

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพของระบบการปลูกใบพวยศรีลังกาและอเมซอนแบบไร้ดินร่วมกับ  
กับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด

Study on Efficiency of Hydroponic Aquatic Plant (*Cryptocoryne wendtii* and  
*Echinodorus amazonicus*) Integrated with Goldfish (*Carassius auratus*) Culture in  
Close System

ชื่อนักศึกษา นางสาวรวงคณา กาซิม  
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นนุช เลานะวิสุทธิ  
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อิทธิสุนทร นันทกิจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย  
อาจารย์ที่ปรึกษา.....*bnf โนนะวิสุทธิ*  
(ดร.นนุช เลานะวิสุทธิ)

ภาควิชารับรองแล้ว  
*Nine ทวี*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)  
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
วันที่ 15 เดือน พ.ค. พ.ศ. 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพของระบบการปลูกใบพวยศรีลังกาและอเมซอนแบบไรดิน  
 ร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด

Study on Efficiency of Hydroponic Aquatic Plant (*Cryptocoryne wendtii* and  
*Echinodorus amazonicus*) Integrated with Goldfish (*Carassius auratus*) Culture in  
 Close System



T099304

โดย

นางสาวรวงคณา การัมย์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

พ.ศ.2545

ร/พ.  
 ๖๖๙๘ก  
 ๒๕๔๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... ๖๖๙๘ก

วันเดือนปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

### เรื่อง

การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพของระบบการปลูกใบพวยศรีลังกาและอเมซอนแบบไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด

Study on Efficiency of Hydroponic Aquatic Plant (*Cryptocoryne wendtii* and *Echinodorus amazonicus*) Integrated with Goldfish (*Carassius auratus*) Culture in Close System

การศึกษาแนวโน้มของประสิทธิภาพระบบการปลูกใบพวยศรีลังกาและอเมซอนใบยาวแบบไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด พบว่า ปลาทองที่เลี้ยงในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และระบบ Sand-Fish มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันคือ มีน้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ  $15.64 \pm 0.44$ ,  $16.57 \pm 0.45$  และ  $14.00 \pm 0.31$  กรัมต่อตัว ตามลำดับ ส่วนระบบการเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว มีน้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ  $10.53 \pm 0.23$  กรัมต่อตัว เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักใบพวยศรีลังกาและอเมซอนใบยาวพบว่า ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และระบบ Sand-Fish น้ำหนักใบพวยศรีลังกาสิ้นสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.18, 1.00 และ 0.86 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักอเมซอนใบยาวสิ้นสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.27, 1.31 และ 1.3 กรัมต่อต้น ตามลำดับ คุณสมบัติของน้ำใน 4 ระบบ ที่ไม่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ส่วนคุณภาพน้ำที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นด่าง ความกระด้าง แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสทั้งหมด สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าระบบ Sand culture มีประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุดคือ ไนโตรเจนเท่ากับ  $18.03 \pm 4.282$  เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ระบบ NFT-Fish และ DFT-Fish มีประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ  $12.93 \pm 3.561$  และ  $11.44 \pm 2.480$  เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ  $7.84 \pm 2.094$  และ  $4.57 \pm 0.998$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ขอขอบพระคุณ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้แนะนำแนวทางในการดำเนินการทดลอง พร้อมทั้งให้ความรู้ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำการทดลองอย่างใกล้ชิด จนปัญหาพิเศษเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา พร้อมทั้งแก้ไขปัญหาดลอระยะเวลาการทำทดลอง

ขอขอบคุณ คุณนันทิมา สุทธิวรรณกุล ที่คอยช่วยเหลือหรือเตรียมการการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ จนกระทั่งการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณบุปผา จงพิพัฒน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์ และสารเคมีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พร้อมทั้งคำแนะนำตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณสิทธิชัย สะทะโชติ คุณทิพพากรณ์ จงจินดาเจริญ และ คุณสถิตย์ อื่นชื่นใจ เพื่อนทั้งสามคนที่มีน้ำใจให้ความช่วยเหลือทุก ๆ อย่างตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความสนับสนุนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ให้ประสบความสำเร็จอย่างภาคภูมิใจ

นางสาววรางคณา กาชัม

เมษายน 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iv
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลการทดลองและวิจารณ์	19
สรุปและข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนต่าง ๆ ของพรรณไม้น้ำที่ทำหน้าที่ในระบบการปลูกพรรณไม้น้ำร่วมกับการเลี้ยงปลาสวยงาม	6
2	การเคลื่อนที่ของแร่ธาตุ (เปอร์เซ็นต์)	10
3	การเจริญเติบโตของปลา ประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตของพืช	12
4	การสะสมธาตุอาหารในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกผักใบเขียวและมะเขือเทศ	13
5	เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการเลี้ยงปลาของ ระบบการปลูกใบพายศรีลังกา และระบบการเลี้ยงปลาของร่วมกับใบพายศรีลังกา	14
6	ปัจจัยของคุณภาพน้ำที่เหมาะสมของระบบการเลี้ยงปลาของร่วมกับพรรณไม้น้ำแบบไร้อิน	14
7	คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาของระบบการเลี้ยงปลาหอมเทศร่วมกับการปลูกมะเขือเทศในระบบปิด	15
8	การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทอง	19
9	การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกาและอเมซอนใบยาว	21
10	เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบ ระบบ Fish, NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish	21
11	ประสิทธิภาพการบำบัดของใบพายศรีลังกาและอเมซอนใบยาวในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand -Fish	23
12	ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand -Fish	24
13	แสดงค่าเฉลี่ยและช่วงคุณภาพน้ำ	33

## ตารางผนวกที่

1	แสดงอุณหภูมิในรอบวันของระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish	37
---	--	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
2	ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	39
3	ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	39
4	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	40
5	ปริมาณความเป็นด่างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	40
6	ค่าความกระด้างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	41
7	ปริมาณแอมโมเนียในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand -Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	41
8	ปริมาณไนโตรทในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	42
9	ปริมาณไนเตรทในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	42
10	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	43
11	ปริมาณฟอสฟอรัสในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand -Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	43
12	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์	44
13	การชั่งวัดปลาทองในระบบ NFT-Fish	45
14	การชั่งวัดปลาทองในระบบ DFT-Fish	47
15	การชั่งวัดปลาทองในระบบ Sand-Fish	49
16	การชั่งวัดปลาทองในระบบ Fish	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ส่วนประกอบของระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่นาในระบบปิด	3
2 ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่นาในระบบปิด	3
3 ระบบการปลูกพืชแบบ Nutrient film technique	4
4 ระบบการปลูกพืชแบบ Deep flow technique	5
5 การเจริญเติบโตของระบบระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	20
6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	26
7 ความเป็นกรดเป็นด่างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	26
8 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	27
9 ความเป็นด่างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	27
10 ความกระด้างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	29
11 ปริมาณแอมโมเนียในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	29
12 ปริมาณไนโตรเจนในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	30
13 ปริมาณไนเตรทในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	30
14 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	31
15 ปริมาณฟอสฟอรัสในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand -Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศของเกษตรกรรม ซึ่งเป็นอาชีพที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรมากมาย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยในขณะนี้มีการพัฒนาและก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ มาปรับปรุงทางด้านเกษตร ให้มีการพัฒนายิ่งขึ้น ใช้วิธีการที่ทันสมัย ใช้ความรู้ตามหลักวิชาการ ตลอดจนการบริหาร การจัดการด้านต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการ และแนวทางหนึ่งที่ได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ ปรับเปลี่ยนรูปแบบการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืชไร่นาซึ่งเรียกระบบนี้ว่า Aquaponic system เป็นการเลี้ยงปลาและปลูกพืชในระบบปิด หรือระบบหมุนเวียนน้ำ (Closed system หรือ Recirculating system) ซึ่งเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดกับการเลี้ยงทั้งสองรูปแบบ เนื่องจากระบบปิดสามารถลดปัญหาการปล่อยของเสีย และแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำ ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย ที่เกิดจากสารประกอบบางตัว เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

ระบบการปลูกพืชไร่นามีระบบการปลูกหรือเทคนิคการปลูกหลายวิธี ได้แก่ ระบบ Areoponics ระบบ Nutrient film technique ระบบ Deep flow technique ระบบ Sand culture ระบบปลูกในวัสดุปลูก ระบบปลูกในสารละลายนิ่งและมีการให้อากาศ เป็นต้น สำหรับการศึกษานวน้ำมีประสิทธิภาพของระบบการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร่นาได้ใช้ระบบการปลูกแบบ Nutrient film technique , Deep flow technique และ Sand culture ร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตทั้งพรรณไม้น้ำและปลา รวมทั้งการลดปัญหาการปล่อยน้ำเน่าเสียลงสู่ธรรมชาติ

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวโน้มน้ำประสิทธิภาพของระบบการปลูกใบพายศรีลังกา และอเมซอน ไบยาวแบบไร่นาร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิดที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา อเมซอนไบยาว และปลาในระบบการปลูกที่แตกต่างกัน

## การตรวจเอกสาร

### ระบบอควาโปนิค (Aquaponic system)

ระบบอควาโปนิค คือ การเพาะเลี้ยงปลาเข้าร่วมกับระบบการปลูกพืชไร้ดิน โดยของเสียจากปลาจะถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียที่เรียกลูม Nitrification ซึ่งสามารถออกซิไดส์แอมโมเนีย ให้เป็นไนเตรท และจากไนเตรทให้เป็นไนเตรท ซึ่งพืชสามารถดูดซับไนเตรทที่ละลายอยู่ในน้ำได้ (นงนุช, 2544)

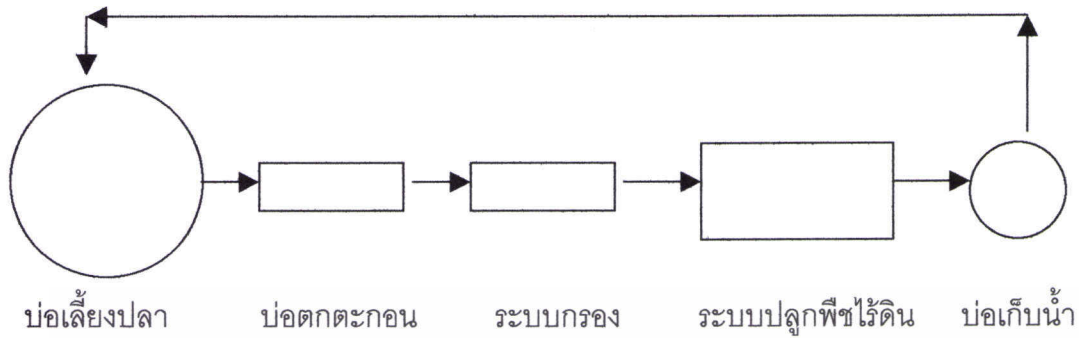
ระบบอควาโปนิค กำลังเป็นที่นิยมและสามารถใช้ระบบนี้ในการเพิ่มการผลิตอาหารให้กับประชาชน หรือ เป็นการเพิ่มผลผลิตทางพาณิชย์ ปลาที่นิยมเลี้ยงในระบบคือ ปลานิล (*Oreochromis nitoticus*) นอกจากนี้ยังมีปลา largemouth bass, perch, carp, crapias, bream และปลาสวยงาม เช่น ปลาทอง (goldfish) ส่วนพืชที่นิยมปลูกในระบบนี้ คือ ผักกาดหอม ผักสลัด และพืชสมุนไพรตระกูลสะระแหน่ รวมทั้งพืชเศรษฐกิจด้วย เช่น มะเขือเทศ แตงกวา พริกไทย และพืชจำพวกแตง (Anon, 2001)

ส่วนใหญ่ระบบอควาโปนิค จะอยู่ในห้องเรือนกระจก อย่างไรก็ตามสามารถจัดระบบนี้ไว้ภายนอกได้ ในแถบที่เป็นเขตร้อน แม้ว่าระบบนี้จะจัดอยู่ในสถานที่เล็กและร่ม ก็ยังสามารถใช้แสงที่ส่องผ่านจากภายนอกหรือเป็นแสงไฟจากหลอดไฟฟ้าก็ได้ (Anon, 2001)

### 1. ส่วนประกอบของระบบอควาโปนิค

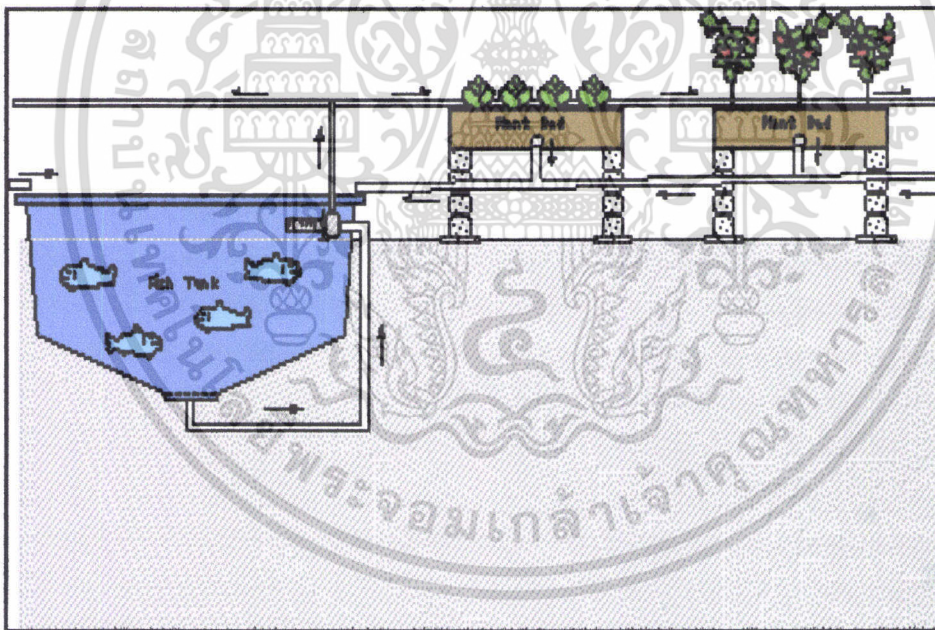
ระบบการเพาะเลี้ยงร่วมกับการปลูกพืชไร้ดินในระบบปิดมี ส่วนประกอบของระบบที่สำคัญดังนี้ (ภาพที่ 1 และ 2)

- 1.1 บ่อเลี้ยงปลา
- 1.2 บ่อตกตะกอน
- 1.3 ระบบกรองชีวภาพ (Biofiltration)
- 1.4 ระบบปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponic system)
- 1.5 บ่อเก็บน้ำ



ชีวภาพ

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของระบบเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร้ดินในระบบปิด  
ที่มา : นงนุช (2544)



ภาพที่ 2 ระบบเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร้ดินในระบบปิด  
ที่มา : Anon (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (Hydroponics)

2.1 ระบบ Nutrient film technique (NFT) เป็นระบบหนึ่งของการปลูกด้วยสารละลาย โดยที่รากของพืชจะสัมผัสกับสารละลายที่ไหลเป็นแผ่นฟิล์ม ซึ่งเป็นระบบที่นิยมมากและได้รับการยอมรับว่าเป็นการปลูกพืชไร้ดินที่ให้ผลผลิตมากและมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากลักษณะการไหลผ่านของสารละลายและออกซิเจน คือลักษณะการไหลของสารละลายจะไหลไปตามแรงโน้มถ่วง เพราะรางปลูกแบบนี้มีลักษณะลาดเอียง และมีปั้มน้ำเป็นตัวช่วยในการดึงสารละลายไปใช้บนรางปลูก (Mathew, 2001)

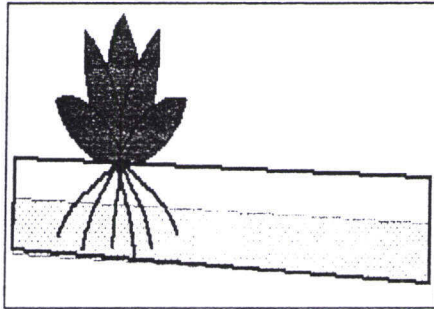


ภาพที่ 3 ระบบการปลูกแบบ Nutrient film technique

ที่มา : Anon (2001)

2.2 ระบบ Deep flow technique (DFT) เป็นระบบที่มีลักษณะคล้ายระบบ NFT เพียงแต่แตกต่างกันตรงที่ปริมาณสารละลายที่มีปริมาณมากกว่า ซึ่งการปลูกพืชไร้ดินระบบนี้เหมาะสำหรับในพื้นที่กลางแจ้งที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้การใช้ระบบนี้ในช่วงแรกของการปลูกอาจไม่ได้ผลกำไรที่จะได้ในผลผลิตในทันที เนื่องจากผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร เพราะได้รับผลกระทบจากความร้อนและด้วยความร้อนนี้เองทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในรางปลูกลดลงตามด้วย ซึ่งหากใช้ระบบปลูกแบบนี้จะต้องมีระบบหยดน้ำหรือการสเปรย์น้ำเพื่อลดปริมาณความร้อนในระบบให้ (Mathew, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ระบบการปลูกพืชแบบ Deep flow technique

ที่มา : Anon (2001)

2.3 ระบบ Sand culture เป็นระบบหนึ่งที่เลียนแบบในการปลูกพรรณไม้น้ำตามธรรมชาติ คือการปลูกพืชบนกระเพาะทราย โดยสารละลายธาตุอาหารจะไหลผ่านซีเมนต์ลงในทรายและรากพืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ Rakocy and Hargreavrs (1993) ปลูกผัก 28 ชนิด ในโรงเรือน (Greenhouse) บนกระเพาะทรายทั้ง 3 ชั้น ซึ่งสามารถให้ผลผลิตถึง 8,700 กิโลกรัม โดยกระเพาะทรายมีความยาวรวม 1,115 เมตร ทำการปลูกผักสลัดหมุนเวียนกันเป็นเวลา 10 สัปดาห์ กระเพาะทรายนั้นทำมาจากผ้าร่มซูซีฟ น้ำสามารถไหลผ่านจากกระเพาะทรายด้านบนลงมาอีก 2 ชั้น ด้านล่างได้

#### พรรณไม้น้ำ

ชนิดของพรรณไม้น้ำที่เหมาะสมจะนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำโดยการเลี้ยงปลาร่วมกับพรรณไม้น้ำ ได้แก่ พรรณไม้ใต้น้ำ (Submerged plant) และกลุ่มพรรณไม้โผล่พ้นน้ำ (Emerged plant) เนื่องจากพรรณไม้น้ำในกลุ่มดังกล่าวมีมูลค่าในตลาดพรรณไม้น้ำสวยงามค่อนข้างสูง ส่วนพรรณไม้น้ำประเภทลอยน้ำ (Floating plant) นิยมใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (นงนุช, 2544) การทำหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของพรรณไม้น้ำดังตารางที่ 1 พรรณไม้น้ำที่นิยมเลี้ยงได้แก่

1. ไบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) จัดเป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นพืชล้มลุก ขึ้นในน้ำจืด ตามหนอง บึงที่ขึ้นและมีน้ำท่วมขังตื้นๆ หรือบริเวณริมคลองที่มีน้ำไหลเอื่อยๆ ลักษณะลำต้นเป็นเหง้าใต้ดิน มีไหลสั้นๆ ใบแตกออกเป็นกระจุกรอบข้อแทงขึ้นมาจากพื้น เส้นใบเรียงตัวขนานกัน ก้านใบเป็นโพรง มีใบและก้านใบสีเขียวอมแดง ออกดอกเป็นช่อชูขึ้นมาเหนือน้ำ หุ้มกาบประดับที่มีลักษณะเป็นหลอดปลายแผ่ออกคล้ายปากแตรมีส่วนโค้งโปร่ง จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมแพร่หลายมากเนื่องจากความสวยงามแปลกตา พรรณไม้น้ำสกุล *Cryptocoryne* จัดเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้ช้า ในธรรมชาติจะเกิดต้นอ่อนขึ้นปีละ 1-3 ต้นเท่านั้น (วันเพ็ญ และกาญจจิ , 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อเมซอนไบบาว (*Echinodorus amazonicus*) จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมที่ใช้ประดับตู้ปลาตู้พรรณไม้น้ำตลอดจนใช้ตกแต่งสวนหรือสระน้ำ เนื่องจากอเมซอนเป็นพืชครึ่งบกครึ่งน้ำ จึงทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งบนบกและใต้น้ำ อเมซอนเป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงเดี่ยว ใบมีลักษณะที่หนาแข็งแรง ในธรรมชาติจะมีก้านช่อดอกยื่นยาวออกมาจากโคนต้น และมีดอกสีขาว เมื่อผลแก่จะเกิดต้นอ่อนขึ้นบนก้านช่อดอก การขยายพันธุ์จะใช้วิธีตัดต้นอ่อนบนก้านช่อดอกไปปลูกในดินปนทรายที่ชื้นแฉะ (วันเพ็ญ และกาญจรี, 2543)

ตารางที่ 1 ส่วนต่างๆ ของพรรณไม้น้ำที่ทำหน้าที่ในระบบการปลูกพรรณไม้น้ำร่วมกับการเลี้ยงปลาสวยงาม

ส่วนต่างๆ ของพรรณไม้น้ำ	หน้าที่
ราก และลำต้นใต้น้ำ	1. เป็นพื้นที่ผิวสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย 2. เป็นวัสดุกรองน้ำ และดูดซับตะกอน
ลำต้น และใบที่ใน/เหนือผิวน้ำ	1. พรางแสง และป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่าย 2. ลดแรงปะทะของลมบริเวณผิวน้ำ ลดการระเหยของน้ำ 3. รับ และถ่ายเทก๊าซจากส่วนต่างๆ ของพรรณไม้น้ำใต้น้ำ

ที่มา : นงนุช (2544)

### ธาตุอาหาร

สมิตรา (2542) กล่าวว่า ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของระบบการปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponic system) ที่สำคัญมีอยู่ 13 ธาตุ แบ่งเป็น

1. ธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณมาก (Macronutrients element) ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ กำมะถัน (S)
2. ธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณน้อย (Micronutrients element) ได้แก่ คลอรีน (Cl) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) โมลิบดีนัม (Mo) และโบรอน (B)

### ไดนามิกส์ของแร่ธาตุ (Nutrient dynamics)

ในการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร้ดินในระบบปิดจะเกิดความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของแร่ธาตุที่เกิดจากการขับถ่ายของปลาและการที่พืชดูดซึมแร่ธาตุไปใช้ อีกทั้งมีการลดลงของปริมาณธาตุอาหารมากถึงเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระหว่างนั้นต้องมีการเติมแร่ธาตุไปด้วย (Seawright et al., 1998) แสดงว่าอัตราส่วนในการผสมแร่ธาตุไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่นาในระบบปิดแต่ละระบบมีความแตกต่างกัน เนื่องจากแหล่งของธาตุอาหารแตกต่างกันคือ การใช้กรดเป็นวัสดุปลูกซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียม หรือการใช้สารโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate,  $\text{NaHCO}_3$ ) เป็นแหล่งของความเป็นด่าง (Nair et al., 1985) ส่วนในระบบที่ใส่สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) เป็นแหล่งของความเป็นกรดเป็นด่างจะทำให้อัตราการสะสมของแร่ธาตุอาหารหลักมีความแตกต่างกัน (Rakocy et al., 1993)

Seawright et al. (1998) ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอมโดยเลี้ยงปลาที่ 151, 377, 902 และ 1802 กรัมต่อระบบ และระบบการปลูกผักกาดหอมแบบไร่นา (ชุดควบคุม) พบว่าอัตราส่วนของปริมาณแร่ธาตุอาหารที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืช ปลา และของเสียจากปลามีมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแร่ธาตุที่ปลาผลิตได้ และผลรวมของแร่ธาตุอาหารที่ใส่เข้าไปในระบบ (ตารางที่ 2) อัตราส่วนและการเคลื่อนที่ของแร่ธาตุภายในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่นาในระบบปิดมีดังนี้

#### 1. ไนโตรเจน (N)

Seawright et al. (1998) ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอมโดยเลี้ยงปลาที่ 151, 377, 902 และ 1802 กรัมต่อระบบ และระบบการปลูกผักกาดหอมแบบไร่นา (ชุดควบคุม) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้งแต่ละครั้งใช้เวลา 28 วัน ปรากฏว่าปริมาณการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของพืชมีความแตกต่างกันมากระหว่างชุดการทดลอง ส่วนในเนื้อเยื่อปลาไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง และในของเสียปลาก็ไม่มีความแตกต่าง ซึ่งผลรวมปริมาณไนโตรเจนในปลา พืช และของเสียมีมากกว่าปริมาณธาตุอาหารที่ให้ (ตารางที่ 2) Rakocy et al. (1993) ทำการศึกษ้อัตราการสะสมของธาตุอาหารในระบบปิด โดยเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักใบเขียว และมะเขือเทศ พบว่าการสะสมไนเตรท-ไนโตรเจน มีอัตราที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการให้ธาตุอาหาร ปริมาณที่พืชดูดซึมเข้าไปจะไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ ซึ่งทำให้พืชเจริญเติบโต ส่วนการสะสมไนเตรท-ไนโตรเจน ในของเสียจะมีปริมาณมากหรือน้อยในระบบขึ้นอยู่กับขบวนการ Nitrification ซึ่งจะทำให้มีน้ำมีปริมาณการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุมากขึ้น

#### 2. ฟอสฟอรัส (P)

Rakocy et al. (1993) ได้ทดลองศึกษ้อัตราการสะสมของธาตุอาหารในระบบปิดโดยเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักใบเขียว และมะเขือเทศ พบว่าการสะสมฟอสฟอรัสภายในระบบจะมีอัตราที่สูง แต่การสะสมฟอสฟอรัสภายในเนื้อเยื่อพืชมีปริมาณน้อยมากประมาณ 0.3-0.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งฟอสฟอรัสที่เหลือในระบบจะตกตะกอนลงมา ทำให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ Seawright et al. (1998) จากการทดลองเลี้ยงร่วมกับปลูกผักกาดหอม พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสลดลงอย่างเห็นได้ชัด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เคลื่อนที่จากสารละลายมีปริมาณมากกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสที่พืชจะดูดซึมเข้าไป จึงทำให้ฟอสฟอรัสที่เหลือตกตะกอน ซึ่งตะกอนประกอบไปด้วย แคลเซียม 41.6 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 19.7 เปอร์เซ็นต์ ในระบบไฮโดรโปนิค เหล็กและ ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มที่จะตกตะกอน ซึ่งมีผลมาจากค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ซึ่งถ้า pH อยู่ใน ช่วงที่เหมาะสมคือ 7.5 จะทำให้เกิดขบวนการ Nitrification และพืชสามารถใช้ประโยชน์จาก ฟอสฟอรัส และเหล็กมากขึ้น

### 3. โพแทสเซียม (K)

การให้น้ำจากระบบการเลี้ยงปลา เพื่อใช้ประโยชน์จากแร่ธาตุในน้ำ ซึ่งมีโพแทสเซียมที่เป็น ความต้องการของพืช โพแทสเซียมที่ใส่เข้าไปอยู่ในรูปของโพแทสเซียมไนเตรท (Potassium nitrate,  $KNO_3$ ) การเคลื่อนย้ายของโพแทสเซียมในระบบ ต้องอาศัยการย่อยสลายของแบคทีเรีย ในกลุ่ม Nitrification (Rakocy et al., 1993) Seawright et al. (1998) จากการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับผักกาดหอม พบว่าปริมาณของโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อปลา พืช และของเสียมีความแตกต่างกันคือ โพแทสเซียมที่มาจากของเสียมีปริมาณน้อยกว่าที่พืชนำไปใช้ ซึ่งไม่มีความสมดุลกัน (Seawright et al., 1998) (ตารางที่ 2)

### 4. แมกนีเซียม (Mg)

Seawright et al. (1998) ทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอม พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแมกนีเซียมที่พืชดูดซึมไปใช้มีความแตกต่างกันมากในแต่ละชุดการทดลอง แต่ในเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณรวมของแมกนีเซียมภายในระบบทั้งหมดมีมากกว่าปริมาณของแมกนีเซียมที่ใส่ในระบบ (ตารางที่ 2) Rakocy et al. (1993) ทดลองศึกษา อัตราการสะสมของธาตุอาหารในระบบปิด โดยเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักใบเขียว และมะเขือเทศ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสะสมของไนโตรเจนและแมกนีเซียม มีปริมาณใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างสองธาตุ ซึ่งการสะสมของไนโตรเจน-ไนโตรเจนเร็วกว่าธาตุอื่นๆ และการสะสมจะมีเร็วกว่าแมกนีเซียม

### 5. โซเดียม (Na)

การสะสมของโซเดียมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการใช้โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate,  $NaHCO_3$ ) เป็นแหล่งของค่าความเป็นด่าง ซึ่งในการทดลองไม่ควรใส่โซเดียมคาร์บอเนตในปริมาณมากเพราะจะทำให้โซเดียมเกิดการสะสมทำให้เป็นพิษต่อพืชเนื่องจาก โซเดียมไปขัดขวางการนำเข้าของธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียม (Seawright et al., 1998) (ตารางที่ 2)

## 6. ทองแดง (Cu)

Seawright et al.(1998) ศึกษาทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลุกผักกาดหอม พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของทองแดงที่อยู่ในของเสียปลาที่มีปริมาณมาก แสดงว่าการใช้ประโยชน์ของทองแดงของสิ่งมีชีวิตมีค่าที่ต่ำ เนื่องจากการตกตะกอนของทองแดง ซึ่งความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายจะค่อยๆ ลดลงที่ละน้อย จึงทำให้เกิดการรวมตัวของทองแดงให้เป็นตะกอนเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

## 7. แมงกานีส (Mn)

Seawright et al.(1998) ศึกษาทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลุกผักกาดหอมพบว่าความเข้มข้นของแมงกานีสลดลงอย่างกะทันหันถึงระดับต่ำมากเนื่องจากค่า pH ต่ำ ทำให้การใช้ประโยชน์จากแมงกานีสของพืชต่ำ และการสะสมในเนื้อเยื่อของปลามีแมงกานีสต่ำด้วย ซึ่งส่วนมากปริมาณของแมงกานีสอยู่ที่ตะกอนของเสีย 40-60 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นการนำไปใช้ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิตน้อยจนทำให้เกิดตะกอน (ตารางที่ 2)

## 8. แคลเซียม (Ca)

การใช้หินเป็นวัสดุปลูกในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่นาในระบบปิดจะทำให้อัตราการสะสมของแคลเซียมเพิ่มขึ้น การแตกตัวของแคลเซียมที่มาจากแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate,  $\text{CaCO}_3$ ) ซึ่งปริมาณของ  $\text{H}_2\text{O}^+$  ที่แตกตัวออกมาจะถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรียกลุ่ม Nitrification เป็นแอมโมเนีย (Rakocy et al., 1993) Seawright et al.(1998) ศึกษาทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลุกผักกาดหอม พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมลดลงอย่างรวดเร็วในระบบ ดังนั้นจึงต้องมีการเติม  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ระหว่างการทดลอง เนื่องจากปริมาณของแคลเซียมนั้นตกตะกอนรวมกับของเสียปลาซึ่งของเสียปลามีค่าการสะสมของแคลเซียมมาก แต่อย่างไรก็ตามระหว่างทำการทดลองปรากฏว่ามีพวกหอยเกิดขึ้นในระบบ เพราะตัวอ่อนของหอยติดเข้ามากับน้ำ ทำให้มีการคาดเคลื่อนของปริมาณแคลเซียมภายในระบบว่าเป็นแคลเซียมที่เกิดจากของเสียที่ตกตะกอนหรือเป็นแคลเซียมที่มาจากหอย ปริมาณของหอยจะติดอยู่กับตะกอนและบริเวณรากของพืช ซึ่งการแก้ไขจะต้องเสริมรากของพืชบางส่วนทิ้ง

ตารางที่ 2 การเคลื่อนที่ของแร่ธาตุ (เปอร์เซ็นต์)

น้ำหนักปลา (กรัม)		แร่ธาตุ									
		Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	N	Na	P	Zn
พืช	151	97	78	46	755	133	156	67	116	48	56
	377	70	107	49	385	72	192	38	51	33	32
	902	26	38	20	154	30	87	16	23	13	15
	1804	13	22	9	70	14	62	8	10	7	8
ปลา	151	85	10	4	23	19	3	42	57	51	35
	377	94	17	5	24	20	3	43	48	54	36
	902	102	19	6	26	22	3	47	52	59	39
	1804	97	20	5	24	21	3	44	43	55	36
ของเสีย	151	169	226	160	6	24	56	15	19	59	90
	377	125	259	160	5	19	60	10	12	46	50
	902	90	152	124	3	17	40	7	11	40	47
	1804	71	143	99	3	14	43	8	10	33	48
ผลรวม	151	351	314	210	783	176	214	124	191	158	181
	377	289	383	215	414	111	255	92	112	133	118
	902	218	209	149	183	69	130	70	86	112	101
	1804	182	185	113	97	49	108	59	63	95	92

ที่มา : Seawright et al. (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเจริญเติบโตของปลาและผลผลิตของพืชที่อยู่ในระบบอควาโปนิค

### 1. การเจริญเติบโตของปลา

Seawright et al. (1998) ได้ทำการทดลองศึกษาการหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบอควาโปนิค ซึ่งทำการเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ร่วมกับการปลูกผักกาดหอม (*Lactuca longifolia*) ไร้ดินในระบบปิด โดยเลี้ยงปลาที่ 151, 377, 902 และ 1802 กรัมต่อระบบ และระบบการปลูกผักกาดหอมแบบไร้ดิน (ชุดควบคุม) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ระยะเวลา 28 วัน ปรากฏว่าอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างระดับของชุดการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นของแต่ละครั้งในการทดลอง ปรากฏว่าการทดลองครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 (ตารางที่ 3) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารมีค่าสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง และระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง Rakocy and Allison (1981) ทำการศึกษาโดยเลี้ยงปลานิล (*Tilapia aurea*) กับพรรณไม้น้ำ (*Egeria densa* and *Valisneria* sp.) ได้ผลผลิตปลานิล 596 กิโลกรัมต่อปริมาตรน้ำ 15,400 ลิตร อัตรารอด 97.5 เปอร์เซ็นต์ Watten and Busch (1984) เลี้ยงปลาหมอเทศ (*Sarotherodon aurea*) ร่วมกับมะเขือเทศ ได้ผลผลิตปลา 63.6 กิโลกรัมต่อปริมาตรน้ำ 9.72 ลูกบาศก์เมตร อัตราการรอดของปลา 97.5 เปอร์เซ็นต์ สัจเทพ (2544) เลี้ยงปลาทอง (*Carassius auratus*) ร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne* sp.) พบว่า น้ำหนักปลาแดงสิ้นสุดเฉลี่ย 14.49 กรัมต่อตัว อัตราการรอดของปลา 99 เปอร์เซ็นต์

### 2. การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

Seawright et al. (1998) ได้ทำการศึกษาถึงการหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบอควาโปนิคเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ร่วมกับการปลูกผักกาดหอม (*Lactuca sativa longifolia*) ไร้ดินในระบบปิด โดยแต่ละชุดการทดลองจะปลูกผักกาดหอมทั้งหมด 4 รวง แต่ละรวงมีอายุของพืชที่แตกต่างกัน ใช้เวลา 28 วัน ทำการทดลอง 3 ครั้ง ปรากฏว่าน้ำหนักของผลผลิตผักกาดหอมที่เก็บได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดการทดลอง แต่เมื่อเปรียบเทียบการทดลองแต่ละครั้งปรากฏว่า การทดลองครั้งที่ 3 มีความแตกต่างกันกับการทดลองครั้งที่ 1, 2 (ตารางที่ 3) Rakocy and Allison 1981 ทำการศึกษาโดยเลี้ยงปลานิล (*Tilapia aurea*) กับพรรณไม้น้ำ (*Egeria densa* and *Valisneria* sp.) ได้ผลผลิตพืชน้ำทั้งสองชนิด 39 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร Watten and busch (1984) เลี้ยงปลาหมอเทศ (*Sarotherodon aurea*) ร่วมกับมะเขือเทศได้ผลผลิตของมะเขือเทศ 87 กิโลกรัม สัจเทพ (2544) เลี้ยงปลาทอง (*Carassius auratus*) ร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne* sp.) พบว่า น้ำหนักใบพายศรีลังกาสิ้นสุดเฉลี่ย 861.57 กรัม

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของปลา ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเจริญเติบโตของพืช

น้ำหนักปลา	ปลา		ผักกาดหอม
	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น/วัน	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	
0	-	-	3261
151	4.65	97	3040
377	4.72	104	3469
902	5.03	113	3780
1804	4.55	101	3281
ครั้งที่ 1	4.77	100	3942
ครั้งที่ 2	5.13	112	3615
ครั้งที่ 3	4.43	105	2725

ที่มา : Seawright et al. (1998)

Rakocy et al. (1993) ได้ทำการทดลองศึกษาอัตราการสะสมของธาตุอาหารในระบบปิด ซึ่งทำให้การเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis aureus*) ร่วมกับการปลูกผักใบเขียว และมะเขือเทศ ปรากฏว่ามีการสะสมของธาตุอาหารต่างๆ ดังนี้ การสะสมของฟอสเฟตและซิลิเฟตมีระดับต่ำปานกลาง โพลีแซ็กคาไรด์มีอัตราการสะสมมากที่สุด ในจำนวนแร่ธาตุทั้งหมด เนื่องจากโพลีแซ็กคาไรด์ที่เติมเข้าไปในระบบตอนแรก คือ โพลีแซ็กคาไรด์ไฮดรอกไซด์ (KOH) มีอัตราการนำไปให้ประโยชน์ของโพลีแซ็กคาไรด์ต่ำ ส่วนอัตราการสะสมของโพลีแซ็กคาไรด์ในระบบที่ปลูกผักใบเขียวเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ในระบบที่ปลูกมะเขือเทศเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีพืช การสะสมของแคลเซียมอยู่ที่ระดับปานกลางเช่นเดียวกับฟอสเฟตและซิลิเฟต คือ 13 เปอร์เซ็นต์ ในระบบที่ปลูกผักใบเขียว และ 25 เปอร์เซ็นต์ ในระบบที่ปลูกมะเขือเทศ ส่วนแมกนีเซียมมีการสะสมอยู่ในระดับต่ำที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ในระบบที่ปลูกผักใบเขียว และ 25 เปอร์เซ็นต์ ในระบบที่ปลูกมะเขือเทศ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การสะสมธาตุอาหาร (g/kg อาหารแห้ง) ในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกผักใบเขียว และมะเขือเทศ

แร่ธาตุ	กลุ่มควบคุม	ชุดการทดลอง	
		ผักใบเขียว	มะเขือเทศ
Conductivity	229.6 (0.99)	201.6 (0.99)	197.5 (0.96)
NO <sub>3</sub> -N	26.3 (0.98)	22.0 (0.93)	26.5 (0.96)
PO <sub>4</sub> -P	1.7 (0.46)	1.9 (0.44)	1.6 (0.62)
SO <sub>4</sub> -S	2.6 (0.88)	2.1 (0.84)	1.6 (0.62)
K	57.8 (0.97)	55.4 (0.98)	50.8 (0.94)
Ca	14.2 (0.96)	12.3 (0.80)	10.6 (0.84)
Mg	2.0 (0.98)	1.8 (0.90)	1.5 (0.93)

ที่มา : Rakocy et al. (1993)

#### ประสิทธิภาพและคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่น้ำ

เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำในระบบการเลี้ยงปลาโดยทั่วไป กับระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชไร่น้ำพบว่าสามารถประหยัดปริมาณได้หลายเท่า สัจเทพ (2544) ทำการศึกษาเลี้ยงปลาของร่วมกับปลูกใบพวยศรีลังกาแบบไร่น้ำพบว่าสามารถประหยัดน้ำได้ 5 เท่าต่อรุ่น (ตารางที่ 5)

การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชในระบบปิด พืชจะช่วยดูดซับของเสียในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ ทำให้คุณภาพน้ำเหมาะสมกับปลาที่เลี้ยง สัจเทพ (2544) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาของร่วมกับปลูกใบพวยศรีลังกา พบว่าใบพวยศรีลังกาช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนในเตรท 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

ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบปิด ควรมีการหมุนเวียนน้ำก่อนทำการเลี้ยงปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำประมาณ 3-4 สัปดาห์ เพื่อเพิ่มจำนวนแบคทีเรียกลุ่ม Nitrification ให้มากพอที่จะทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ในระบบกรองชีวภาพ และทำให้คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมกับความต้องการของพรรณไม้น้ำ และปลา เช่นปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากออกซิเจนมีความสำคัญต่อการหายใจของปลาและขบวนการ Nitrification ของแบคทีเรียในระบบกรองชีวภาพ (นงนุช, 2544) (ตารางที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการเลี้ยงปลาทอง ระบบการปลูกใบพายศรีลังกา และระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกา

	การเลี้ยงปลาทอง	ระบบการปลูกใบพาย ศรีลังกาแบบไรดิน	ระบบการเลี้ยงปลา ทองร่วมกับใบพาย ศรีลังกาแบบไรดิน
	(ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)
น้ำที่ใช้เริ่มต้นในการเลี้ยง	0.55	0.55	0.55
น้ำที่ใช้ระหว่างการเลี้ยง	3.5	-	-
น้ำที่ใช้เติมในระบบปลา-พืช	-	0.057	0.059
น้ำที่ใช้ทั้งหมด/รุ่น	4.05	0.607	0.609

ที่มา : สัจเทพ (2544)

ตารางที่ 6 ปัจจัยของคุณภาพน้ำที่เหมาะสมของระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับพรรณไม้น้ำแบบไรดิน

ปัจจัย	ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับพรรณไม้น้ำแบบไรดิน
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ล.)	มากกว่า 5
อุณหภูมิ (°C)	27.0-32.0
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.5-7.0
ความเป็นด่างของน้ำ (มก./ล.)	100-150
ความกระด้างของน้ำ (มก./ล.)	100-150
แอมโมเนียทั้งหมด (มก./ล.)	น้อยกว่า 2.0
ไนโตรท์ (มก./ล.)	น้อยกว่า 2.0
ไนเตรท (มก./ล.)	น้อยกว่า 400
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	0.5-1.0

ที่มา : นงนุช (2544)

Watten and Busch (1984) ทำการศึกษาโดยเลี้ยงปลาหมอเทศ (*Sarotherodon aurea*) ร่วมกับมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum*) พบว่าคุณภาพน้ำในบ่อที่เลี้ยงปลาอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้และเป็นที่น่าพอใจ ดังตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาของระบบการเลี้ยงปลาหมอเทศร่วมกับการปลูกมะเขือเทศ  
ในระบบปิด

คุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ย	ช่วง
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก./ล.)	6.4	4.1-8.8
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	8.27	8.05-8.50
แอมโมเนียทั้งหมด (มก./ล.)	0.18	0.05-0.43
ไนโตรท์ (มก./ล.)	0.06	0.02-0.25
ไนเตรท (มก./ล.)	5.23	1.95-8.75
ความเป็นต่างของน้ำ (มก./ล.)	479	371-598
ความกระด้างของน้ำ (มก./ล.)	266	212-352
อุณหภูมิ (°C)	28	25-37

ที่มา : Watten and Busch (1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การวางแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย 4 หน่วยการทดลอง ได้แก่

1. ระบบการเลี้ยงปลาทอง (ชุดควบคุม, Fish)
2. ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำ (ระบบ NFT-Fish)
3. ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำ (ระบบ DFT-Fish)
4. ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำ (ระบบ Sand-Fish)

หน่วยทดลองของระบบ ระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish ได้แก่ บ่อเลี้ยงปลา บ่อตกตะกอน และระบบปลูกพรรณไม้น้ำแบบไรต์ดิ้น รายละเอียดของส่วนประกอบแต่ละส่วนมีดังนี้

1. ถังเลี้ยงปลา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.45 เมตร ใส่น้ำสูง 32 เซนติเมตร มีปริมาตรน้ำ 528 ลิตร
2. ถังตกตะกอน ขนาด 35x54.5x40 เซนติเมตร 2 ถัง ประกอบด้วย
  - 2.1 ถังกรองที่ใส่แผ่นกรองแบบหยายน
  - 2.2 ถังกรองที่ใส่แผ่นกรองแบบละเอียด
3. ระบบปลูก ประกอบด้วย 3 ระบบ ดังนี้
  - 3.1 Nutrient film technique (NFT) เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าฐานกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ยาว 12 เมตร จำนวน 10 ราง
  - 3.2 Deep flow technique (DFT) เป็นท่อพีวีซีทำด้วยสีขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 12 เมตร จำนวน 10 ราง
  - 3.3 กระบะไฟเบอร์กลาสสีดำปลูกพืชระบบ Sand culture ขนาด 1.05x2.25 เมตร จำนวน 4 กระบะ

### อุปกรณ์

1. ปลาที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปลาทอง (*Carassius auratus*) พันธุ์ออแรนดา
2. พรรณไม้น้ำที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ไบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne wendtii*) และ อเมซอนไบบาย (*Echinodorus amezonicus*)
3. ถังพักน้ำ
4. บำน้ำ จำนวน 4 ตัว
5. แอร์บับ สายยางแอร์บับ สายยาง หัวทราย
6. ระบบน้ำอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. โยหิน (rock wool) ถ้วยใส่พรรณไม้
8. กรวด
9. เทอร์โมมิเตอร์ จำนวน 4 อัน
10. อาหารปลา
11. สารเคมีและเครื่องแก้วที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ

## วิธีการ

### 1. ขั้นตอนการเตรียม

- 1.1 ทำการจัดตั้งระบบการปลูกพืชไร้ดิน คือ ระบบ NFT-Fish, DFT-Fish , Sand-Fish และ ระบบ Fish
- 1.2 จัดตั้งระบบสเปรย์น้ำอัตโนมัติ
- 1.3 จัดเตรียมสารละลายแร่ธาตุอาหารสำหรับพรรณไม้
- 1.4 นำปลาของจากฟาร์มมาทำการพักไว้เพื่อให้คุ้นเคยกับการเลี้ยงและอาหารก่อนจะนำไปใช้ในการทดลอง
- 1.5 พรรณไม้ทั้ง 2 ชนิด คือ ใบพวยศรีลังกา และอเมซอนใบยาว ที่นำมาจากฟาร์มพรรณไม้ ให้ตัดรากและใบออกบางส่วน เพื่อเร่งให้รากใหม่งอกเร็วขึ้นและช่วยลดการคายน้ำ นำพรรณไม้ที่ตัดรากและใบออกห่อด้วยโยหิน (rock wool) หลังจากนั้นก็นำมาใส่ถ้วยพรรณไม้ น้ำพักไว้ในบ่อที่เตรียมไว้ เมื่อรากเริ่มงอกและยึดติดกับโยหินจึงนำมาใช้ในการทดลอง

### 2. ขั้นตอนการดำเนินการ

- 2.1 เมื่อจัดตั้งระบบเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบระบบ รวมทั้งระบบน้ำอัตโนมัติ
- 2.2 ทำการสูบลูกปลาของใส่ในบ่อทดลองขนาด 800 ลิตร ทั้ง 4 บ่อ โดยใช้น้ำ 528 ลิตร อัตราความหนาแน่น 90 ตัวต่อตารางเมตร จำนวน 150 ตัวต่อบ่อ
- 2.3 ทำการสูบพรรณไม้ คือ ใบพวยศรีลังกา และอเมซอนใบยาว ใส่ในรางปลูก โดยแต่ละชนิดใช้ 240 ต้นต่อระบบ
- 2.4 หลังจากทีใส่ปลาของและปลูกพรรณไม้เป็นเวลา 1 วัน จึงเก็บน้ำตัวอย่างเริ่มต้น
- 2.5 ระหว่างการทดลองจะทำการใส่สารละลายแร่ธาตุอาหาร โดยจะวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)
- 2.6 ระหว่างการทดลองให้อาหารปลา 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักปลาต่อตัว ต่อวัน โดยให้วันละ 2 ครั้ง คือ เวลาเช้าและเย็น ทุกๆ 2 สัปดาห์จะปรับอาหารที่ให้ตามน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น
- 2.7 ระบบการปลูกพรรณไม้มีการสเปรย์น้ำเพื่อลดอุณหภูมิในระบบให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การบันทึกข้อมูล

1. ปลาทอง ก่อนการทดลองชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และทุกๆ 2 สัปดาห์ สุ่มปลาระบบละ 20 ตัว นำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว จนครบ 10 สัปดาห์ พร้อมบันทึกจำนวนปลาทั้งหมดที่รอดตาย

2. ไบพายศรีลังกา และอะเมซอนไวยาวก่อนทดลองชั่งน้ำหนักเปียกและแห้ง เมื่อครบ 10 สัปดาห์ นำมาชั่งน้ำหนักเปียกและแห้ง

3. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกๆ สัปดาห์ โดยที่ระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand – Fish ทำการเก็บน้ำตัวอย่างทั้งหมด 4 จุดๆ ละ 3 ซ้ำ คือ จุดที่ 1 น้ำในบ่อที่เลี้ยงปลาทองจุดที่ 2 น้ำที่ผ่านจากระบบกรองชีวภาพ จุดที่ 3 น้ำที่ผ่านรางปลูกอะเมซอนไวยาว จุดที่ 4 น้ำที่ผ่านรางปลูกไบพายศรีลังกา ส่วนในระบบการเลี้ยงปลาทองทำการเก็บน้ำ 2 จุด คือ น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาและน้ำที่ผ่านจากระบบกรอง รวมทั้งน้ำในถังพักน้ำ โดยคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen), อุณหภูมิ (Temperature), ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen), ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen), ไนเตรท (Nitrate nitrogen), ไนโตรเจนทั้งหมด (Total kjeldahl nitrogen), ฟอสฟอรัส (Orthophosphate), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate), ความเป็นด่าง (Alkalinity), ความกระด้าง (Hardness), การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักปลา น้ำหนักพรรณไม้ และคุณภาพน้ำจากการทดลองนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excell Version 2000

### สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง และภาควิชาปฐพีวิทยา อาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนธันวาคม 2544 ถึง เดือนมีนาคม 2545 รวมใช้เวลาทดลองทั้งหมด 10 สัปดาห์

## ผลการทดลองและวิจารณ์

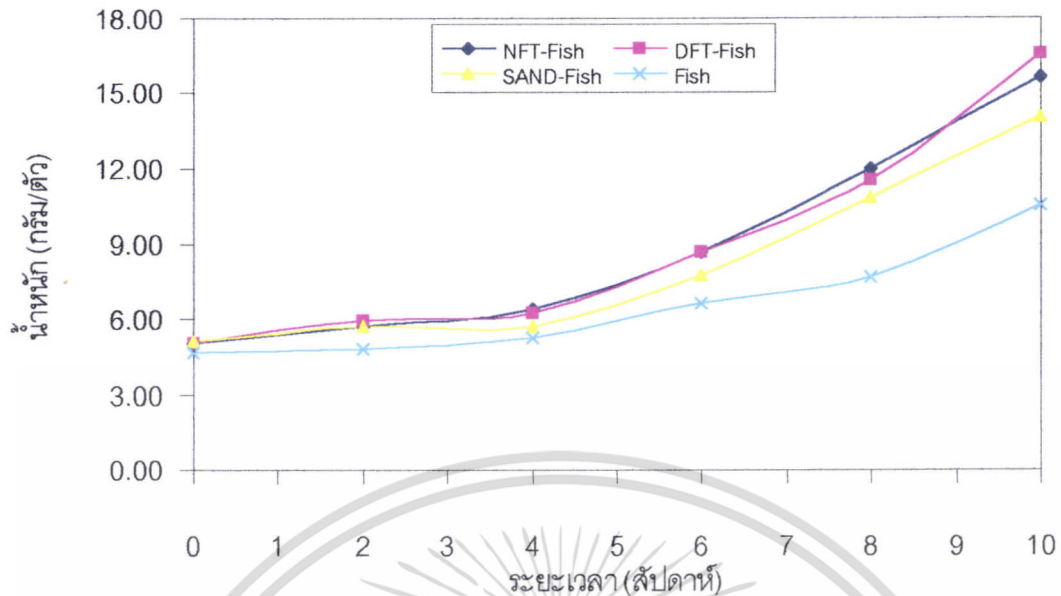
### 1. การเจริญเติบโต

#### 1.1 การเจริญเติบโตของปลาทอง

จากการทดลองเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพวยศรีลังกาและอเมซอนใบยาวแบบไร้ดินในระบบ Fish, NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish พบว่าปลาทองที่เลี้ยงในระบบ DFT-Fish มีการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือระบบ NFT-Fish และ Sand-Fish ส่วนระบบ Fish มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้  $16.57 \pm 0.45$ ,  $15.64 \pm 0.44$ ,  $14.00 \pm 0.31$  และ  $10.53 \pm 0.23$  กรัมต่อตัว (ตารางที่ 8) และเมื่อนำน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยของแต่ละระบบมาเปรียบเทียบแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตพบว่ามีความใกล้เคียงกัน ส่วนน้ำหนักปลาทองในระบบการเลี้ยงปลาทองอย่างเดียวนั้น ที่จริงแล้วควรมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่านี้ เนื่องจากว่าระหว่างทำการทดลองปลาทองเกิดเป็นโรค จึงต้องทำการรักษาโรคปลา ซึ่งสาเหตุนี้ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาไม่ดีเท่าที่ควร (ภาพที่ 5) ในการทดลองนั้นในแต่ละระบบเลี้ยงปลาทองที่ความหนาแน่น 90 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าปลาทองที่เลี้ยงในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีอัตราการรอดตาย ตามลำดับดังนี้ 100, 98.66, และ 92.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ทำการศึกษาเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพวยศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด ที่ความหนาแน่นของปลา 60 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการรอดตาย 99 เปอร์เซ็นต์

#### ตารางที่ 8 การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทอง

	ระบบ			
	NFT-Fish	DFT-Fish	Sand-Fish	Fish
น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม/ตัว)	$5.05 \pm 0.17$	$5.01 \pm 0.21$	$5.14 \pm 0.24$	$4.64 \pm 0.19$
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	$15.64 \pm 0.44$	$16.57 \pm 0.45$	$14.00 \pm 0.31$	$10.53 \pm 0.23$
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม/ตัว)	$10.59 \pm 0.14$	$11.56 \pm 0.12$	$8.86 \pm 0.04$	$5.89 \pm 0.02$
อัตราการรอด (%)	100	98.66	92.66	85.33



ภาพที่ 5 การเจริญเติบโตของปลาทองในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

### 1.2 การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา และอเมซอนใบยาว

จากการทดลองพบว่าใบพายศรีลังกา ในระบบการปลูกแบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.18, 1.00 และ 0.86 กรัมต่อต้นตามลำดับ ส่วนน้ำหนักอเมซอนใบยาว น้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ 1.27, 1.31 และ 1.30 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 9) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา และอเมซอนใบยาว หลังจากการทดลองนั้น มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น พบว่าระหว่างทำการทดลองช่วงสัปดาห์ที่ 5 พรรณไม้ประสบปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืช คือแมงมุมแดง เนื่องจากอากาศในช่วงนี้แห้งมาก แมงมุมแดงนี้จะดูดกินน้ำเลี้ยงของพรรณไม้ ทำให้ใบร่วง ต้นแคระแกร็น การเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามข้อมูลของน้ำหนักพรรณไม้ทั้งสองชนิดในทุกะบบมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา และอเมซอนใบยาว

	ระบบ NFT-Fish		ระบบ DFT-Fish		ระบบ Sand-Fish	
	ใบพาย	อเมซอน	ใบพาย	อเมซอน	ใบพาย	อเมซอน
น้ำหนักเริ่มต้น(กรัม/ต้น)	1.10	1.15	0.91	1.19	0.80	1.20
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ต้น)	1.18	1.27	1.00	1.31	0.86	1.30
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม/ต้น)	0.08	0.12	0.09	0.12	0.06	0.10

2. ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish ใช้น้ำมีปริมาตรตามลำดับดังนี้ 1.13, 1.089 และ 1.063 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่การเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพรรณไม้ในทั้ง 3 ระบบ สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 4 เท่า (ตารางที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ใช้น้ำในระบบการเลี้ยงปลาของร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา 0.609 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่การเลี้ยงปลาของอย่างเดียวใช้น้ำ 4.05 ลูกบาศก์เมตร สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 5 เท่า

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบ Fish, NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish

	Fish	NFT-Fish	DFT-Fish	Sand-Fish
	(ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)	(ลบ.ม.)
น้ำที่ใช้เริ่มต้นในการเลี้ยง	0.528	0.528	0.528	0.528
น้ำที่ใช้ในระหว่างการทดลอง	3.63	-	-	-
น้ำที่ใช้เติมในระบบปลา-พืช	-	0.602	0.561	0.543
น้ำที่ใช้ทั้งหมด	4.158	1.13	1.089	1.063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

### 3. ประสิทธิภาพการบำบัดของไบพายศรีลังกาและอเมซอนไยยาว

จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรท์ ไนเตรท ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสทั้งหมดของไบพายศรีลังกาและอเมซอนไยยาวในแต่ละระบบ ไม่มีความแตกต่างกันมาก (ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ศึกษาการเลี้ยงปลาของร่วมกับไบพายศรีลังกา พบว่าไบพายศรีลังกาสามารถบำบัดแอมโมเนีย ไนโตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสได้ 11.62, 10.06, 10.92 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพบว่า ในระบบ Sand-Fish ประสิทธิภาพการบำบัดของไบพายศรีลังกา และอเมซอนไยยาวดีที่สุด คือ สามารถบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ  $18.03 \pm 4.282$  เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ  $9.37 \pm 1.731$  เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ระบบ NFT-Fish และ DFT-Fish มีประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ  $12.93 \pm 3.561$  และ  $11.435 \pm 2.480$  เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ  $7.84 \pm 2.094$  และ  $4.57 \pm 0.998$  ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ประสิทธิภาพของการดูดซับมีน้อยมาก ระหว่างทำการทดลองนั้น ประสบปัญหา โรคพรรณไม้ น้ำ ตะกอนที่ติดอยู่กับรากพรรณไม้ น้ำ และช่วงสภาพอากาศบางช่วงที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในในระบบ

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพการบำบัดของไบพายศรีลังกา และอเมซอนไบยาว

คุณภาพน้ำ	NFT-Fish		DFT-Fish		SAND-Fish	
	ประสิทธิภาพ (%)	ช่วง (%)	ประสิทธิภาพ (%)	ช่วง (%)	ประสิทธิภาพ (%)	ช่วง (%)
แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen)						
- อเมซอนไบยาว	11.23±3.957	2.54-42.86	5.80±1.292	0.97-15.12	18.09±3.251	4.55-31.58
- ไบพายศรีลังกา	10.12±4.084	1.62-42.86	6.53±2.786	0.00-32.56	22.60±4.117	4.55-43.24
ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen )						
- อเมซอนไบยาว	18.60±4.607	4.17-50.00	15.62±2.929	0.75-33.33	24.86±6.644	0.00-50.00
- ไบพายศรีลังกา	17.71±4.749	4.17-50.00	14.34±3.001	1.24-33.33	21.64±6.884	0.00-50.00
ไนเตรท (Nitrate nitrogen)						
- อเมซอนไบยาว	9.30±1.810	3.08-22.04	14.45±2.988	0.00-29.79	10.61±2.423	0.00-22.88
- ไบพายศรีลังกา	10.60±2.158	0.38-24.50	11.89±1.882	0.00-18.96	10.393±2.372	0.00-26.63
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total kjeldahl nitrogen)						
- อเมซอนไบยาว	13.04±3.458	3.26-38.36	11.95±2.403	0.57-26.08	17.85±4.106	1.51-34.82
- ไบพายศรีลังกา	12.81±3.664	2.05-39.12	10.92±2.556	0.41-28.28	18.21±4.458	1.47-39.96
ฟอสฟอรัส (Orthrophosphate)						
- อเมซอนไบยาว	5.79±1.605	0.00-15.48	6.12±2.880	0.00-33.33	10.99±4.122	1.08-50.00
- ไบพายศรีลังกา	4.79±1.456	0.00-14.53	6.37±2.766	0.63-33.33	6.41±1.527	0.00-12.91
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate)						
- อเมซอนไบยาว	7.66±2.010	0.00-21.10	4.59±1.169	0.00-11.37	8.646±1.966	0.00-21.15
- ไบพายศรีลังกา	8.01±2.179	0.00-25.56	4.58±0.828	0.00-8.09	10.087±1.496	0.00-16.17

ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish

คุณภาพน้ำ	NFT-Fish		DFT-Fish		Sand-Fish	
	ประสิทธิภาพ (%)	ช่วง (%)	ประสิทธิภาพ (%)	ช่วง (%)	ประสิทธิภาพ (%)	ช่วง (%)
แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen)	10.67±4.020	1.26-42.86	6.16±2.039	0.00-32.56	20.34±3.684	4.55-43.24
ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen)	18.16±4.678	4.17-50.00	15.01±2.965	0.75-33.33	23.25±6.764	0.00-50.00
ไนเตรท (Nitrate nitrogen)	9.95±1.984	0.38-24.50	13.17±2.435	0.00-29.79	10.50±2.391	0.00-26.63
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total kjeldahl nitrogen)	12.93±3.561	2.05-39.12	11.44±2.480	0.00-28.28	18.03±4.282	0.00-39.96
ฟอสฟอรัส (Orthrophosphate)	5.29±1.530	0.00-15.48	6.24±2.823	0.00-33.33	8.70±2.825	0.00-50.00
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphate)	7.84±2.094	0.00-25.56	4.57±0.998	0.00-11.37	9.37±1.731	0.00-21.15

#### 4. คุณภาพน้ำในระบบ

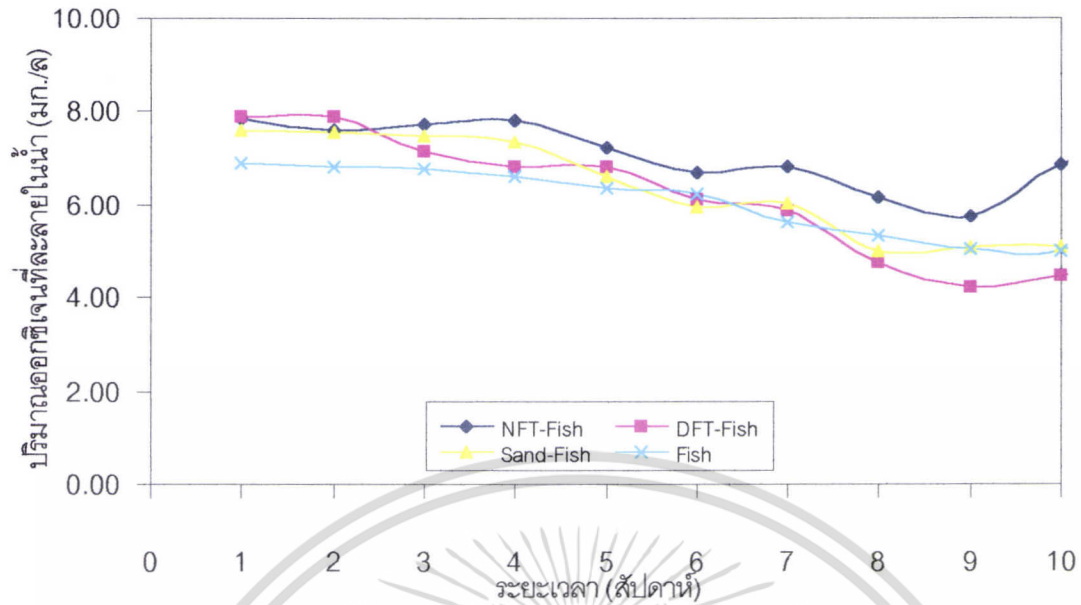
อุณหภูมิในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish มีค่าเฉลี่ย  $27.4 \pm 0.386$ ,  $27.1 \pm 0.374$ ,  $27.2 \pm 0.368$  และ  $27.3 \pm 0.348$  องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งในแต่ละระบบ อุณหภูมินั้นไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 13) สอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ศึกษาเลี้ยงปลาทองร่วมกับไบพายศรีลังกา ซึ่งมีอุณหภูมิในระบบอยู่ในช่วง 25.0-30.5 องศาเซลเซียส

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish มีปริมาณที่แตกต่างกันคือ มีค่าเฉลี่ย  $7.02 \pm 0.218$ ,  $6.06 \pm 0.432$ ,  $6.32 \pm 0.364$  และ  $6.08 \pm 0.226$  มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดลองนั้นพบว่า ปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละระบบ ลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากช่วงสัปดาห์หลังอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ปริมาณการละลายตัวของออกซิเจนลดลง (ภาพที่ 6 และตารางที่ 13) สังเกตว่าค่าเฉลี่ยแต่ละระบบปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับ นงนุช (2544) ที่เลี้ยงปลาทองร่วมกับพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินในระบบปิด ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากปริมาณออกซิเจนมีความสำคัญต่อการหายใจของปลา และขบวนการ Nitrification ของแบคทีเรีย

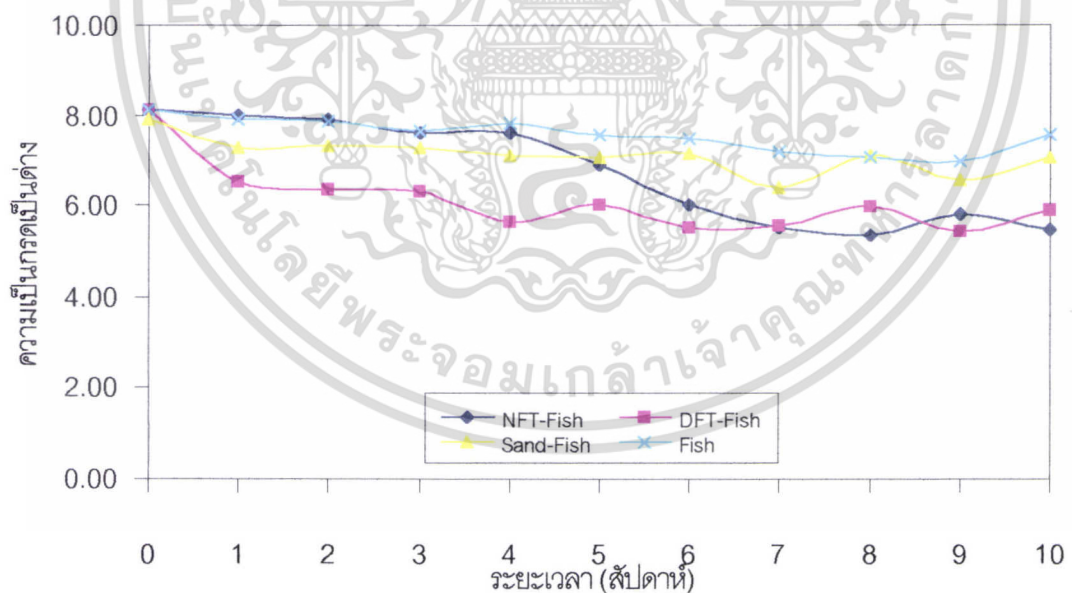
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish มีค่าเฉลี่ย  $6.75 \pm 0.030$ ,  $6.12 \pm 0.029$ ,  $7.11 \pm 0.051$  และ  $7.56 \pm 0.28$  มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแนวโน้มของค่าความเป็นกรดเป็นด่างทั้ง 3 ระบบมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมาก (ภาพที่ 7 และตารางที่ 13) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายโดยทั่วไปจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ (อิทธิสุนทร, 2538)

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish มีค่าเฉลี่ย  $0.64 \pm 0.003$ ,  $0.90 \pm 0.004$ ,  $0.68 \pm 0.005$  และ  $1.50 \pm 0.016$  มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยในแต่ละระบบมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในระบบ Fish มีค่าการนำไฟฟ้าช่วงสัปดาห์ที่ 2, 3, 6 และ 9 มีการใส่ยารักษาปลาทอง คือ ไส้เกลือและฟอร์มาลิน ทำให้ในช่วงนั้นมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมาก (ภาพที่ 8 และตารางที่ 13)

ค่าความเป็นด่างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish มีค่าเฉลี่ย  $38.11 \pm 0.29$ ,  $22.98 \pm 0.32$ ,  $34.21 \pm 0.63$  และ  $73.41 \pm 0.32$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีค่าแตกต่างกันแต่แตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนในระบบ Fish นั้นค่าความเป็นด่างมีความแตกต่างกับระบบทั้ง 3 ระบบ (ภาพที่ 9 และตารางที่ 13)

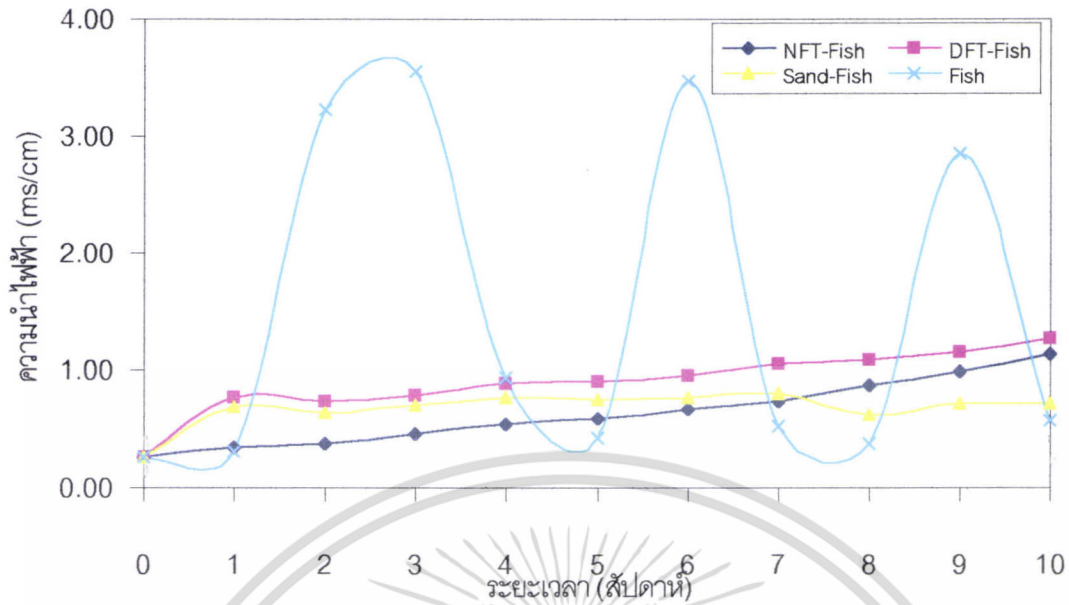


ภาพที่ 6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

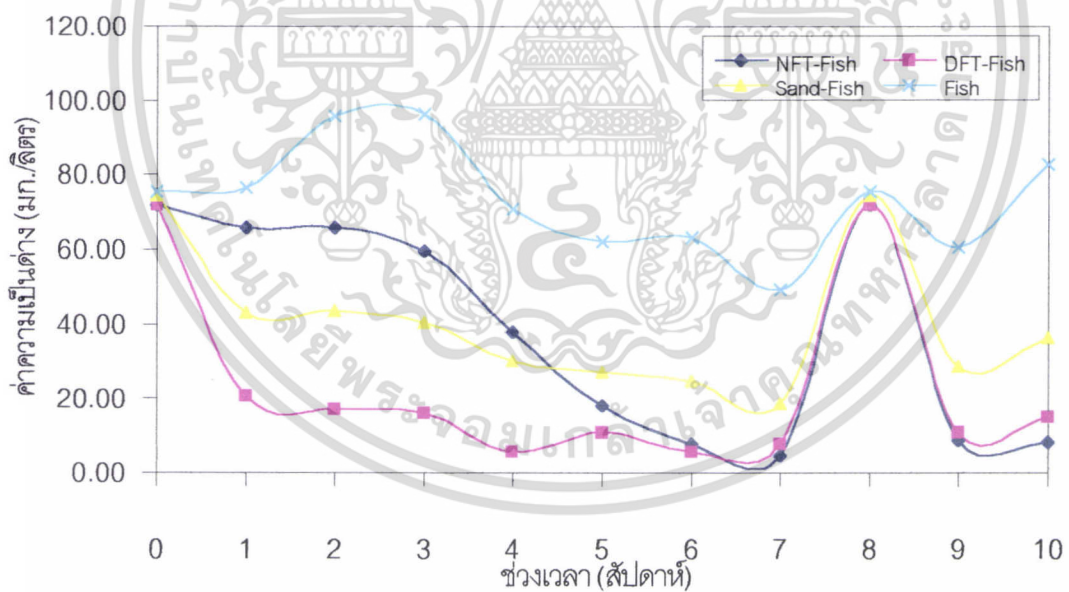


ภาพที่ 7 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์



ภาพที่ 9 ค่าความเป็นต่างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

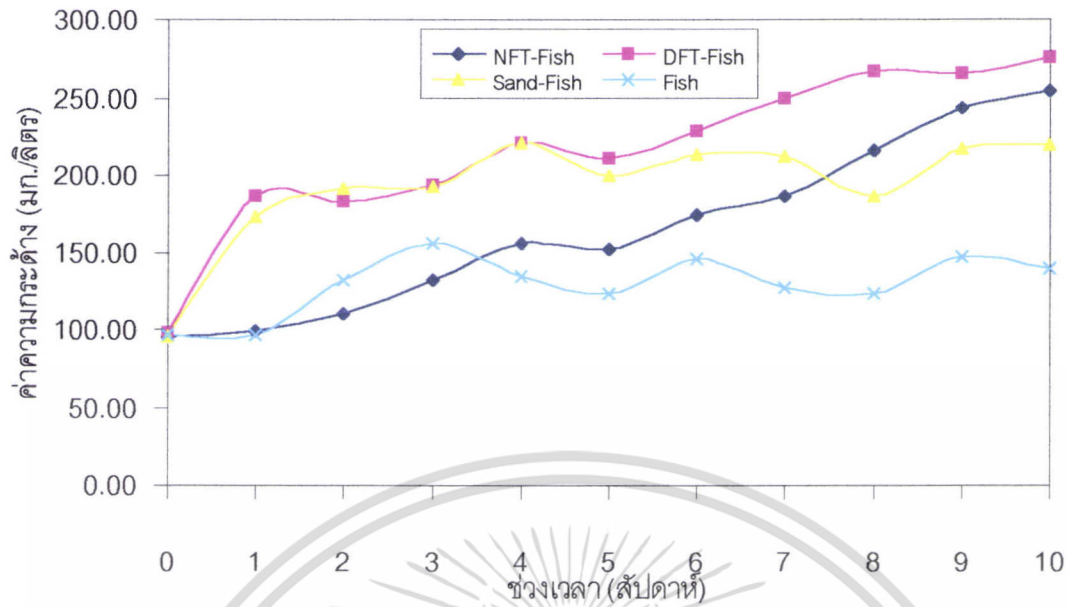
ค่าความกระด้างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish มีค่าเฉลี่ย  $165.20 \pm 1.040$ ,  $216.18 \pm 1.273$ ,  $192.79 \pm 0.772$  และ  $129.12 \pm 0.791$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีค่าแตกต่างกันแต่แตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนในระบบ Fish นั้นค่าความเป็นต่างมีความแตกต่างกับระบบทั้ง 3 ระบบ (ภาพที่ 10 และตารางที่ 13) ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนั้นพบว่า ค่าความกระด้างอยู่ในช่วง 150-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าความกระด้างในช่วงนี้จัดว่าเป็นน้ำกระด้าง

ปริมาณแอมโมเนียในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าเฉลี่ย  $1.25 \pm 0.023$ ,  $2.09 \pm 0.033$ ,  $0.20 \pm 0.015$  และ  $1.06 \pm 0.028$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Fish มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในระบบ Sand มีความแตกต่างกับระบบทั้ง 3 ระบบ (ภาพที่ 11 และตารางที่ 13) เพราะว่าในระบบ Sand-Fish มีทรายซึ่งทรายนี้เป็นวัสดุที่แบคทีเรีย Nitrification สามารถยึดเกาะ และด้วยมีพื้นที่ในการยึดเกาะมาก ทำให้ปฏิกิริยาการออกซิไดส์จากแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรทเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระบบ ค่าเฉลี่ยของปริมาณของทุกระบบ สอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ศึกษาทดลองเลี้ยงปลาทองร่วมกับไบพายศรีลังกาแบบไร้นินในระบบปิด มีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.09-2.94 มิลลิกรัมต่อลิตร

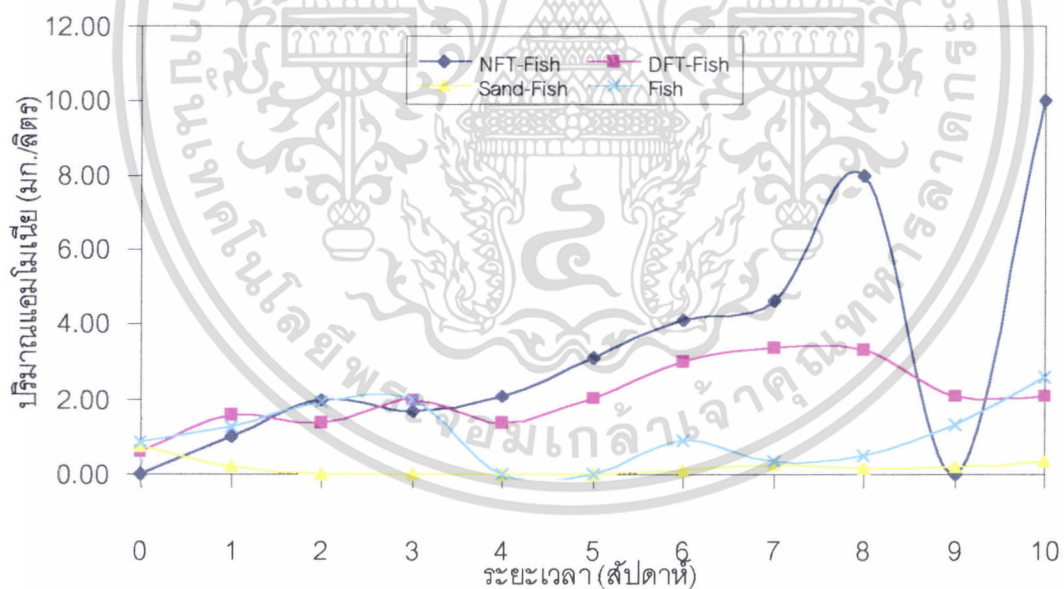
ปริมาณไนไตรท์ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าเฉลี่ย  $0.43 \pm 0.028$ ,  $0.99 \pm 0.015$ ,  $0.17 \pm 0.005$  และ  $1.53$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ Sand ปริมาณไนไตรท์มีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระบบอื่น (ภาพที่ 12 และตารางที่ 13) เพราะว่าในระบบ Sand-Fish มีทรายที่มีพื้นที่ที่ให้แบคทีเรียกลุ่ม Nitrification ได้มาก ทำให้ปฏิกิริยาการออกซิไดส์จากแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์ และไนเตรทเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์ของแต่ละระบบ สอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ศึกษาทดลองเลี้ยงปลาทองร่วมกับไบพายศรีลังกา มีปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.09-2.89 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณไนเตรทในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าเฉลี่ย  $32.28 \pm 0.515$ ,  $54.87 \pm 1.036$ ,  $29.23 \pm 0.851$  และ  $7.12 \pm 0.182$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ สัจเทพ (2544) ที่ศึกษาทดลองเลี้ยงปลาทองร่วมกับไบพายศรีลังกา มีปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 1.86-72.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ส่วนในระบบ Fish มีปริมาณน้อยกว่าและความแตกต่างกับระบบทั้ง 3 ระบบ (ภาพที่ 13 และตารางที่ 13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

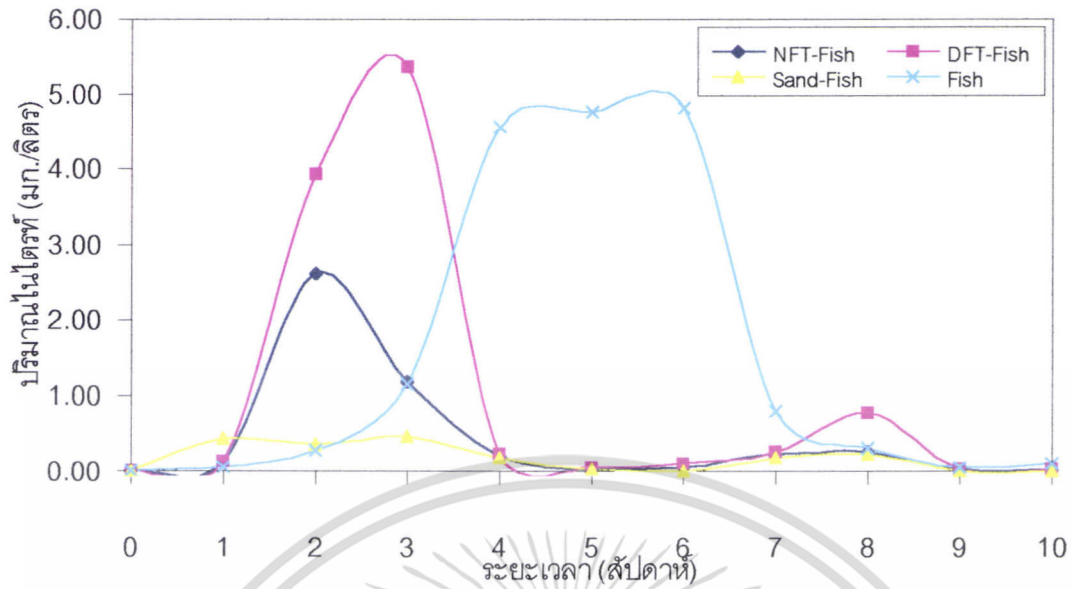


ภาพที่ 10 ค่าความกระด้างในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

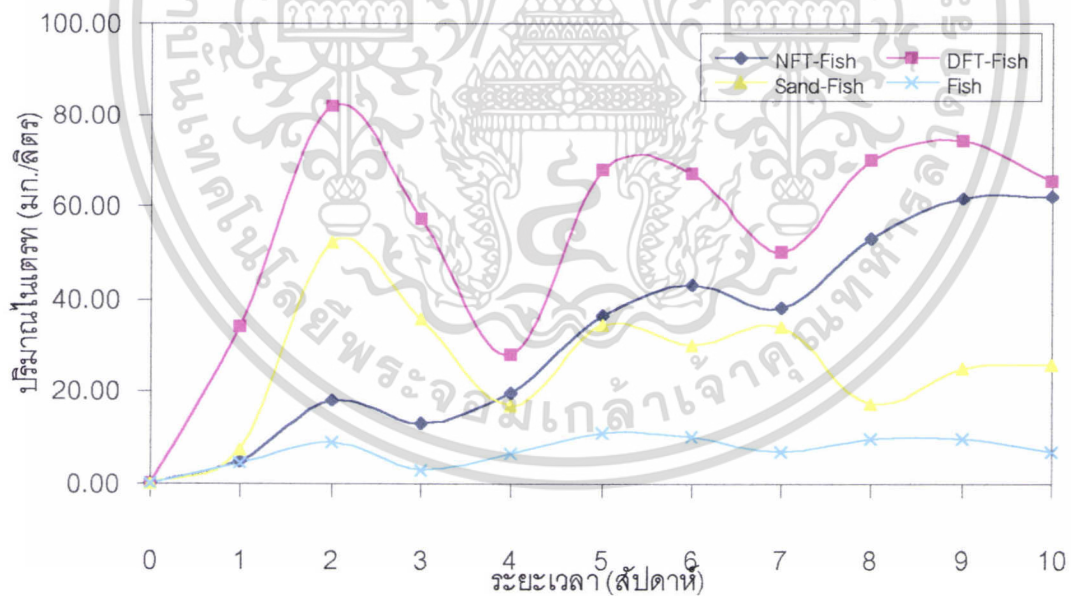


ภาพที่ 11 ปริมาณแอมโมเนียในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์



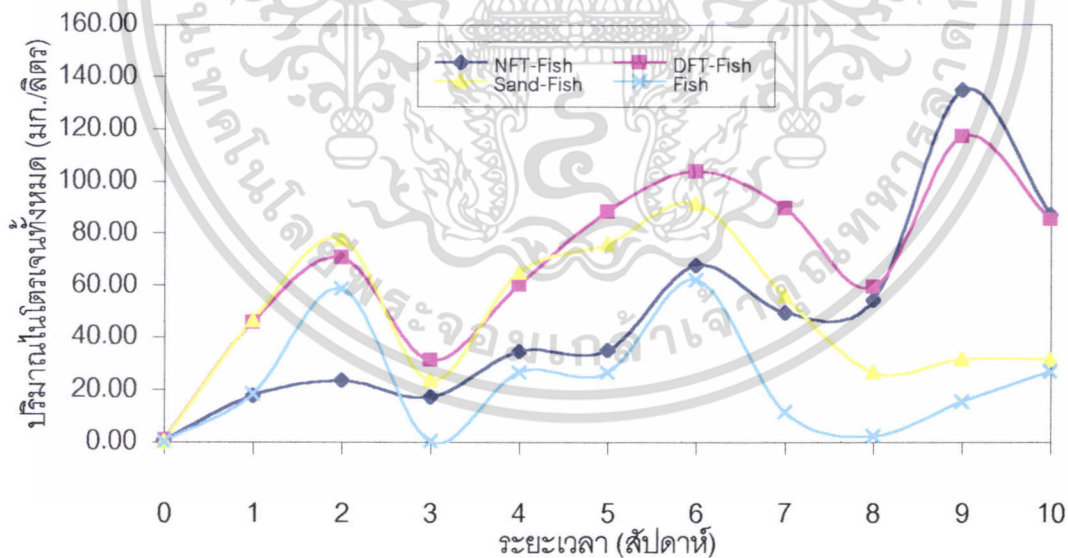
ภาพที่ 13 ปริมาณไนเตรทในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าเฉลี่ย  $48.35 \pm 1.778$ ,  $68.23 \pm 1.747$ ,  $47.72 \pm 2.023$  และ  $47.72 \pm 2.023$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 14 และตารางที่ 13) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดนั้น จะรวมถึงปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรท์และปริมาณไนเตรท

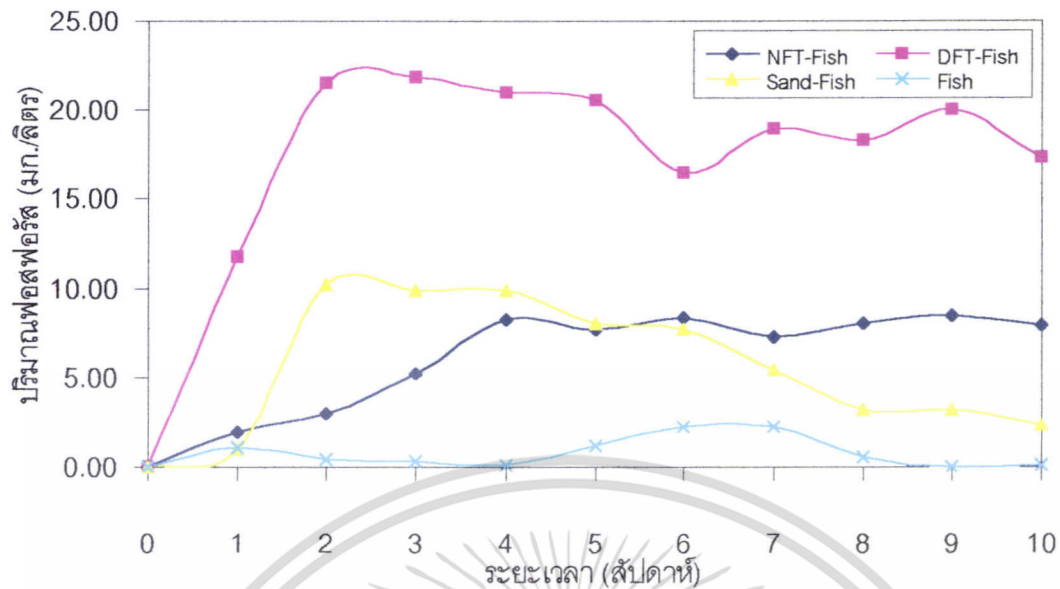
ปริมาณฟอสฟอรัสในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าเฉลี่ย  $6.10 \pm 0.067$ ,  $17.06 \pm 0.126$ ,  $5.63 \pm 0.151$  และ  $0.75 \pm 0.028$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ DFT-Fish มีมากกว่าระบบ NFT-Fish และ Sand-Fish (ภาพที่ 15 และตารางที่ 13)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีค่าเฉลี่ย  $6.99 \pm 0.121$ ,  $19.99 \pm 0.175$ ,  $7.36 \pm 0.365$ , และ  $0.77 \pm 0.019$  มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยในระบบ DFT-Fish ที่มากกว่าระบบ NFT-Fish และ Sand-Fish (ภาพที่ 16 และตารางที่ 13) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในทุกะบบมีการสะสมน้อยมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะตกตะกอนลงมา (Rakocy et al., 1993) อีกทั้งทุกๆ สัปดาห์ภายในระบบมีการดูดตะกอน ทำให้สูญเสียฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในตะกอนไปด้วย

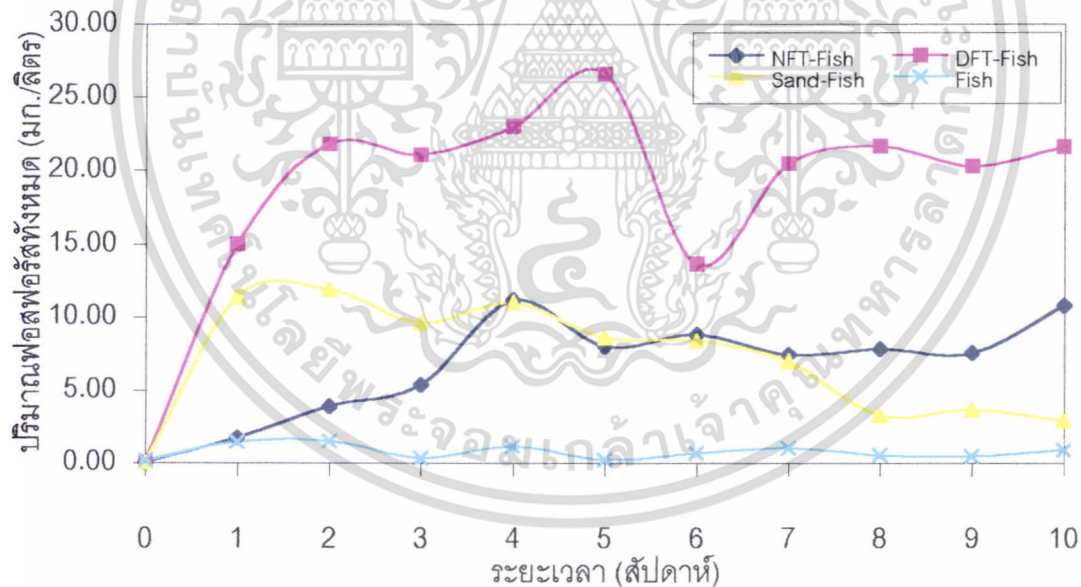


ภาพที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัสในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์



ภาพที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish ตลอดการทดลอง 10 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยและช่วงคุณภาพน้ำในระบบ

คุณภาพน้ำ	ระบบ NFT-Fish		ระบบ DFT-Fish		ระบบ Sand-Fish		ระบบ Fish	
	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง	ค่าเฉลี่ย±SE	ช่วง
อุณหภูมิ (°C)	27.4±0.386	20.0-31.1	27.1±0.374	20.1-30.2	27.2±0.368	20.2-30.3	27.3±0.348	20.1-30.0
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มก. / ลิตร)	7.02±0.218	5.75-7.83	6.06±0.432	4.23-7.91	6.32±0.364	4.70-7.57	6.08±0.226	4.98-6.82
ความเป็นกรดเป็นด่าง (มก. / ลิตร)	6.75±0.030	5.3-8.2	6.12±0.029	5.3-8.1	7.11±0.051	5.6-8.0	7.56±0.28	6.9-8.1
การนำไฟฟ้า (มก. / ลิตร)	0.64±0.003	0.34-1.14	0.90±0.004	0.72-1.27	0.68±0.005	0.60-0.80	1.50±0.016	0.226-3.58
ความเป็นด่าง (มก. / ลิตร)	38.11±0.29	4.33-72.33	22.98±0.32	4.67-72.67	34.21±0.63	8.67-77.00	73.41±0.32	49.33-97.00
ความกระด้าง (มก. / ลิตร)	165.20±1.040	92.67-256.00	216.18±1.273	90-276.67	195.79±0.772	89.33-227.33	129.12±0.791	95.33-156.00
แอมโมเนีย (มก. / ลิตร)	1.25±0.023	0.00-4.33	2.09±0.033	0.57-3.51	0.20±0.015	0.00-0.98	1.06±0.028	0.00-2.58
ไนโตรท์ (มก. / ลิตร)	0.43±0.028	0.00-2.78	0.99±0.015	0.00-5.98	0.17±0.005	0.00-0.51	1.53±0.007	0.00-4.82
ไนเตรท (มก. / ลิตร)	32.28±0.515	0.08-78.62	54.87±1.036	0.10-91.61	29.23±0.851	0.00-97.55	7.12±0.182	0.10-11.11
ไนโตรเจนทั้งหมด (มก. / ลิตร)	48.35±1.778	0.32-140.06	68.23±1.747	0.26-119.60	47.72±2.023	0.00-103.95	22.48±1.00	0.00-75.89
ฟอสฟอรัส (มก. / ลิตร)	6.10±0.067	0.01-9.41	17.06±0.126	0.00-22.24	5.63±0.151	0.01-11.93	0.75±0.028	0.00-2.24
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก. / ลิตร)	6.99±0.121	0.01-21.47	19.99±0.175	0.01-28.07	7.36±0.365	0.02-13.71	0.77±0.019	0.10-2.26

## สรุป

การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพของระบบการปลูกใบพายศรีลังกาและอมซอนใบยาวแบบไร้ดินร่วมกับการเลี้ยงปลาทองในระบบปิด พบว่า

1. อัตราการเจริญเติบโตของปลาทองในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และระบบ Fish มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย  $16.57 \pm 0.45$ ,  $15.64 \pm 0.44$ ,  $14.00 \pm 0.31$  และ  $10.53 \pm 0.23$  กรัมต่อตัว ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตทุกระบบมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

2. การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกาและอมซอนใบยาวในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish และ Sand-Fish มีน้ำหนักสิ้นสุดเฉลี่ย 1.18, 1.00 และ 0.86 กรัมต่อต้น ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของพรรณไม้ในในแต่ละระบบมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

3. ประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าระบบ Sand-Fish มีประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีที่สุดคือ ไนโตรเจนเท่ากับ  $18.03 \pm 4.282$  เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ระบบ NFT-Fish และ DFT-Fish มีประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ  $12.93 \pm 3.561$  และ  $11.435 \pm 2.480$  เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ  $7.84 \pm 2.094$  และ  $4.57 \pm 0.998$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

### ข้อเสนอแนะ

1. ระหว่างการทดลอง มักประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคเนื่องจากอากาศ ซึ่งการสเปรย์น้ำก็สามารถช่วยได้ระยะหนึ่งเท่านั้น การจัดการที่ดีควรกำจัดแมลงโรคพืชก่อนนำพืชขึ้นระบบ ส่วนปัญหาที่พบอีกอย่างหนึ่งก็คือ โรคปลา หากทำการเลี้ยงในฤดูหนาวมักจะประสบปัญหาเรื่องทำให้ปลากินอาหารน้อย การเจริญเติบโตของปลาจึงไม่ดีเท่าที่ควร

2. ระหว่างการทดลอง พบว่ามีการสะสมตะกอนมากภายในระบบ สังเกตได้จากพรรณไม้ในน้ำทั้ง 2 ชนิด คือมีตะกอนไปจับบริเวณรากมาก ทำให้รากไม่สามารถดูดซึมแร่ธาตุอาหารได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากระบบกรองชีวภาพ (กรองละเอียด) มีการทрудตัวของแผ่นกรอง ทำให้ตะกอนขนาดเล็กๆ สามารถหลุดผ่านเข้าไปในระบบได้

### เอกสารอ้างอิง

- นงนุช เลหาะวิสุทธิ. 2544. ระบบการเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดิน. ในระบบปิด. วารสารเคหะการเกษตร. 25(7) : 205-215.
- วันเพ็ญ มินกาญณ์ และกาญจนา พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 122หน้า
- สังเทพ สุขแก้ว. 2544. การเลี้ยงปลาของร่วมกับการปลูกใบพวยศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 37 หน้า
- อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดิเรก ทองอร่าม, สุมิตรา ภู่วโรดม และนุกูล ถวิลถึง. 2542. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 159 หน้า
- Anon. 2001 "Aquaculture in Alberta" (2001, August 31). [online] Available: [http://www.Agric.gb.ab.ca/Livestock/aquaculture/aqra\\_news/0007a.html](http://www.Agric.gb.ab.ca/Livestock/aquaculture/aqra_news/0007a.html)
- Anon. 2001 "Greenhouse and hydroponic system " (2001, July 9). [online] Available: <http://www.adumfarmine.com/fag.html>
- Mathew. 2001 "NFT and DFT using the hydroponic twist pot " (2001, November 11). [online] Available : [http://www.aquabloom.Power.up.Com.au/NFT%20 and DFT%20.htm](http://www.aquabloom.Power.up.Com.au/NFT%20and DFT%20.htm)
- Nair, A, J.E. RaKocy and J.A. Hargreaves 1985. Water quality characteristics of a close recirculating system for tilapia culture and tomato hydroponic. Proc. 2<sup>nd</sup> Int Conf. On water aquaculture–Finfish : 223-254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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., J.A. Hargreaves and D.S. Bailey. 1993. Nutrient accumulation in a recirculation aquaculture system integrated with hydroponic vegetable production. *Techniques for Modern Aquaculture, ASAE, (this volume)*

Seawright, D.E., Stickney, R.R. and walker, R.B. 1998. Nutrient dynamic in integrated aquaculture-hydroponics system. *Aquaculture* 160 : 215-237

Watten, B.J. and Busch, R.L. 1984. Tropical production of tilapia (*Sarotherodon macrochirus*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculating water system. *Aquaculture* 41 : 271-283

## ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงอุณหภูมิในรอบวันของระบบ NFT- Fish, DFT- Fish, Sand- Fish และ Fish

วัน/เดือน/ปี	NFT-Fish		DFT-Fish		Sand-Fish		Fish	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
31/12/44	21.7	20.0	21.7	20.1	21.4	20.2	21.4	20.1
7/1/45	24.8	22.9	24.3	22.8	24.3	22.8	24.8	22.9
14/1/45	27.7	24.3	27.0	24.0	25.8	23.7	29.2	24.4
21/1/45	28.9	26.7	27.7	26.2	27.5	26.2	28.2	26.4
28/1/45	27.2	24.5	27.0	24.4	26.7	24.1	26.5	24.0
30/1/45	29.3	23.4	29.0	23.0	28.9	23.0	27.0	22.0
31/1/45	29.5	24.2	28.9	23.8	29.1	24.2	27.0	23.0
1/2/45	29.4	23.6	29.1	23.2	29.1	23.5	27.0	24.0
2/2/45	29.4	24.6	29.1	24.7	29.2	25.0	27.0	25.0
3/2/45	29.5	23.8	29.1	24.1	28.9	24.9	27.0	24.0
4/2/45	29.3	24.5	29.0	24.2	29.0	23.8	27.0	25.0
5/2/45	29.4	24.6	29.1	24.0	29.3	24.5	27.0	25.0
6/2/45	29.4	23.7	29.2	23.9	29.1	24.1	27.0	25.0
7/2/45	29.4	24.5	29.0	24.1	28.8	24.5	30.0	25.0
8/2/45	29.4	25.4	29.1	25.3	28.9	25.1	30.0	25.0
9/2/45	29.5	25.5	28.9	25.2	28.9	25.6	30.0	27.0
10/2/45	29.6	25.5	29.0	25.2	29.2	25.6	29.0	25.0
11/2/45	29.9	25.8	29.1	25.5	29.2	26.3	30.0	27.0
12/2/45	31.1	25.8	29.1	25.6	29.1	26.3	29.0	27.0
13/2/45	30.5	26.7	29.8	26.5	30.3	27.0	30.0	27.0
14/2/45	30.1	26.2	29.7	25.9	30.3	26.0	29.0	27.0
15/2/45	30.0	26.1	29.8	25.9	30.2	25.9	29.0	27.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	NFT-Fish		DFT-Fish		Sand-Fish		Fish	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
16/2/45	29.9	26.0	29.8	25.8	29.7	25.8	29.0	27.0
17/2/45	28.7	26.1	28.0	25.9	28.2	26.1	28.0	27.0
18/2/45	28.6	26.0	28.3	25.8	28.1	26.2	28.0	27.0
19/2/45	31.0	26.6	29.9	26.5	29.7	26.3	29.0	27.0
20/2/45	30.1	26.3	29.9	26.0	29.8	26.6	29.0	27.0
21/2/45	29.8	25.7	29.4	25.3	29.2	25.9	29.0	27.0
22/2/45	29.6	26.1	29.3	25.7	29.1	26.7	29.0	26.0
23/2/45	29.7	26.6	29.4	26.3	29.3	26.5	29.0	27.0
24/2/45	29.7	26.8	29.6	26.4	29.5	26.7	30.0	28.0
25/2/45	29.8	26.8	29.5	26.3	29.3	26.6	30.0	28.0
26/2/45	29.7	26.6	29.6	26.3	29.4	26.5	29.0	27.0
27/2/45	29.7	26.4	29.6	26.2	29.5	26.7	29.0	27.0
28/2/45	29.9	26.4	30.0	26.7	30.0	26.5	30.0	27.0
1/3/45	30.0	26.4	30.2	27.1	30.3	26.8	30.0	28.0
2/3/45	30.0	26.8	30.2	27.5	30.3	27.2	30.0	28.0
3/3/45	29.4	26.9	29.6	27.0	29.6	27.2	30.0	29.0
4/3/45	30.0	26.5	30.0	27.1	30.1	26.9	30.0	28.0
5/3/45	30.0	26.5	29.9	27.1	29.9	27.0	30.0	28.0
เฉลี่ย	29.3	25.4	28.9	25.3	28.9	25.5	28.5	26
SE	0.253	0.226	0.251	0.235	0.269	0.239	0.277	0.300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	7.84	7.60	7.72	7.83	7.25	6.71	6.81	6.16	5.75	6.87	7.22
DFT-Fish	7.89	7.91	7.14	6.82	6.83	6.12	5.85	4.74	4.23	4.47	4.70
Sand-Fish	7.62	7.57	7.49	7.35	6.63	5.95	6.03	5.02	5.08	5.10	4.70
Fish	6.89	6.82	6.77	6.62	6.38	6.26	5.64	5.34	5.04	4.98	6.12

ตารางผนวกที่ 3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	8.1	8.0	7.9	7.6	7.6	6.9	6.0	5.5	5.4	5.8	5.5
DFT-Fish	8.1	6.5	6.3	6.3	5.7	6.0	5.5	5.6	6.0	5.4	5.9
Sand-Fish	7.9	7.3	7.3	7.3	7.1	7.1	7.2	6.4	7.1	6.6	7.1
Fish	8.1	7.9	7.9	7.7	7.8	7.6	7.5	7.2	7.1	7.0	7.6

ตารางผนวกที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.26	0.34	0.38	0.46	0.55	0.60	0.68	0.74	0.88	0.99	1.13
DFT-Fish	0.26	0.77	0.74	0.79	0.89	0.90	0.96	1.06	1.09	1.16	1.27
Sand-Fish	0.27	0.69	0.65	0.71	0.77	0.76	0.78	0.80	0.62	0.72	0.73
Fish	0.26	0.32	3.22	3.56	0.94	0.43	3.48	0.52	0.38	2.86	0.57

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณความเป็นด่าง ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	71.83	65.42	65.50	59.42	38.08	18.17	7.58	4.50	71.83	8.50	8.33
DFT-Fish	72.00	20.50	16.83	16.08	5.83	10.92	5.58	7.75	72.00	10.58	14.67
Sand-Fish	74.58	43.25	43.50	40.33	30.17	27.42	24.83	18.67	74.58	28.75	36.25
Fish	75.33	76.33	95.67	96.67	70.83	61.83	62.83	49.33	75.33	60.67	82.67

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความกระด้าง ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	94.50	99.33	110.17	132.00	155.00	152.33	174.00	186.33	216.17	243.33	254.00
DFT-Fish	97.33	186.67	183.00	194.00	220.83	211.50	228.33	248.83	267.17	264.83	275.50
Sand-Fish	94.83	172.50	190.83	193.00	220.83	200.00	214.17	212.50	185.83	216.83	219.33
Fish	96.00	96.33	132.67	155.33	134.67	123.00	146.00	126.67	124.00	146.67	139.00

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณแอมโมเนีย ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.00	0.28	0.10	0.00	0.00	0.07	1.05	2.62	4.26	2.41	2.94
DFT-Fish	0.63	1.59	1.37	1.97	1.35	2.02	3.02	3.34	3.28	2.07	2.11
Sand-Fish	0.75	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.28	0.16	0.22	0.35
Fish	0.87	1.26	1.91	1.99	0.00	0.00	0.91	0.35	0.51	1.33	2.58

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณไนโตรเจนในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.00	0.12	2.60	1.18	0.20	0.02	0.05	0.23	0.26	0.02	0.03
DFT-Fish	0.00	0.13	3.94	5.35	0.23	0.06	0.10	0.26	0.76	0.02	0.04
Sand-Fish	0.00	0.45	0.36	0.45	0.18	0.01	0.01	0.18	0.24	0.01	0.01
Fish	0.00	0.05	0.28	1.15	4.56	4.79	4.82	0.80	0.31	0.05	0.09

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณไนเตรทในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.08	5.09	18.12	13.30	19.68	36.62	43.07	38.11	53.01	61.75	61.96
DFT-Fish	0.10	34.21	82.02	57.01	28.09	67.87	67.13	50.26	69.76	74.02	65.61
Sand-Fish	0.06	7.29	52.16	35.73	16.95	34.46	30.19	34.01	17.31	25.06	25.88
Fish	0.10	4.65	9.18	2.78	6.53	11.11	10.20	7.05	9.77	9.96	7.01

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.50	17.48	23.36	16.87	34.42	34.84	67.69	49.42	54.18	134.56	87.15
DFT-Fish	0.35	45.66	70.47	31.13	60.03	88.46	103.66	89.65	59.28	116.99	85.38
Sand-Fish	0.00	46.31	77.72	23.36	64.78	75.88	91.43	55.81	26.50	31.44	31.57
Fish	0.00	18.22	58.55	0.11	26.38	26.46	62.00	11.36	2.03	15.28	26.89

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัส ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.01	1.96	3.03	5.23	8.23	7.71	8.41	7.26	8.05	8.44	7.90
DFT-Fish	0.02	11.74	21.46	21.74	20.92	20.45	16.45	18.89	18.26	19.98	17.25
Sand-Fish	0.02	0.92	10.16	9.82	9.90	8.10	7.69	5.51	3.24	3.18	2.35
Fish	0.00	1.11	0.43	0.36	0.12	1.19	2.24	2.23	0.54	0.00	0.06

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบ NFT-Fish, DFT-Fish, Sand-Fish และ Fish เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ระบบ	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่3	สัปดาห์ที่4	สัปดาห์ที่5	สัปดาห์ที่6	สัปดาห์ที่7	สัปดาห์ที่8	สัปดาห์ที่9	สัปดาห์ที่10
NFT-Fish	0.01	1.73	3.89	5.40	11.15	8.01	8.82	7.44	7.81	7.55	10.78
DFT-Fish	0.01	14.96	21.77	21.04	23.00	26.54	25.70	23.59	21.62	20.23	21.58
Sand-Fish	0.02	11.36	11.89	9.62	10.99	8.61	8.41	6.98	3.30	3.68	2.96
Fish	0.15	1.47	1.53	0.33	1.16	0.22	0.67	1.05	0.54	0.48	0.91



ตารางผนวกที่ 13 การชั่งวัดปลาทองในระบบ NFT-Fish

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
1	3.9	4.49	4.0	5.49	3.9	5.21	6.3	10.20	4.1	8.61	6.2	17.61
2	4.2	6.05	3.9	6.65	4.2	4.97	4.0	6.00	4.5	10.63	6.1	18.47
3	4.5	6.20	4.2	5.95	4.5	7.40	4.3	8.34	4.5	10.69	5.8	15.67
4	3.7	3.96	4.3	6.77	4.4	6.34	4.9	10.07	4.7	11.60	5.3	14.83
5	3.9	4.23	4.7	7.30	4.0	5.76	5.0	9.85	5.0	14.76	5.5	15.82
6	4.2	5.82	4.1	5.26	3.6	4.80	4.2	7.58	5.7	14.24	5.8	15.66
7	4.1	5.16	4.6	6.11	4.2	9.19	3.9	7.25	5.5	12.79	6.0	15.74
8	4.3	5.81	4.5	7.35	4.6	7.29	4.7	10.99	5.4	14.56	5.1	14.44
9	4.3	5.57	4.1	6.52	4.0	6.65	5.1	10.00	5.0	13.95	6.5	19.87
10	4.4	5.88	4.2	5.49	4.1	6.57	5.1	9.00	5.2	12.61	5.5	15.25
11	4.2	6.04	4.1	6.37	4.4	7.28	4.5	8.25	5.0	11.92	5.5	14.39

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
12	3.9	4.43	4.1	5.46	4.2	6.11	4.5	8.88	5.5	12.36	6.1	16.09
13	4.1	5.28	3.9	4.44	4.5	7.74	4.5	8.30	4.9	11.59	5.5	14.89
14	4.1	5.13	4.3	5.56	4.1	5.43	5.1	9.38	5.0	11.96	5.7	12.62
15	4.1	5.26	4.3	5.99	3.9	4.19	4.9	7.98	4.5	9.21	5.9	16.81
16	3.9	4.36	4.2	5.05	4.1	6.39	4.7	8.58	4.6	10.81	5.5	13.17
17	3.6	3.78	4.5	6.30	4.3	7.00	5.2	9.11	5.0	12.39	6.0	19.23
18	4.0	5.13	4.0	4.06	4.0	6.81	4.5	9.36	4.2	10.49	5.4	14.66
19	3.9	4.13	4.0	5.01	4.0	5.19	4.1	6.71	5.0	11.18	5.2	13.34
20	4.0	4.30	3.7	3.81	4.7	8.20	4.2	7.69	5.0	12.48	5.5	14.20
ค่าเฉลี่ย	4.07	5.05	4.19	5.75	4.19	6.43	4.69	8.68	4.92	11.94	5.71	15.64
SE	0.05	0.17	0.06	0.22	0.06	0.28	0.12	0.28	0.10	0.37	0.08	0.44

ตารางผนวกที่ 14 การชั่งวัดปลาทองในระบบ DFT-Fish

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
1	4.0	6.06	3.8	4.56	3.8	4.30	5.0	8.64	5.7	15.51	5.9	12.80
2	3.5	4.17	3.2	4.59	5.1	8.37	4.5	8.90	4.9	9.78	5.9	18.67
3	3.8	4.42	4.5	4.99	4.6	6.93	4.0	8.23	4.9	12.33	6.0	19.77
4	3.6	3.55	4.8	7.13	4.0	5.99	5.0	9.29	4.5	9.01	6.0	19.85
5	3.8	4.38	4.0	5.88	5.0	8.22	3.2	6.28	5.5	11.27	6.0	14.09
6	4.0	4.74	4.3	7.12	4.9	6.54	4.4	8.47	4.8	10.99	6.0	18.31
7	4.3	6.46	4.7	7.23	4.2	6.47	5.1	10.21	5.0	10.90	5.5	15.68
8	4.0	5.17	3.8	5.78	4.9	7.54	5.0	10.30	5.4	13.30	5.5	14.52
9	4.0	4.76	4.6	7.50	4.5	6.70	4.3	7.87	4.9	11.72	5.0	14.95
10	4.0	4.75	4.3	6.51	4.0	6.97	5.1	10.11	5.5	14.27	6.0	16.45
11	4.0	4.86	4.8	6.72	4.4	6.40	5.0	8.86	5.4	12.81	5.9	16.70

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
12	3.9	4.86	4.1	5.26	4.1	4.73	4.1	8.76	4.0	6.89	6.2	18.82
13	4.3	6.70	5.0	6.87	4.0	7.88	4.2	7.62	5.2	15.23	5.4	16.97
14	4.2	6.69	3.5	4.29	3.5	3.63	4.7	7.89	4.5	8.78	5.5	16.10
15	3.8	4.57	4.5	6.20	3.7	6.22	5.0	8.52	4.5	8.89	5.0	16.87
16	4.3	6.43	4.0	5.92	3.1	4.13	4.5	7.36	5.2	15.09	5.5	14.77
17	3.7	3.92	4.0	4.87	4.3	7.01	4.0	8.33	4.5	12.66	5.4	13.64
18	3.8	4.55	4.3	6.72	5.0	8.26	4.5	8.94	5.0	11.53	5.8	17.60
19	3.7	4.61	4.0	5.69	4.0	5.25	5.0	8.79	4.1	8.77	5.5	16.82
20	3.8	4.49	4.0	5.24	3.9	4.28	4.5	10.02	5.2	11.34	6.0	18.06
ค่าเฉลี่ย	3.93	5.01	4.21	5.95	4.25	6.29	4.56	8.67	4.94	11.55	5.70	16.57
SE	0.05	0.21	0.10	0.22	0.12	0.33	0.11	0.23	0.11	0.54	0.08	0.45

ตารางผนวกที่ 15 การชั่งวัดปลาทองในระบบ Sand-Fish

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
1	4.20	5.82	4.1	6.64	5.0	7.17	4.0	10.06	5.5	12.41	5.0	14.84
2	4.00	6.85	3.6	5.07	4.0	5.60	4.4	7.77	4.9	8.74	5.5	15.82
3	4.50	5.43	3.7	5.55	4.0	7.07	4.5	8.40	5.5	12.14	5.5	14.42
4	4.20	5.81	3.6	5.49	4.1	5.87	4.5	8.28	4.5	12.29	5.5	15.22
5	4.10	6.76	4.9	7.53	4.3	6.28	4.9	6.68	4.5	9.41	5.0	12.54
6	4.00	4.93	4.6	6.10	4.0	7.82	4.1	6.55	5.0	13.62	5.8	14.27
7	3.50	4.07	4.0	5.01	3.9	6.33	4.5	8.24	5.1	14.96	4.6	13.46
8	4.00	4.75	3.7	5.37	4.0	5.97	4.1	5.79	4.3	8.14	5.1	13.26
9	4.00	4.44	4.5	6.15	4.0	6.05	4.0	5.13	6.0	13.56	5.9	16.93
10	3.50	3.72	3.5	4.71	3.5	4.61	4.9	10.84	5.0	10.66	5.7	14.92
11	3.80	5.86	4.2	5.81	4.6	6.68	4.1	8.46	4.2	9.75	5.0	11.60

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
12	3.70	5.67	4.5	5.42	4.5	6.12	4.5	9.23	4.0	8.00	5.2	13.21
13	4.00	4.8	3.7	5.40	4.0	5.27	5.0	11.67	4.0	8.70	5.5	14.35
14	3.50	4.75	4.0	7.77	3.7	5.08	4.0	7.56	4.0	7.95	5.0	13.88
15	4.10	6.72	4.0	5.09	4.2	5.59	3.7	5.99	4.5	10.20	5.5	16.04
16	3.90	6.25	3.8	5.57	4.0	5.07	4.5	5.86	4.5	9.62	5.3	12.35
17	4.00	4.44	3.9	6.86	3.6	5.57	5.0	8.69	4.8	9.58	5.5	12.88
18	4.10	4.83	4.0	4.30	3.4	3.57	4.2	6.20	4.9	10.52	5.0	13.78
19	3.80	3.54	4.1	5.24	4.0	4.70	4.0	5.48	6.0	14.94	5.1	12.29
20	3.60	3.38	4.0	4.92	3.7	4.32	4.4	8.71	5.5	12.02	4.7	13.91
ค่าเฉลี่ย	3.93	5.14	4.02	5.70	4.03	5.74	4.37	7.78	4.84	10.86	5.27	14.00
SE	0.06	0.24	0.08	0.20	0.08	0.23	0.08	0.41	0.14	0.50	0.08	0.31

ตารางผนวกที่ 16 การตั้งวัดปลาทองในระบบ Fish

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
1	3.5	5.93	3.8	5.46	3.7	4.84	3.5	4.08	5.1	13.54	5.0	9.40
2	3.4	5.67	3.5	3.52	3.6	5.09	4.4	7.20	4.5	9.76	5.0	10.67
3	3.3	3.64	4.6	6.13	4.5	5.45	4.0	6.74	3.9	6.28	4.5	9.74
4	4.0	4.87	4.5	6.24	4.0	6.60	3.5	5.43	3.9	8.88	4.0	11.02
5	3.9	5.43	3.6	4.42	4.3	6.51	4.5	7.31	3.8	7.89	4.5	9.26
6	4.2	5.95	3.6	4.05	4.9	5.21	4.2	7.35	3.5	5.42	4.5	9.67
7	4.1	4.48	3.4	4.09	4.0	5.37	4.5	9.65	3.9	5.35	4.5	10.49
8	3.9	4.08	3.4	4.44	4.0	7.57	4.1	7.41	4.5	7.54	4.6	11.17
9	4.0	4.46	3.5	4.18	3.6	4.97	4.2	5.74	4.3	6.77	4.4	10.34
10	3.7	4.33	3.8	4.86	4.5	7.12	4.2	9.07	4.3	8.53	5.0	10.54
11	4.0	5.54	3.8	5.00	4.5	8.44	3.5	4.80	4.1	9.16	4.5	8.87

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

จำนวน	เริ่มต้น		ครั้งที่1		ครั้งที่2		ครั้งที่3		ครั้งที่4		ครั้งที่5	
	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก	ความยาว	น้ำหนัก
12	3.5	5.11	3.7	5.26	3.9	5.40	4.2	7.26	3.5	4.96	5.0	11.66
13	3.8	5.23	4.0	5.25	3.5	5.39	3.6	4.33	4.0	7.93	4.5	8.89
14	4.0	5.28	3.7	4.60	3.4	3.23	3.6	4.02	4.0	8.85	4.5	12.01
15	3.5	4.10	4.1	5.56	4.0	4.79	3.6	5.67	4.2	9.04	4.8	11.83
16	3.7	4.67	3.5	4.56	4.0	4.89	4.1	7.49	4.1	6.47	4.5	11.80
17	3.5	3.69	3.7	5.51	3.5	3.66	4.0	5.40	4.5	7.43	4.8	11.29
18	3.5	3.61	4.0	4.86	3.6	3.17	5.4	9.19	4.2	8.13	4.9	9.53
19	3.6	3.61	3.5	4.03	3.7	3.93	4.7	7.63	4.2	7.99	5.0	10.68
20	3.2	3.21	3.5	3.68	3.1	3.51	5.0	7.56	3.5	4.90	4.4	11.69
ค่าเฉลี่ย	3.72	4.64	3.76	4.79	3.92	5.26	4.14	6.67	4.10	7.74	4.65	10.53
SE	0.06	0.19	0.08	0.17	0.10	0.32	0.12	0.37	0.09	0.45	0.06	0.23