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เป็นเวลา 14 วัน จะได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ พร้อมย้ายลงแปลงปลูก



ภาพที่ 7 เมล็ดพันธุ์ผักสลัดอายุ 2-3 วันที่ปลูกบนเพอไลต์ในถ้วยปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมื่อจัดตั้งระบบเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบระบบ และระบบน้ำอัตโนมัติ
7. ทำการสูบลานิลแดงขนาด 100 กรัม ใส่ในถังขนาด 1000 ลิตร ทั้ง 2 ถัง โดยใช้น้ำ 530 ลิตร อัตราความหนาแน่น 17 ตัวต่อตารางเมตร จำนวน 30 ตัวต่อถัง



ภาพที่ 8 ลักษณะปลานิลแดง

8. ทำการสูมผักสลัดใส่ในรางปลูก โดยใช้ผัก 5 ชนิด ชนิดละ 75 ต้น ใช้จำนวนทั้งหมด 375 ต้นต่อระบบ
9. เมื่อเริ่มระบบทำการเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มต้น และทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ตลอดการทดลอง
10. ระหว่างการทดลองจะทำการใส่สารละลายธาตุอาหารในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกผักสลัด โดยวัดจากค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ให้อยู่ในช่วง 1.2-2.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรตลอดการทดลอง
11. ทำการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ทุกวัน โดยระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกผักสลัด จะปรับค่าให้อยู่ในช่วง 5.5-6.0
12. วัดปริมาณน้ำที่ใช้ และปรับปริมาณน้ำให้เท่าปริมาณเริ่มต้น
13. ให้อาหารปลา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลาต่อวัน โดยให้วันละ 2 ครั้ง (เช้า, เย็น) และทุก ๆ 2 สัปดาห์จะปรับอาหารที่ให้ตามน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น
14. ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน เริ่มระบบสเปร์ย์น้ำทุก 10 นาทีครั้งละ 1 นาที ตั้งแต่เวลา 10.00-16.00 น. เพื่อช่วยเพิ่มความชื้นในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกข้อมูล

1. การวัดการเจริญเติบโตของปลานิลแดงและผักสลัด

1.1 วัดการเจริญเติบโตของปลานิลแดงโดยทำการชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวเริ่มต้น จากนั้นสุ่มตัวอย่างปลานิลแดงถึงละ 10 ตัวมาทำการชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวทุก 2 สัปดาห์ ตลอดการทดลอง

1.2 วัดการเจริญเติบโตของผักสลัดโดยการชั่งน้ำหนักเปียกเริ่มต้น จากนั้นสุ่มผักสลัด 5 ชนิดชนิดละ 6 ต้น รวม 30 ต้นต่อระบบ นำมาชั่งน้ำหนักทุก 2 สัปดาห์ตลอดการทดลอง

2. วัดปริมาณน้ำที่ใช้ไปในแต่ละระบบตลอดการทดลอง

3. ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen), ค่าการนำไฟฟ้า (Electrolite conductivity), ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity), ความกระด้าง (hardness), แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen), ไนไตรท์ (nitrite nitrogen), ไนเตรท (nitrate nitrogen), ฟอสฟอรัส (orthophosphate) ทุกสัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการชั่งน้ำหนัก วัดความยาวปลา ชั่งน้ำหนักพืช และคุณภาพน้ำจากการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variances) และหาความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel version 2000

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง และภาควิชาปฐพีวิทยา อาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2547 ถึง เมษายน 2548

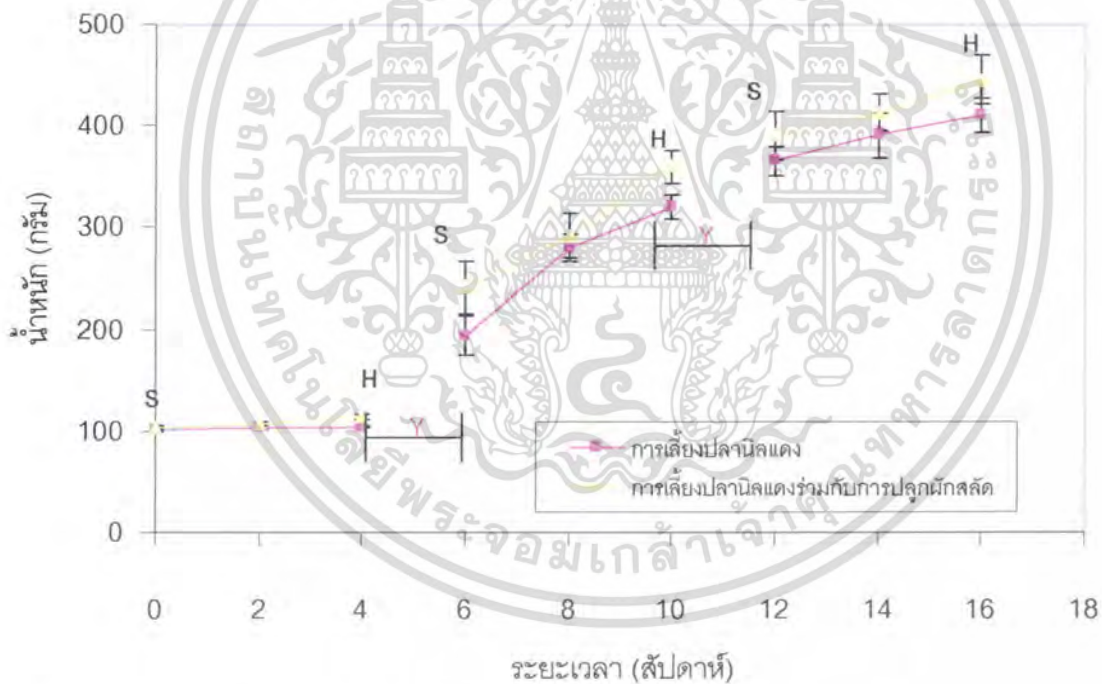
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตและผลผลิตของปลานิลแดงและผักสลัด

1.1 การเจริญเติบโตของปลานิลแดง

จากการทดลองเลี้ยงปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงแบบระบบปิด และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงทั้ง 2 ระบบ ไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 9) โดยดูจากน้ำหนักปลานิลแดงที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 309.0 ± 17.41 และ 342.0 ± 23.84 กรัมต่อตัว และอัตราการรอด 92.22 และ 97.78 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับ Rakocy *et al.* (2004) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลแดง น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 58.8 กรัม ที่ความหนาแน่น 154 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ร่วมกับการปลูกพืช 3 ชนิด คือ Clemson, Annie Oakley และ North South โดยเก็บผลผลิตปลาทุก 6 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 20 ครั้ง พบว่าได้ผลผลิตปลานิลแดง 70.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยมี น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดง 512.5 กรัม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.8 อัตรารอด 89.9 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 9 การเจริญเติบโตของปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงปลา และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลานิลแดง

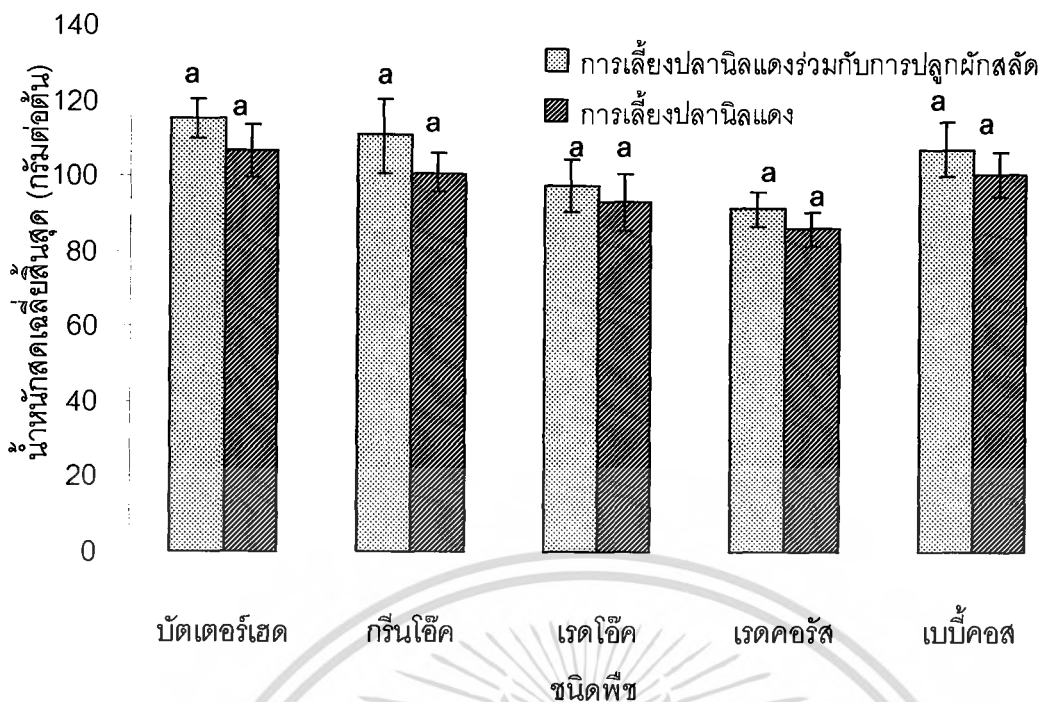
	ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับ	
	ระบบการเลี้ยงปลา	การปลูกผักสลัด
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	101.0±1.00 ^a	103.0±1.35 ^a
น้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุด (กรัมต่อตัว)	410.0±17.95 ^a	445.0 ±24.09 ^a
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น(กรัมต่อตัว)	309.0±17.41 ^a	342.0±23.84 ^a
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน(กรัมต่อตัว)	2.41	2.67
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	92.22	97.78
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)	2.16	2.23

* อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

1.2 การเจริญเติบโตของผักสลัด

จากการทดลอง พบว่า ระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด มีการเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิดไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักสลัดในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ของผัก 5 ชนิดคือ บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดคอรด์ และเบบี้คอส มีค่าเท่ากับ 106.56 ± 6.76, 100.75 ± 5.14, 93.07 ± 7.51, 86.16 ± 4.57, 100.80 ± 5.87 และ 115.20 ± 5.36, 110.58 ± 9.94, 97.38 ± 6.90, 91.33 ± 4.43, 107.18 ± 7.23 กรัมต่อต้น ตามลำดับ มีผลผลิตรวม 36.6 และ 39.2 กิโลกรัมต่อรุ่น และมีอัตราการรอด 97.87 และ 96.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5) (ภาพที่ 10) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Quillere *et al.* (1995) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลขนาดโตเต็มวัย จำนวน 65 ตัวร่วมกับการปลูกผักสลัด 176 ต้น เป็นเวลา 63 วัน พบว่าเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตรวมผักสลัดมีน้ำหนัก 21 กิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ย 119.3 กรัมต่อต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 การเจริญเติบโตของผักสลัดในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด ในระบบการเลี้ยงปลา และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด

ชนิดพืช	ชานิดพืช	น้ำหนักสดเริ่ม	น้ำหนักสดสิ้น	น้ำหนักสดที่
		ต้นเฉลี่ย	สุดเฉลี่ย	เพิ่มขึ้น
		(กรัมต่อต้น)	(กรัมต่อต้น)	(กรัมต่อต้น)
การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮด	18.29±0.39 ^a	106.56±6.76 ^a	88.27±6.56 ^a
	กรีนโถ้ว	24.54±0.17 ^a	100.75±5.14 ^a	76.17±5.05 ^a
	เรดโถ้ว	21.60±0.67 ^a	93.07±7.51 ^a	71.47±6.89 ^a
	เรดคอรรัล	19.38±0.37 ^a	86.16±4.57 ^a	66.78±4.30 ^a
	เบบ็คอส	22.87±0.36 ^a	100.80±5.87 ^a	77.93±5.59 ^a
การเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮด	17.81±0.38 ^a	115.20±5.36 ^a	97.38±5.14 ^a
	กรีนโถ้ว	24.26±0.19 ^a	110.58±9.94 ^a	86.32±9.82 ^a
	เรดโถ้ว	21.38±0.69 ^a	97.38±6.90 ^a	76.00±6.50 ^a
	เรดคอรรัล	19.47±0.37 ^a	91.33±4.43 ^a	71.86±4.19 ^a
	เบบ็คอส	22.90±0.36 ^a	107.18±7.23 ^a	84.28±6.94 ^a

* อักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คุณภาพน้ำของระบบการเลี้ยง

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทั้ง 3 ระบบในระยะเวลาทดลอง 128 วัน พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (electrical conductivity), ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen), ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity), ความกระด้าง (hardness), แอมโมเนีย (total ammonia nitrogen), ไนไตรท์ (nitrite nitrogen), ไนเตรท (nitrate nitrogen), ฟอสฟอรัส (orthophosphate) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้ง 3 ระบบ ส่วนอุณหภูมิของน้ำ (temperature) และ อัลไฮออนไนซ์แอมโมเนีย (Un-ionize ammonia) ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ระบบ ($P < 0.05$)

โดยอุณหภูมิของน้ำทุกระบบอยู่ในช่วง 23.0-31.2 องศาเซลเซียส ระบบการปลูกผักสลัด 28.3 ± 0.62 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง 27.4 ± 0.49 และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด 28.3 ± 0.49 ซึ่งในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ภาพที่ 11) สอดคล้องกับ Rakocy (1998) กล่าวว่าอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมในการเพาะปลูกคือ 24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลานิลคือ 30 องศาเซลเซียส

ปริมาณอัลไฮออนไนซ์แอมโมเนียของทุกระบบมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 0.0-0.08 มิลลิกรัมต่อลิตรระบบการปลูกผักสลัด 0.0002 ± 0.0001 ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง 0.0131 ± 0.0067 และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด 0.0089 ± 0.0057 ซึ่งในแต่ละระบบไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ภาพที่ 12) สอดคล้องกับ Anon (1997) กล่าวว่าระดับอัลไฮออนไนซ์แอมโมเนียที่ 0.2 ถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลาเครียด เป็นสาเหตุให้ปลากินอาหารลดลง และระดับอัลไฮออนไนซ์แอมโมเนียที่สูงมากกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้ปลาตายได้

ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบการปลูกผักสลัด ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงในสัปดาห์ที่ 2-3 ในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเฉลี่ย 0.6 ± 0.06 ซึ่งต่ำกว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเฉลี่ย 1.6 ± 0.05 และ 1.3 ± 0.11 (ภาพที่ 13) ดิเรก (2548) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเท่ากับ 0.5-2.0 เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัด

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของทุกระบบมีแนวโน้มลดลงในช่วงท้ายของการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบออกซิเจนที่ละลายในน้ำในทุกระบบพบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง 4.5 ± 0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าต่ำกว่าในระบบการปลูกผักสลัดและระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการปลูกผักสลัด (5.5 ± 0.16) และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (4.9 ± 0.13) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 14) สอดคล้องกับวารางคณา (2545) ที่ได้ทำการปลูกใบพวยศรีลังกา และอเมซอนแบบไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด มีปริมาณออกซิเจนในระบบการเลี้ยงปลา และการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำ เท่ากับ 6.08 ± 0.23 และ 7.02 ± 0.22 ตามลำดับ

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตลอดการทดลอง อยู่ในช่วง 5.69-8.22 ต่างกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบการปลูกผักสลัดซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 3 ในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย 7.3 ± 0.18 ซึ่งสูงกว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบการปลูกผักสลัดและระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระบบการปลูกผักสลัด (6.5 ± 0.16) และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (6.5 ± 0.16) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 15) สอดคล้องกับ อิทธิสุนทร (2548) ที่กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายโดยทั่วไปจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0 ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้

ความเป็นด่างของน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงและระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดมีค่าเพิ่มสูงมากในสัปดาห์ที่ 1 และลดลงเรื่อยๆ จนคงที่ ความเป็นด่างของน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (83.8 ± 16.18) มีค่าสูงกว่าในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (36.6 ± 7.84) และระบบการปลูกผักสลัด (34.5 ± 4.47) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจนถึงสิ้นสุดการทดลอง แต่การปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 16) สอดคล้องกับ Anon (1997) กล่าวว่าค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) เป็นค่าที่วัดเป็นค่าของไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนต แบบที่เรียกว่ากำจัดแอมโมเนียด้วยไบคาร์บอเนตจนหมด เป็นสาเหตุให้ค่าความเป็นด่างในน้ำลดลงในเวลาต่อมา ค่าที่วัดได้ควรมีค่ามากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่ควรเกิน 200 มิลลิกรัมขึ้นไป

ความกระด้างของน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง, ระบบการปลูกผักสลัดและระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดมีแนวโน้มเพิ่มสูงเรื่อยๆ และลดลงในสัปดาห์ที่ 1 ของช่วงที่ 3 ของการทดลอง ค่าความกระด้างของน้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (304.8 ± 40.94) มีค่าต่ำกว่าในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (473.7 ± 62.89) และระบบการปลูกผักสลัด (610.3 ± 80.64) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่การปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 17)

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในระบบการเลี้ยงปลา, การปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 1 และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนถึงสิ้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง โดยในระบบการปลูกผักสลัด (0.1 ± 0.04) มีค่าต่ำกว่าในระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (0.4 ± 0.09) และ ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับผักสลัด (0.6 ± 0.14) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 18) สอดคล้องกับ Redner and Stickney (1979) กล่าวว่าปริมาณแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อปลานิลที่ทำให้ปลาตาย 50 เปอร์เซ็นต์ใน 48 ชั่วโมง เท่ากับ 2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและลดลงในสัปดาห์ที่ 3 ต่างกับระบบการปลูกผักสลัดปริมาณไนโตรเจนในน้ำมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 1 จนสิ้นสุดการทดลอง ค่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (2.5 ± 0.73) มีค่าสูงกว่าระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (0.64 ± 0.24) และระบบการปลูกผักสลัด (0.2 ± 0.07) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 19) สอดคล้องกับ Konikoff (1975) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนมากที่สุดที่ปลาดุกสามารถทนทานได้ใน 96 ชั่วโมง เท่ากับ 24.8 มิลลิกรัมต่อลิตร Anon (1997) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจน (NO_2) โดยทั่วไปควรมีระดับต่ำกว่า 0 ถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ 2 ถึง 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลาเครียด และถ้ามีปริมาณสูงกว่า 10 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสาเหตุให้ปลาเป็นโรคเลือดสีน้ำตาล จนอาจถึงตายได้

ปริมาณไนเตรทในน้ำของทุกระบบมีปริมาณลดลงในสัปดาห์ที่ 1 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ค่าไนเตรทในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (64.0 ± 14.80) มีค่าต่ำกว่าในระบบการปลูกผักสลัด (157.8 ± 15.14) และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (163.7 ± 22.90) ตามลำดับ (ภาพที่ 20) สอดคล้องกับสังเกตุ (2544) ที่ศึกษาทดลองเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพวยศรีลังกา มีปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 1.86-72.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนในระบบการเลี้ยงปลา มีปริมาณน้อยกว่า และมีความแตกต่างกับระบบทั้ง 3 ระบบ นอกจากนี้ Knepp and Arkin (1973) ได้ศึกษาในปลา Largemouth bass (*Micropterus salmoides*) และปลา Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) พบว่าปริมาณไนเตรท 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ปลาตายหรืออัตราการเจริญเติบโตลดลง

ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง, ระบบการปลูกผักสลัดและระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ของทั้ง 3 ช่วงการทดลอง มีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำของระบบการเลี้ยงปลานิลแดง (17.9 ± 5.41) มีค่าต่ำกว่าในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (61.9 ± 11.64) และระบบการปลูกผักสลัด ($85.0 \pm$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14.65) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่ระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 21) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในทุกระบบมีการสะสมน้อยมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะตกตะกอนลงมา (Rakocy *et al.*, 1993) อีกทั้งทุกๆ สัปดาห์ภายในระบบมีการดูดตะกอน ทำให้สูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในตะกอนไปด้วย

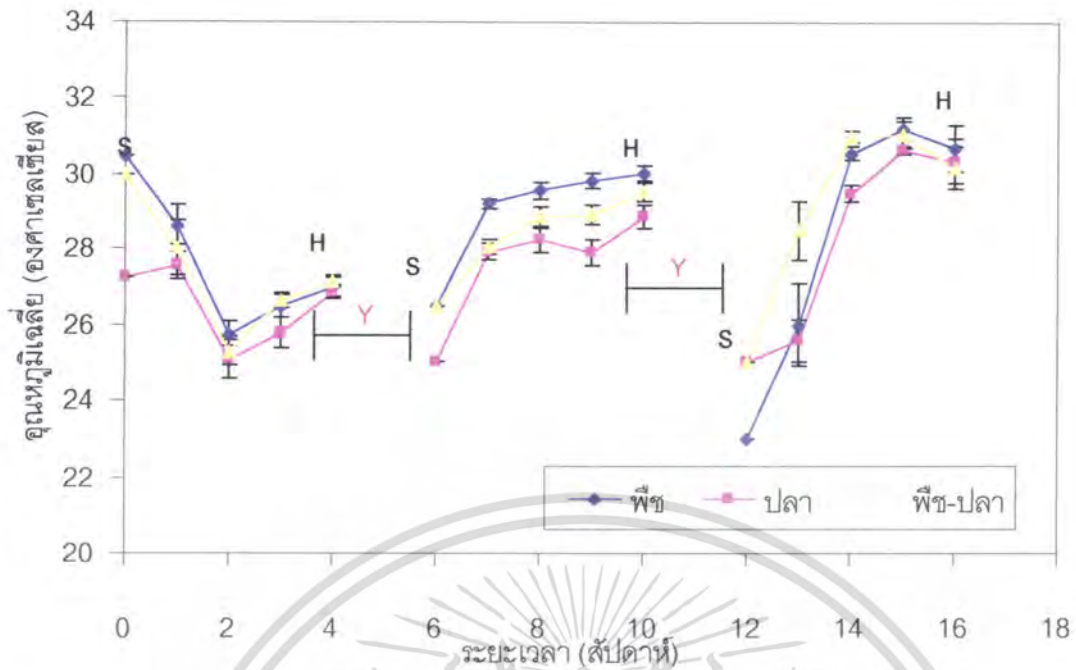
3. ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการปลูกผักสลัด, ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด (ตารางที่ 6) ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดมีการถ่ายน้ำ 10 เปอร์เซ็นต์ 2 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง

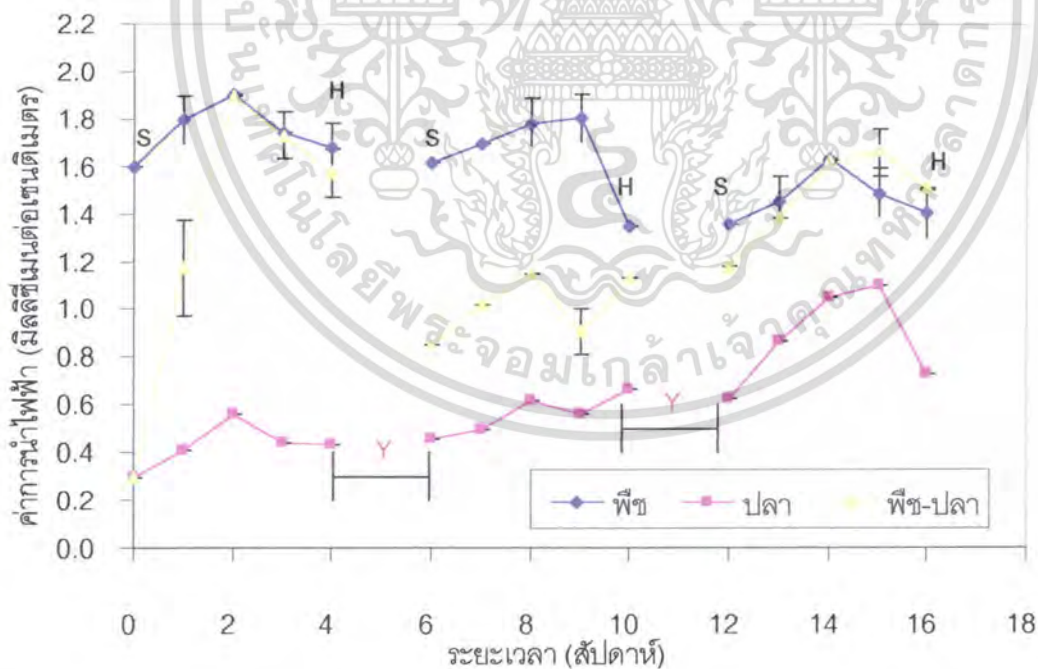
ปริมาณน้ำที่ใช้เติมในระบบการปลูกผักสลัด, ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง และระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเท่ากับ 3.71 ± 0.93 , 2.56 ± 0.64 และ 3.15 ± 0.79 ลูกบาศก์เมตรตามลำดับ

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน

ปริมาณน้ำที่ใช้	ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด		
	ระบบการปลูกผักสลัด	ระบบการเลี้ยงปลานิลแดง	ระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด
น้ำที่ใช้เริ่มต้นในการเลี้ยง (ลบ.ม.)	0.15 ± 0.00	0.72 ± 0.01	0.78 ± 0.02
น้ำที่ใช้เติมในระบบ (ลบ.ม.)	0.52 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.27 ± 0.02
น้ำที่ใช้ทั้งหมดต่อรุ่น (ลบ.ม.)	3.71 ± 0.93	2.56 ± 0.64	3.15 ± 0.79

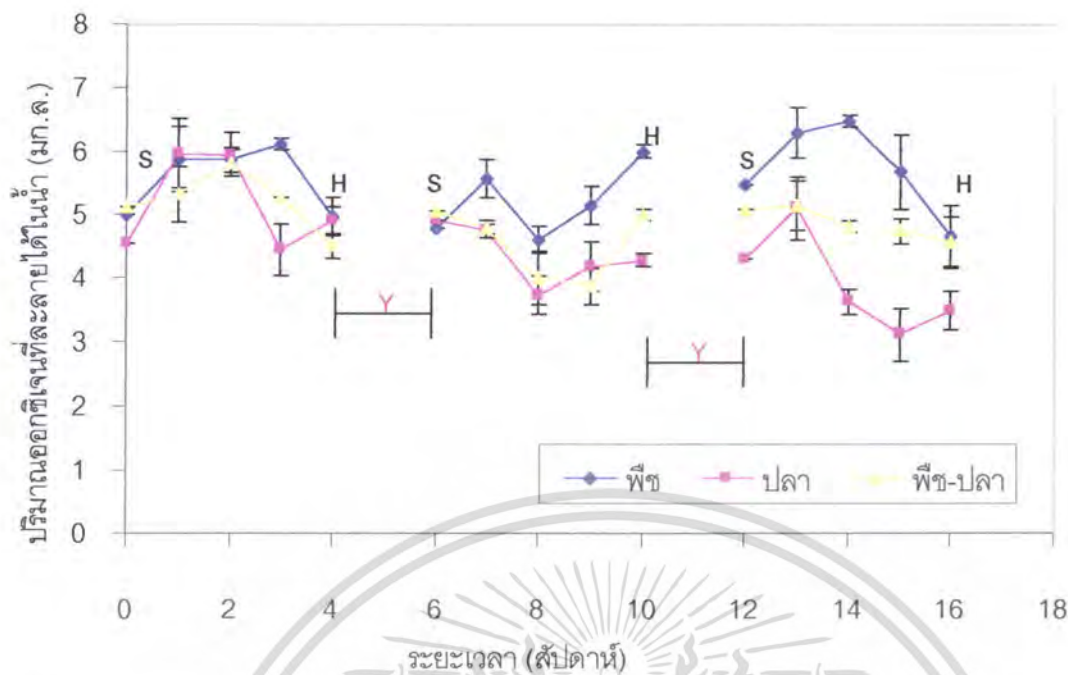


ภาพที่ 11 จำนวนปลาเฉลี่ยในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกฟิช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y=ช่วงเพาะกล้าไม้)

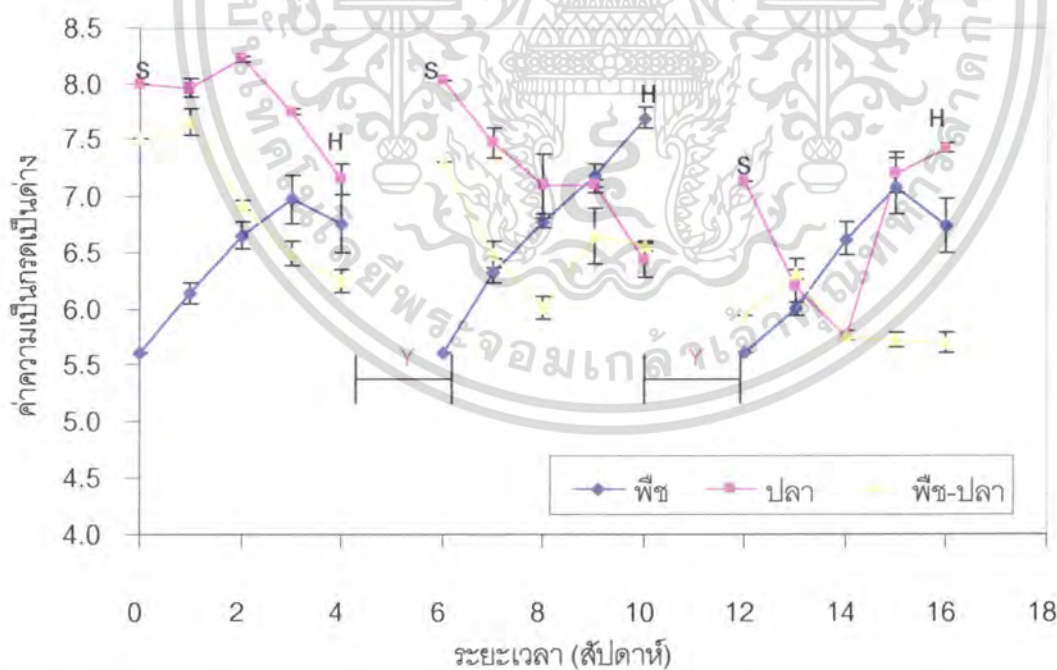


ภาพที่ 12 การนำไฟฟ้าในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกฟิช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y=ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

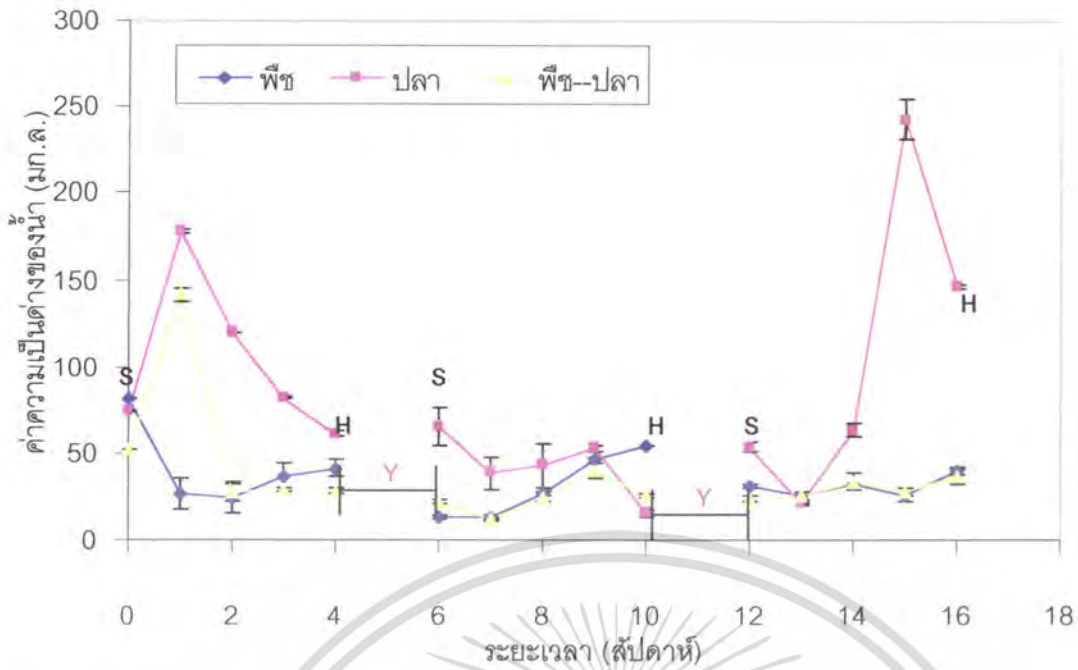


ภาพที่ 13 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกฟิช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

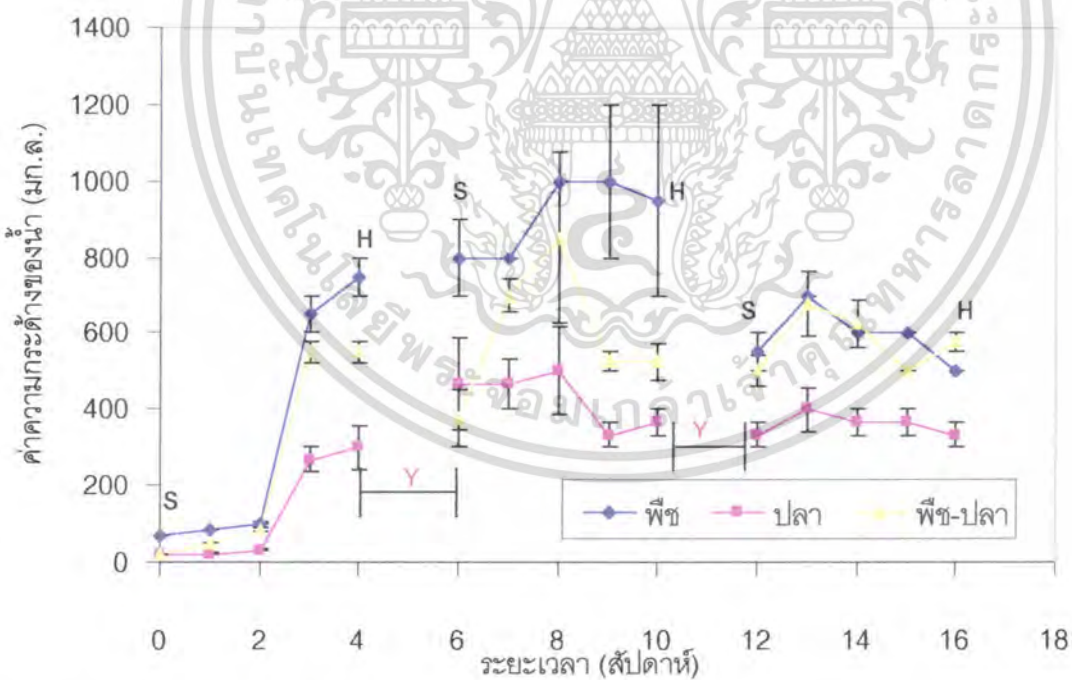


ภาพที่ 14 ความเป็นกรดเป็นด่างในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกฟิช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

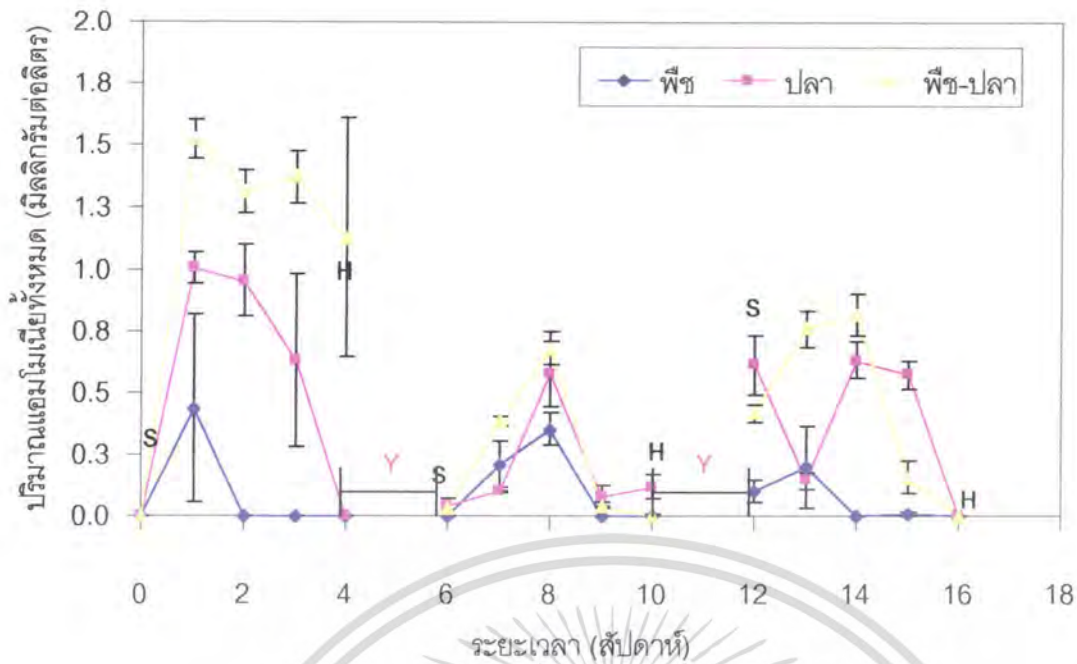


ภาพที่ 15 ความเป็นต่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y=ช่วงเพาะกล้าไม้)

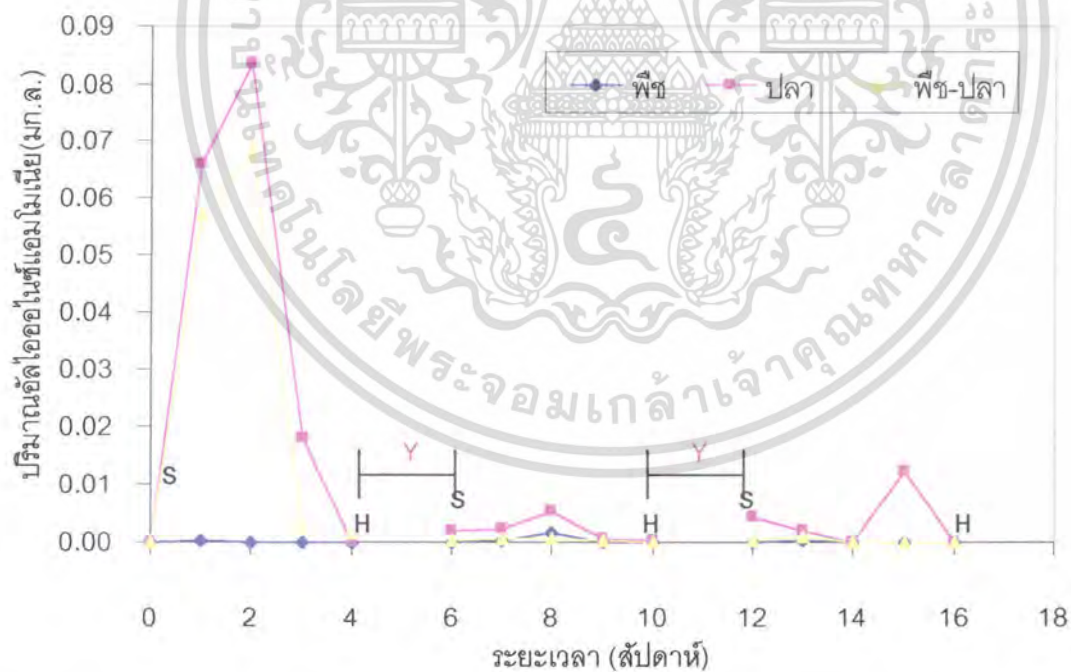


ภาพที่ 16 ความกระต่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y=ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

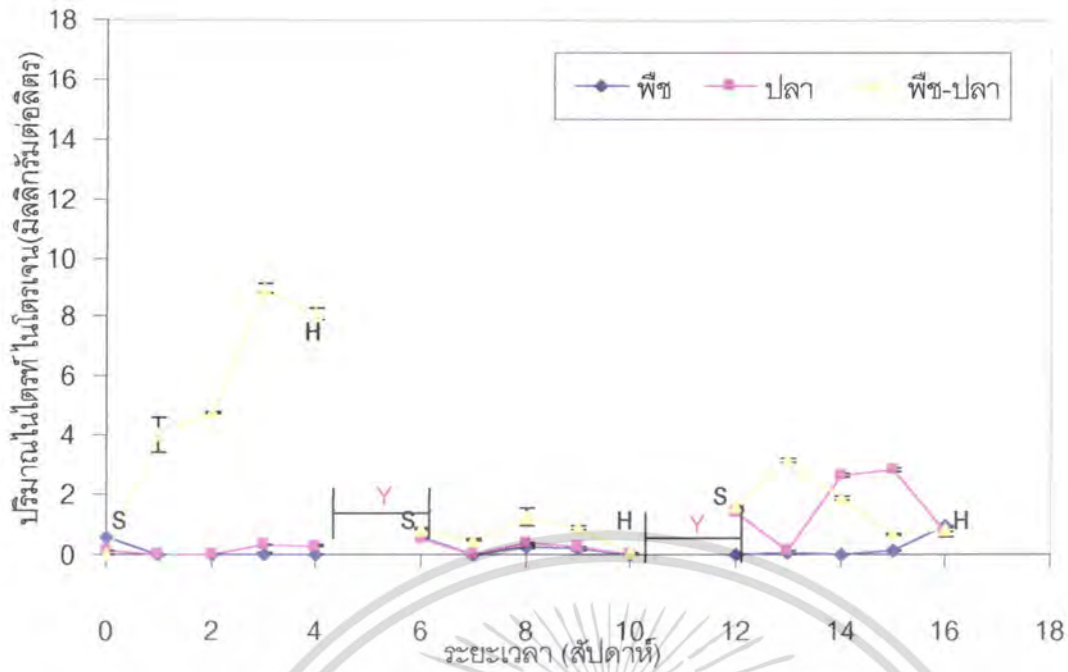


ภาพที่ 17 ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

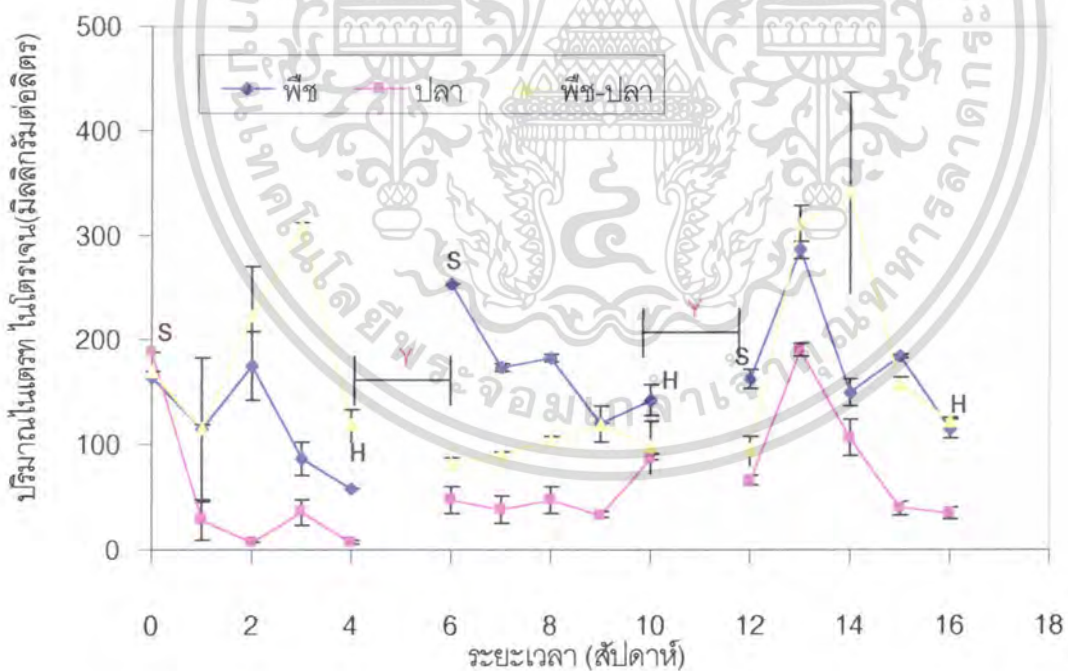


ภาพที่ 18 ปริมาณอัลไดออกไซด์แอมโมเนียในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

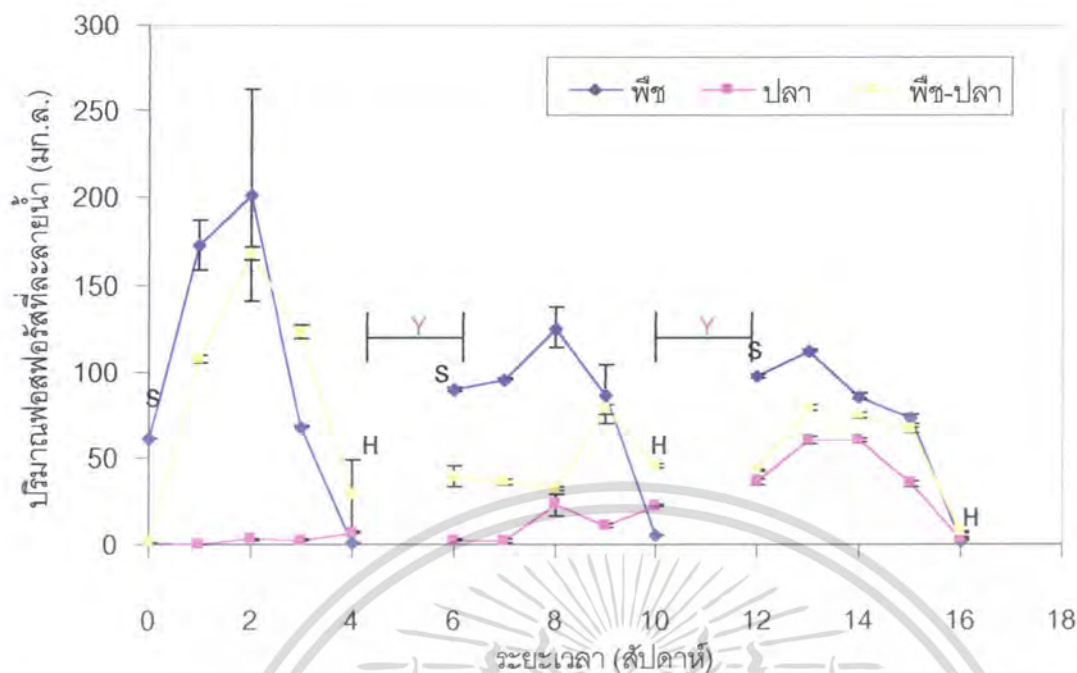


ภาพที่ 19 ปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)



ภาพที่ 20 ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกพืช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 21 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในระบบการปลูกผักสลัด การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกฟิช ตลอดการทดลอง 128 วัน (S=เริ่มระบบ, H=เก็บผลผลิต และ Y= ช่วงเพาะกล้าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการทดลองพบว่าคุณภาพน้ำทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นต่างของน้ำ ความกระด้าง แอมโมเนีย ไนโตรท์ ไนเตรท และ ฟอสฟอรัส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนอุณหภูมิของน้ำ และอัลไฮอินซ์ แอมโมเนียไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ระบบ ($P > 0.05$) เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำของระบบการเลี้ยงปลาที่บึงร่วมกับ การปลูกผักสลัด พบว่าค่าของคุณภาพน้ำอยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตทั้งกับปลาที่บึง และผักสลัด

การเจริญเติบโตและผลผลิตของปลาที่บึง และผักสลัด จากการทดลองเปรียบเทียบในระบบ การปลูกผักสลัด, ระบบการเลี้ยงปลาที่บึง และระบบการเลี้ยงปลาที่บึงร่วมกับ การปลูกผักสลัด ไม่พบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของปลาที่บึง และผักสลัด ($P > 0.05$) การรวมระบบการปลูก ผักสลัดร่วมกับ การเลี้ยงปลาที่บึง จะสามารถประหยัดปริมาณน้ำได้ 410 ลิตรต่อรุ่น

ข้อเสนอแนะ

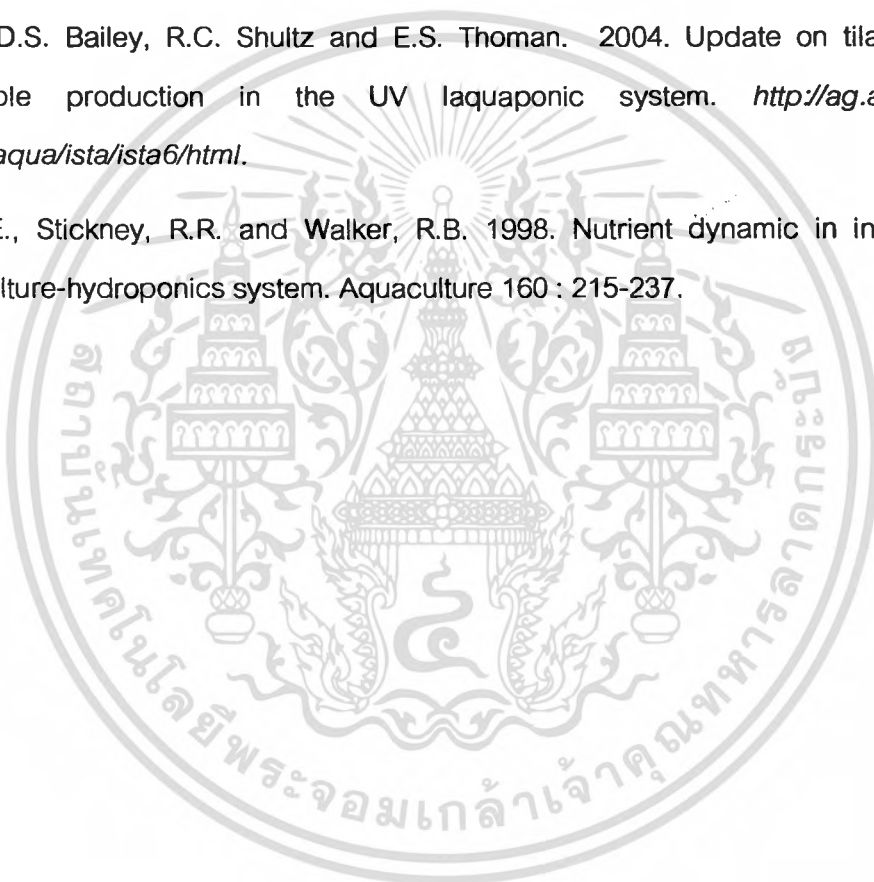
เพื่อประสิทธิภาพที่ดีในการกำจัดการประกอบไนโตรเจนในระบบ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรท์ ไนเตรท ควรมีการจัดการระบบบึงให้มีลักษณะที่สามารถกำจัดตะกอน ได้ในปริมาณมาก มีแบคทีเรียในกลุ่มไนตริไฟอิงในปริมาณที่เหมาะสม มีการไหลเวียนของน้ำ สม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- วรางคณา กาซั่ม. 2545. การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพของระบบการปลูกใบพวยศรีลังการและ อเมซอนแบบไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- สัจเทพ สุขแก้ว. 2544. การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพวยศรีลังการแบบไร้ดินในระบบปิด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ. 2545. การเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับการปลูกพรรณไม้ น้ำแบบไร้ดิน. เอกสารประกอบการฝึกอบรมร่วมกับวารสารเคหะการเกษตร. 72 หน้า
- อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดิเรก ทองอร่าม, เปรมปรี ฦ สงขลา, พรหมมาศ คูหากาญจน์, อุษณีย์ จัตรตระกูล, มณีรัตน์ หวังวิบุรณกิจ และเรไร นันทนาวัฒน์. 2548. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 6. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 120 หน้า
- Anon. 1997. The freshwater institute natural gas powered aquaponic system – design manual. September 1997. 36 p.
- Kneep, G.L. and G.F.Arkin. 1973. Ammonia toxicity levels and nitrate tolerance of channel catfish. *The Progressive Fish-Culturist* 35: 221-224.
- Meade, J.M. 1985. Allowable ammonia for fish culture . *The Progressive Fish-Culturist* 47: 135-145.
- Meade, J.W. 1989. *Aquaculture Management*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Naegel, L.C.A. 1977. Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture*. 10 : 17-24.
- Quillere, I., D. Marie, L. Roux, F. Gosse and J.F. Morot-Gaudry. 1993. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 1. Design and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 47: 13-30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Quillere, I., L. Roux, D. Marie , Y. Roux, F. Gosse and J.F. Morot-Gaudry. 1995. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 2. Performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 53: 19-30.
- Rakocy, J.E. and Allison, R. 1981. Evaluation of a close recirculating system for tilapia culture and aquatic macrophytes. *American fishers society* 1 : 296-307.
- Rakocy, J.E. and Hargreaves, J.A., 1993. Integration of vegetable hydroponic with fish culture:A Review. In : wang, J.K. (ED). *Techniques for modern Aquaculture, Proceedings of a Conference, 21-23 June 1993, Spoken, WA*, pp. 112-136.
- Rakocy, J.E., D.S. Bailey, R.C. Shultz and E.S. Thoman. 2004. Update on tilapia and vegetable production in the UV laquaponic system. <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/html>.
- Seawright, D.E., Stickney, R.R. and Walker, R.B. 1998. Nutrient dynamic in integrated aquaculture-hydroponics system. *Aquaculture* 160 : 215-237.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักสดของผักสลัดทั้ง 5 ชนิดในระบบการปลูกพืช และระบบการเลี้ยงปลาชนิด
แดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ใน 3 ช่วงเวลาการทดลอง

ชนิดพืช	น้ำหนักสด เริ่มต้นเฉลี่ย (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักสด สิ้นสุดเฉลี่ย (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักสด ที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อต้น)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัม)	อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)
เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2547					
การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮธ	17.81±0.70	99.35±10.56	81.54±9.94	7.95
	กรีนโอ๊ค	24.26±0.35	98.49±6.18	74.23±5.86	7.49
	เรดโอ๊ค	21.38±1.02	86.23±10.78	64.86±9.83	6.55
	เรดคอรอล	19.47±0.68	71.57±7.79	52.10±7.12	6.08
	คอส	22.90±0.67	113.32±8.39	90.42±7.84	6.91
				34.98	99.73
การเลี้ยงปลาร่วมกับ การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮธ	17.81±0.70	95.67±5.84	77.86±5.26	7.65
	กรีนโอ๊ค	24.26±0.35	86.10±8.12	61.85±7.78	6.54
	เรดโอ๊ค	21.38±1.02	81.49±4.84	60.11±4.02	6.19
	เรดคอรอล	19.47±0.68	76.63±6.59	57.16±5.92	6.51
	คอส	22.90±0.67	124.1±4.96	101.10±14.35	7.57
				34.47	99.2
เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2548					
การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮธ	17.81±0.70	108.26±9.02	90.45±8.42	8.12
	กรีนโอ๊ค	24.26±0.35	102.87±8.32	78.61±8.01	7.72
	เรดโอ๊ค	21.38±1.02	99.92±10.64	78.54±9.70	7.49
	เรดคอรอล	19.47±0.68	95.65±5.86	76.17±5.24	7.17
	คอส	22.9±0.67	88.52±7.47	65.62±6.91	6.73
				37.23	99.47
การเลี้ยงปลาร่วมกับ การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮธ	17.81±0.70	133.18±9.46	115.37±8.85	9.99
	กรีนโอ๊ค	24.26±0.35	148.01±17.98	123.75±17.67	11.10
	เรดโอ๊ค	21.38±1.02	113.27±9.23	91.89±8.30	8.50
	เรดคอรอล	19.47±0.68	108.12±4.15	88.65±3.52	8.11
	คอส	22.9±0.67	100.54±9.50	77.64±8.90	7.64
				45.33	98.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อตารางผนวกที่ 1 น้ำหนักสดของผักสลัดทั้ง 5 ชนิดในระบบการปลูกพืช และระบบการเลี้ยง ปลา
 นิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด ใน 3 ช่วงเวลาการทดลอง

ชนิดพืช	น้ำหนักสด เริ่มต้นเฉลี่ย (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักสด สิ้นสุดเฉลี่ย (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักสด ที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อต้น)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัม)	อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)
เดือนมีนาคม-เมษายน 2548					
การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮธ	17.81±0.70	112.07±15.99	94.26±15.36	7.96
	กรีนโอ๊ค	24.26±0.35	100.88±12.65	76.62±12.31	7.16
	เรดโอ๊ค	21.38±1.02	61.22±7.58	39.84±8.14	4.35
	เรดคอรัล	19.47±0.68	91.26±7.25	71.79±6.58	6.48
	คอส	22.9±0.67	100.55±12.81	77.65±12.16	9.25
				35.20	98.94
การเลี้ยงปลาร่วมกับ					
การปลูกผักสลัด	บัตเตอร์เฮธ	17.81±0.70	116.74±5.29	98.93±4.66	8.29
	กรีนโอ๊ค	24.26±0.35	97.63±13.63	73.37±13.30	6.93
	เรดโอ๊ค	26.84±2.95	66.25±11.45	39.42±8.81	4.70
	เรดคอรัล	19.47±0.68	89.23±6.22	69.76±5.57	6.34
	คอส	22.90±0.67	97.00±11.52	74.10±10.93	8.92
				35.18	98.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 การวัดความยาว และตั้งน้ำหนักรูปปลาในกระบอกการเลี้ยงปลาในบ่อ

จำนวน	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	เริ่มต้น 0 วัน		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์		เริ่มต้น 0 วัน		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์		เริ่มต้น 0 วัน		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์	
	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.
1	15.20	100.00	18.00	100.00	19.50	100.00	22.00	200.00	25.00	300.00	26.00	350.00	24.00	300.00	28.00	400.00	28.00	400.00
2	15.30	100.00	19.00	100.00	20.50	110.00	25.00	200.00	25.00	300.00	21.50	300.00	25.00	350.00	24.00	350.00	26.00	400.00
3	15.00	100.00	18.00	90.00	20.00	105.00	22.00	250.00	24.00	300.00	24.50	300.00	24.00	350.00	26.00	400.00	28.00	400.00
4	15.30	100.00	20.00	110.00	20.00	105.00	21.50	200.00	23.00	300.00	24.00	300.00	23.00	300.00	25.00	400.00	25.50	400.00
5	16.50	100.00	18.50	100.00	18.50	100.00	19.00	150.00	24.00	300.00	27.00	400.00	26.00	400.00	29.00	550.00	28.00	500.00
6	15.00	100.00	20.00	110.00	18.50	100.00	19.00	100.00	25.00	300.00	24.50	300.00	27.00	450.00	27.00	400.00	25.00	400.00
7	15.70	100.00	20.00	100.00	18.00	100.00	23.00	250.00	21.00	200.00	25.00	350.00	25.00	350.00	26.00	400.00	30.00	500.00
8	16.50	110.00	20.50	110.00	20.50	110.00	21.50	200.00	22.00	200.00	24.50	300.00	26.00	400.00	23.00	300.00	22.00	300.00
9	15.80	100.00	20.50	110.00	19.00	105.00	22.00	280.00	24.50	300.00	24.00	300.00	24.00	350.00	22.00	300.00	28.00	400.00
10	15.00	100.00	20.00	105.00	19.50	105.00	20.00	100.00	23.00	300.00	24.00	300.00	26.00	400.00	27.00	400.00	26.00	400.00
ค่าเฉลี่ย	15.53	101.00	19.45	103.50	19.40	104.00	21.50	193.00	23.65	280.00	24.50	320.00	25.00	365.00	25.70	390.00	26.65	410.00
SE	0.18	1.00	0.31	2.11	0.28	1.25	0.58	19.27	0.43	13.33	0.45	11.06	0.39	15.00	0.70	22.11	0.71	17.95

ตารางผนวกที่ 3 การวัดความยาว และชั่งน้ำหนักปลานิลแดงในระบบการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด

จำนวน	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	เริ่มต้น 0 วัน		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์		เริ่มต้น 0 วัน		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์		เริ่มต้น 0 วัน		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์	
	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.	ยาว	นน.
1	15.00	100.00	19.50	110.00	21.00	120.00	25.00	310.00	25.50	400.00	24.00	300.00	24.00	400.00	26.00	400.00	23.00	350.00
2	15.00	100.00	19.00	100.00	21.00	120.00	19.50	150.00	25.50	400.00	25.30	400.00	24.00	400.00	26.00	400.00	25.00	400.00
3	15.00	100.00	20.50	110.00	21.50	125.00	24.00	300.00	22.00	200.00	25.30	400.00	22.00	300.00	28.00	400.00	30.00	600.00
4	16.00	110.00	19.50	110.00	20.50	120.00	24.00	300.00	24.00	300.00	24.00	300.00	28.00	500.00	27.00	425.00	27.00	450.00
5	16.00	110.00	20.00	110.00	18.00	100.00	19.50	110.00	25.00	300.00	25.00	400.00	24.00	300.00	25.00	300.00	26.00	350.00
6	15.00	110.00	19.00	100.00	17.00	100.00	20.50	125.00	23.50	250.00	23.00	300.00	25.00	300.00	27.00	400.00	29.00	500.00
7	15.00	100.00	20.00	110.00	20.50	115.00	21.50	280.00	23.00	300.00	25.00	400.00	26.00	400.00	28.50	500.00	28.00	400.00
8	16.00	100.00	19.00	100.00	19.00	100.00	21.00	280.00	22.00	250.00	25.00	400.00	26.00	400.00	28.00	500.00	29.00	500.00
9	15.00	100.00	21.00	115.00	22.00	120.00	24.00	300.00	21.50	200.00	24.00	300.00	26.00	400.00	27.00	400.00	27.00	450.00
10	15.70	100.00	21.50	115.00	21.00	120.00	21.00	250.00	24.50	320.00	26.50	400.00	28.50	500.00	27.00	400.00	28.00	450.00
ค่าเฉลี่ย	15.37	103.00	19.90	108.00	20.15	114.00	22.00	240.50	23.65	292.00	24.71	360.00	25.35	390.00	26.95	412.50	27.20	445.00
SE	0.15	1.53	0.28	1.86	0.51	3.14	0.65	25.22	0.47	22.30	0.31	16.33	0.62	23.33	0.34	17.97	0.66	24.09

ตารางผนวกที่ 4 คุณหมุมิของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3						
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	30.50	28.64	25.75	26.50	27.00	26.50	29.21	29.57	29.86	30.04	23.00	26.00	30.57	31.21	30.71
SE	0.00	0.53	0.33	0.31	0.24	0.00	0.14	0.23	0.21	0.21	0.00	1.10	0.17	0.29	0.60
ปลา	27.25	27.55	25.07	25.79	26.86	25.00	27.93	28.29	27.93	28.89	25.00	25.57	29.50	30.64	30.36
SE	0.00	0.35	0.52	0.41	0.18	0.00	0.23	0.36	0.36	0.30	0.00	0.57	0.22	0.09	0.57
พืช-ปลา	30.00	28.04	25.29	26.64	27.14	26.50	28.07	28.86	28.93	29.54	25.00	28.50	31.00	31.07	30.21
SE	0.00	0.73	0.38	0.20	0.14	0.00	0.20	0.26	0.25	0.26	0.00	0.79	0.15	0.35	0.55

ตารางผนวกที่ 5 ซัลโฟออกไนซ์แอมโมเนียในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3						
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ปลา	0.000	0.066	0.084	0.018	0.000	0.002	0.002	0.005	0.001	0.000	0.005	0.002	0.000	0.013	0.000
พืช-ปลา	0.000	0.057	0.068	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000

ตารางผนวกที่ 6 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3						
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	1.60	1.80	1.90	1.74	1.68	1.61	1.70	1.78	1.81	1.35	1.36	1.46	1.63	1.49	1.40
SE	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.10
ปลา	0.30	0.41	0.56	0.44	0.43	0.46	0.50	0.62	0.56	0.67	0.63	0.87	1.05	1.10	0.73
SE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
พืช-ปลา	0.30	1.17	1.89	1.73	1.57	0.85	1.02	1.14	0.91	1.13	1.18	1.38	1.62	1.66	1.51
SE	0.00	0.20	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2				ครั้งที่ 3						
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	5.00	5.88	5.87	6.12	4.98	4.80	5.58	4.61	5.16	6.01	5.50	6.31	6.48	5.69	4.66
SE	0.00	0.52	0.20	0.10	0.30	0.00	0.30	0.20	0.30	0.10	0.00	0.40	0.10	0.60	0.50
ปลา	4.56	5.97	5.95	4.44	4.91	4.91	4.75	3.72	4.19	4.28	4.30	5.12	3.63	3.11	3.49
SE	0.00	0.56	0.35	0.41	0.20	0.00	0.10	0.30	0.40	0.10	0.00	0.50	0.20	0.40	0.30
พืช-ปลา	5.12	5.32	5.82	5.27	4.51	5.07	4.80	3.99	3.86	5.00	5.10	5.15	4.81	4.75	4.58
SE	0.00	0.44	0.20	0.00	0.20	0.00	0.10	0.40	0.30	0.10	0.00	0.40	0.10	0.20	0.40

ตารางผนวกที่ 8 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัดเป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 3				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	5.60	6.14	6.65	6.97	6.76	5.60	6.34	6.78	7.19	7.70	5.60	6.01	6.63	7.08	6.74
SE	0.00	0.09	0.11	0.22	0.25	0.00	0.11	0.06	0.10	0.10	0.00	0.06	0.14	0.24	0.23
ปลา	8.00	7.95	8.22	7.74	7.14	8.02	7.47	7.09	7.09	6.43	7.13	6.20	5.77	7.20	7.42
SE	0.00	0.09	0.03	0.02	0.14	0.00	0.13	0.28	0.06	0.15	0.00	0.25	0.05	0.18	0.04
พืช-ปลา	7.50	7.65	6.92	6.49	6.25	7.30	6.49	6.02	6.65	6.56	5.95	6.31	5.77	5.72	5.69
SE	0.00	0.11	0.04	0.12	0.11	0.00	0.11	0.11	0.25	0.05	0.00	0.05	0.05	0.07	0.09

ตารางผนวกที่ 9 ความเป็นด่างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 3				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	82.00	26.50	24.00	36.00	41.00	13.00	13.00	27.00	47.00	54.00	31.00	25.00	32.00	26.00	40.00
SE	0.00	8.50	8.00	8.00	5.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	3.00	0.00	4.00	2.00
ปลา	74.00	178.00	120.00	82.33	61.33	65.33	38.67	42.67	52.67	15.33	53.33	20.67	63.33	242.67	146.00
SE	0.00	1.15	0.00	0.33	1.76	10.97	9.40	12.98	1.76	2.40	2.91	0.67	3.71	11.68	1.15
พืช-ปลา	52.00	141.50	28.00	29.00	28.00	22.00	12.50	24.00	39.50	25.50	23.50	25.50	33.50	28.00	36.50
SE	0.00	3.86	5.66	1.00	1.41	1.41	0.96	1.41	4.57	1.26	1.50	1.71	5.25	2.16	4.19

ตารางผนวกที่ 10 ความกระต้างของน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	เริ่มต้น	ครั้งที่ 1				เริ่มต้น	ครั้งที่ 2				เริ่มต้น	ครั้งที่ 3			
		สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	69.00	85.00	101.00	650.00	750.00	800.00	800.00	1000.00	1000.00	950.00	550.00	700.00	600.00	600.00	500.00
SE	0.00	1.00	3.00	50.00	50.00	100.00	0.00	0.00	200.00	250.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ปลา	18.00	21.33	32.00	266.67	300.00	466.67	466.67	500.00	333.33	366.67	333.33	400.00	366.67	366.67	333.33
SE	0.00	1.76	2.31	33.33	57.74	120.19	66.67	115.47	33.33	33.33	33.33	57.74	33.33	33.33	33.33
พืช-ปลา	20.00	50.50	85.00	550.00	550.00	375.00	700.00	850.00	525.00	525.00	500.00	675.00	625.00	500.00	575.00
SE	0.00	0.87	4.04	28.87	28.87	75.00	40.82	221.74	25.00	47.87	40.82	85.39	62.92	0.00	25.00

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	เริ่มต้น	ครั้งที่ 1				เริ่มต้น	ครั้งที่ 2				เริ่มต้น	ครั้งที่ 3			
		สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4		สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.35	0.00	0.00	0.10	0.20	0.00	0.01	0.00
SE	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.07	0.00	0.00	0.05	0.17	0.00	0.01	0.00
ปลา	0.00	1.01	0.96	0.63	0.00	0.04	0.10	0.58	0.08	0.12	0.61	0.15	0.64	0.58	0.00
SE	0.00	0.06	0.14	0.35	0.00	0.04	0.00	0.13	0.04	0.05	0.12	0.04	0.07	0.06	0.00
พืช-ปลา	0.00	1.52	1.31	1.37	1.13	0.03	0.39	0.68	0.04	0.00	0.42	0.76	0.82	0.16	0.00
SE	0.00	0.08	0.08	0.11	0.48	0.03	0.02	0.07	0.01	0.00	0.04	0.07	0.09	0.07	0.00

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

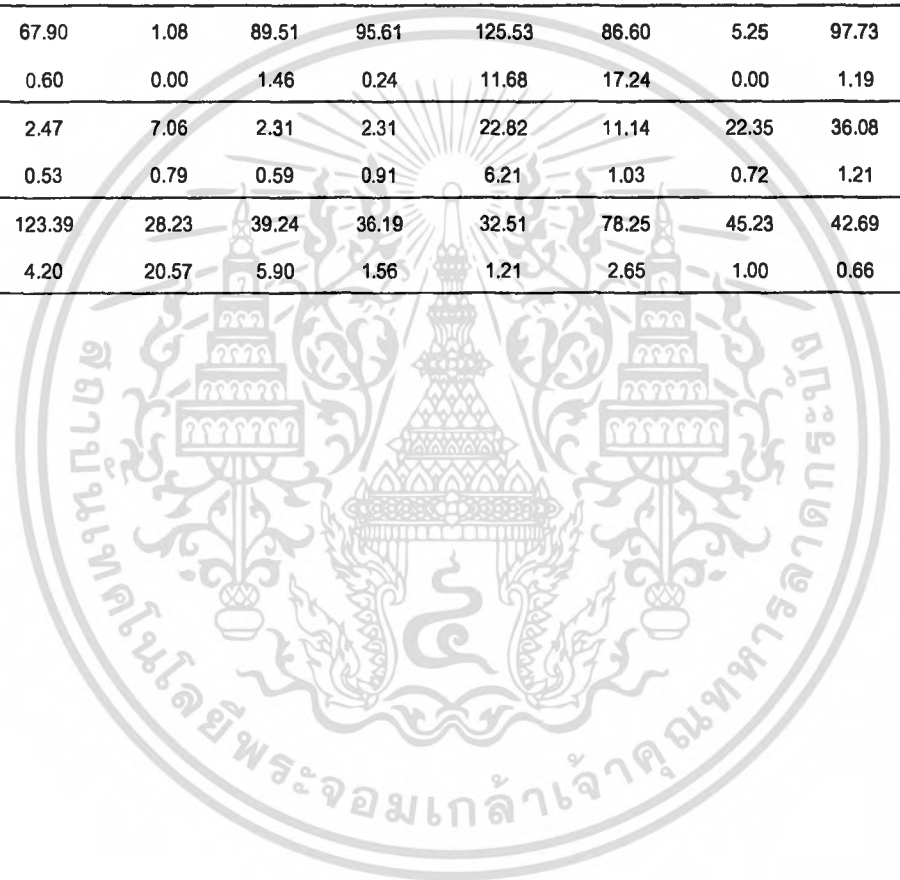
ระบบ	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 3				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	0.57	0.00	0.00	0.03	0.00	0.57	0.00	0.24	0.17	0.00	0.00	0.06	0.01	0.14	0.97
SE	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.03
ปลานิล	0.10	0.00	0.00	0.30	0.29	0.53	0.00	0.36	0.26	0.02	1.44	0.14	2.66	2.82	0.78
SE	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.06	0.06	0.16
พืช-ปลานิล	0.00	4.04	4.78	8.96	8.09	0.87	0.47	1.25	0.90	0.04	1.61	3.18	1.88	0.69	0.83
SE	0.00	0.59	0.04	0.19	0.17	0.05	0.04	0.29	0.08	0.01	0.04	0.05	0.06	0.02	0.07

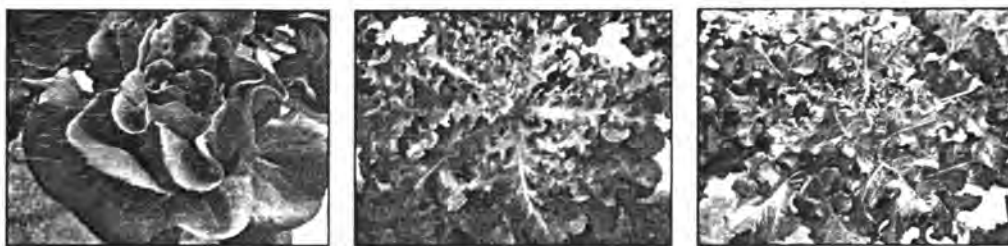
ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณไนโตรเจน ไนโตรเจนในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 3				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	164.83	114.08	174.98	86.97	58.06	253.97	173.48	181.71	119.73	142.34	162.48	286.22	149.39	184.49	114.31
SE	0.00	68.18	33.31	16.13	0.48	0.00	3.71	3.71	17.09	14.86	8.83	7.94	12.33	1.82	9.19
ปลานิล	188.71	28.42	7.51	35.79	7.08	47.50	38.66	46.90	33.72	87.96	66.01	190.48	106.70	39.54	35.06
SE	0.00	19.26	0.23	12.06	2.16	12.92	12.84	12.84	1.92	2.81	4.81	5.85	18.14	6.22	5.15
พืช-ปลานิล	169.77	115.07	221.78	308.68	118.50	82.58	91.41	104.80	117.87	97.99	94.65	310.62	341.26	157.65	122.63
SE	0.00	4.28	48.13	3.19	15.54	5.56	2.26	2.72	1.78	24.90	13.47	18.48	96.60	6.85	2.84

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบการปลูกผักสลัด, การเลี้ยงปลานิลแดง และการเลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักสลัด เป็นเวลา 128 วัน

ระบบ	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 2					ครั้งที่ 3				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
พืช	60.37	172.32	200.95	67.90	1.08	89.51	95.61	125.53	86.60	5.25	97.73	112.05	85.50	72.67	1.97
SE	0.00	14.32	60.86	0.60	0.00	1.46	0.24	11.68	17.24	0.00	1.19	0.60	1.49	2.98	0.30
ปลา	0.64	0.32	2.86	2.47	7.06	2.31	2.31	22.82	11.14	22.35	36.08	60.14	59.94	34.88	3.86
SE	0.00	0.03	0.34	0.53	0.79	0.59	0.91	6.21	1.03	0.72	1.21	2.10	1.43	1.59	0.40
พืช-ปลา	0.82	107.88	167.69	123.39	28.23	39.24	36.19	32.51	78.25	45.23	42.69	78.79	74.91	66.11	7.34
SE	0.00	2.19	4.05	4.20	20.57	5.90	1.56	1.21	2.65	1.00	0.66	1.64	1.34	1.50	0.39





ก

ข

ค



ง

จ

ภาพผนวกที่ 1 ผักสลัดทั้ง 5 ชนิดที่ปลูกในระบบการปลูกผักสลัด และระบบการเลี้ยงปลานิลแดง ร่วมกับการปลูกผักสลัดแบบไม่ใช้ดินในระบบปิด ก=บัตเตอร์เฮด, ข=กรีนโอ๊ค, ค=เรดโอ๊ค, ง=เรดคอรัล, จ=เบบี้คอส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้