ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด
Combined Production of Goldfish (*Carassius auratas*) and Crypts (*Cryptocoryne sp.*) in Close Recirculating Water

ชื่อนักศึกษา นายสัจเทพ สุขแก้ว **รหัส** 40044286
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ์
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อิทธิสุนทร นันทกิจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย
อาจารย์ที่ปรึกษา.....
(อาจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....(แทน)
(อาจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)
หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
วันที่ 31 เดือน พ.ค. พ.ศ. 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด

Combined Production of Goldfish (*Carassius auratas*) and Crypts (*Cryptocoryne sp.*)

in Close Recirculating Water

การศึกษาการเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิดเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของคุณภาพน้ำและธาตุอาหารในการเลี้ยงปลาทอง การปลูกใบพายศรีลังกาและการเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา พบว่า คุณภาพน้ำใน 3 ระบบที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นด่าง ความกระด้าง ส่วนคุณภาพน้ำที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ตลอดระยะเวลาทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาทองที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงปลาทอง-ใบพายศรีลังกา มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากระบบการเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว และใบพายศรีลังกาก็เช่นเดียวกันมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากระบบการปลูกใบพายศรีลังกาอย่างเดียว และปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบก็น้อยกว่าระบบการเลี้ยงปลาทองอย่างเดียวถึง 5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของบุคคลหลายท่านดังนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาปัญหาต่าง ๆ อย่างใกล้ชิดตลอดการทดลอง จนปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการทดลองครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่นันทิมา สุทธิวรรณกุล ที่คอยช่วยเหลือในการวิเคราะห์น้ำและการเตรียมงานในการทดลองจนเสร็จสิ้นการทดลอง

ขอขอบคุณ พี่บุปผา จงพิพัฒน์ ที่คอยช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์และสารเคมี รวมทั้งให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการใช้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบคุณ พี่ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน และเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดการทดลอง

นายสัจเทพ สุขแก้ว

มิถุนายน 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	Ii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง	7
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	12
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราส่วนพื้นที่การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไร้ดิน	3
3.1 คุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์น้ำ	10
4.1 ประสิทธิภาพในการดูดซึมของใบพายศรีลังกาจากบ่อเลี้ยงปลาทอง	12
4.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการเลี้ยงปลาทอง ระบบปลูกใบพายศรีลังกา และระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกา	13
4.3 การวิเคราะห์น้ำหนักปลาทองและอัตรารอดของปลาทอง	14
4.4 การวิเคราะห์น้ำหนักใบพายศรีลังกา	14
4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและช่วงของคุณภาพน้ำในระบบ	24
ตารางผนวกที่	
1 การชั่งวัดปลาทองของการทดลองครั้งที่ 1	29
2 การชั่งวัดปลาทองของการทดลองครั้งที่ 2	30
3 แสดงอุณหภูมิในรอบวันของระบบครั้งที่ 1	31
4 แสดงอุณหภูมิในรอบวันของระบบครั้งที่ 2	34
5 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เฉลี่ย	37
6 ค่าความนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไร้ดินในระบบปิด	2
3.1	ทรีตเมนท์ที่ 1 การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา	8
3.2	ทรีตเมนท์ที่ 2 การปลูกใบพายศรีลังกาอย่างเดียว	8
3.3	ทรีตเมนท์ที่ 3 การเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว	9
4.1	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	17
4.2	เปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นกรดเป็นด่างของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	17
4.3	ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	18
4.4	เปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นด่างของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	18
4.5	ค่าความกระด้างเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	19
4.6	เปรียบเทียบความแตกต่างค่าความกระด้างของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	19
4.7	ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	20
4.8	เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณแอมโมเนียของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	20
4.9	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	21
4.10	เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณไนไตรท์ของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	21
4.11	ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	22
4.12	เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณไนเตรทของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	22
4.13	ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	23
4.14	เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณฟอสฟอรัสของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด

Combined Production of Goldfish (*Carassius auratas*) and Crypts (*Cryptocoryne sp*) in Close Recirculating Water.

บทที่ 1 บทนำ

การเลี้ยงปลาสวยงามเป็นงานอดิเรกที่สนใจกันอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ การเพาะเลี้ยงปลาสวยงามในประเทศจึงมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น แต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเรื่องน้ำที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงามในช่วงฤดูร้อนไม่เพียงพอกับความต้องการหรือการปนเปื้อนของสารเคมีที่ปล่อยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ปัจจุบันเกษตรกรหันมาเลี้ยงปลาสวยงามแบบหนาแน่นแต่การเลี้ยงปลาแบบนี้ของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมาซึ่งประกอบไปด้วยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณที่มากเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนอย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ (eutrophication)

การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (water reuse) เป็นวิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำและการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำได้ การใช้พรรณไม้น้ำเป็นตัวบำบัดทางชีวภาพ โดยพรรณไม้น้ำเป็นตัวดูดซับธาตุอาหารซึ่งมาจากการขับถ่ายของปลานำไปใช้ในการเจริญเติบโตและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วก็สามารถนำกลับมาเลี้ยงปลาได้อีก เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ การดำเนินการไม่ง่าย และราคาถูก พรรณไม้น้ำดังกล่าวยังเป็นผลผลิตเสริมของระบบการเลี้ยงปลาอีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของปลาทองและใบพายศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด

1.1.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำในการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกา

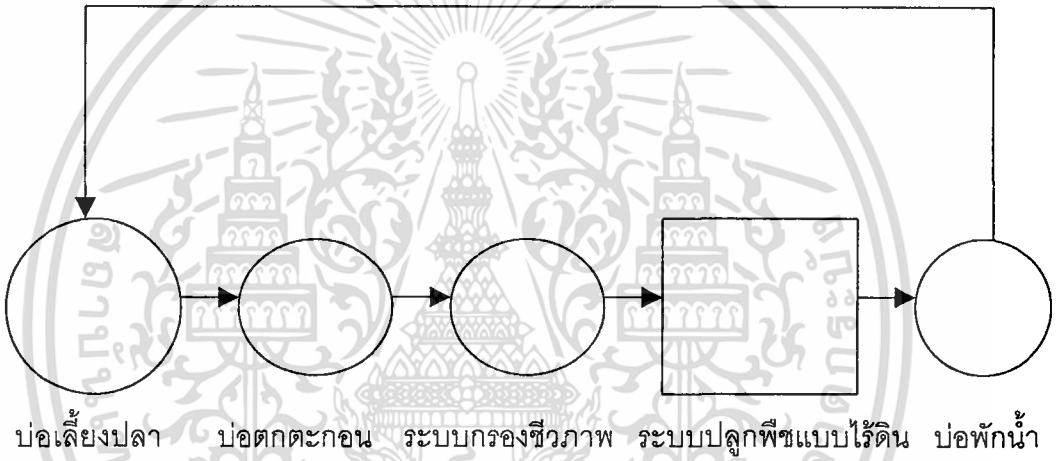
1.1.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของใบพายศรีลังกาในการบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร

2.1 การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไร้ดินในระบบปิด

มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ บ่อเลี้ยงปลา (rearing tank) ระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (hydroponic) และบ่อตกตะกอน (solid romoval) ทั้ง 3 ส่วนนี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบ นอกเหนือจากนี้อาจจะมีบ่อพักน้ำ (sump) หรือ ระบบกรองชีวภาพ (biofilter) เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ (Rakocy and Hargreaves ,1993) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไร้ดินในระบบปิด

2.1.1 บ่อเลี้ยงปลา

การเลี้ยงปลาในระบบปิดโดยทั่วไปจะใช้บ่อที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำ ที่มีอยู่ในระบบได้ โดยที่ปริมาณน้ำจะไม่สูญหายไปจากระบบ ปลาที่เลี้ยงในระบบปิดนิยมเลี้ยงในถังไฟเบอร์หรือบ่อวีเมนต์มากกว่าเลี้ยงในบ่อดิน เนื่องจากการเลี้ยงในบ่อดินควบคุมของเสียที่ปลาขับถ่ายได้ยากกว่าการเลี้ยงในถังไฟเบอร์หรือบ่อซีเมนต์ โดยขนาดของถังหรือบ่อที่ใช้จะขึ้นอยู่กับจำนวนปลาที่เลี้ยงและมีความเหมาะสมกับปริมาณของพืชที่ใช้ปลูกในระบบ กล่าวคือถ้าเลี้ยงปลาจำนวนมากต้องปลูกพืชจำนวนมากตามไปด้วย เพื่อที่ว่าของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา พืชสามารถดูดซับเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตในปริมาณที่มากพอที่จะทำให้ของเสียในบ่อลดลงอยู่ในปริมาณที่ปลาสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ปลูกพืชต่อปริมาตรน้ำในบ่อจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความสัมพันธุ์กับปริมาณปลาที่เลี้ยง การเลี้ยงในบ่อที่นิยมจะอยู่ในช่วง 0.6-2.4 ตารางเมตร / ลูกบาศก์เมตร (Rakocy and Hargreaves ,1993) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนพื้นที่การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไร้ดิน

บ่อเลี้ยงปลา (m^3)	ปริมาตรของระบบ (m^3)	พื้นที่ของระบบปลูกแบบไร้ดิน (m_2)	อัตราส่วน (m^2/m^3)	เอกสารอ้างอิง
0.25	2.0	0.74	0.37	Naegel,1977
0.87	3.85	8.8	2.29	Lewis et al.,1978
2.3	2.6	1.6	0.62	NAI, 1980
1.7	2.84	1.4	0.49	Pierce, 1980
2.3	2.3	1.7	0.74	Zweig, 1980
0.19	0.75	1.55	2.07	Sutton and Lewis, 1982
6.4	6.6	1.8	0.27	Head, 1984
6.9	7.4	9.0	1.22	Wattan and Busch, 1984
2.2	7.2	2.0	0.28	Wren, 1984
0.5	0.5	3.4	6.8	McMutry, 1989
0.5	0.5	2.3	4.6	McMutry, 1989
0.5	0.5	1.5	3.0	McMutry, 1989
0.5	0.5	1.2	2.4	McMutry, 1989
11.2	17.8	13.8	0.78	Rokocy, 1989a
22.5	22.5	100	4.44	McMurtry et al., 1990
11.2	15.1	13.8	0.91	Rakocy et al., 1993

Ratio = Hydroponic Area / System volume (m^2/m^3)

ที่มา : Rakocy and Hargreaves (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 บ่อตกตะกอน

เป็นบ่อที่ช่วยดักจับตะกอนที่มีขนาดใหญ่ออกเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันของท่อที่จะนำน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเข้าสู่ระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน โดยน้ำที่เข้าสู่ระบบจะใสแต่ยังคงมีแร่ธาตุอาหารของพืชอยู่และยังช่วยลดการหมักหมมที่จะเกิดขึ้นจากสิ่งที่ปลาขับถ่ายออกมาภายในบ่อ จะช่วยลดปัญหาการเกิดโรคได้อีกด้วย บ่อตกตะกอนมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบตามการไหลของน้ำ (flow) โดยให้น้ำหมุนเวียนเกิดการรวมตัวกันของตะกอน แรงโน้มถ่วงของโลกจะช่วยให้ตะกอนตกลงก้นบ่อ (Naegel , 1976) แบบตกตะกอน (sedimentation) เป็นบ่อตกตะกอนที่ใช้แรงโน้มถ่วงของโลกอย่างเดียว (Lewis และคณะ, 1978) แบบตาข่ายดักตะกอน (screening) และแบบตกตะกอนโดยรากพืช (interception by plant root) (Zwing , 1986) เป็นบ่อตกตะกอนที่อาศัยรากพืชในการดูดจับตะกอน น้ำจากบ่อตกตะกอนใสพอประมาณแต่ยังคงไว้ซึ่งแร่ธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการอยู่

2.1.3 ระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (Hydroponics)

เป็นวิธีการปลูกพืชลงในสารละลายสารอาหารพืชโดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรงหรือเป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน โดยจะใช้วัสดุปลูก เช่น เม็ดโฟม แผ่นฟองน้ำ ใยหิน วัสดุดังกล่าวสามารถเก็บความชื้นได้ดี ระบบการปลูกพืชแบบไร้ดินประกอบไปด้วย

(1.) ประเภทของการปลูกพืชแบบไร้ดิน

(1.1) การปลูกพืชแบบรากลอย (Aeroponic) เป็นการปลูกพืชที่ให้ส่วนของรากพืชลอยอยู่ในอากาศ และฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา คือฉีดสารละลายธาตุอาหาร 1 นาทีหยุด 3 นาที โครงสร้างการปลูกพืชแบบรากลอย มีอยู่หลายแบบ เช่น แบบกล่องสี่เหลี่ยม แบบกระโจมสามเหลี่ยม

(1.2) การปลูกพืชในวัสดุปลูก เป็นระบบการปลูกแบบให้น้ำหยดผสมสารละลายในถัง โดยมีปั๊มน้ำ ระบบปรับความดันในท่อให้คงที่ตามต้องการ ประกอบด้วยข้อต่อ 3 ทาง พร้อมประตูปิดเปิดน้ำแบบใช้มือหมุนเพื่อให้น้ำไหลกลับเข้าถังสารละลาย เครื่องกรอง มิเตอร์วัดความดัน (pressure gauge) เพื่อใช้วัดความดันในท่อ วาล์วไฟฟ้าต่อพ่วงกับระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ หรือเครื่องตั้งเวลา (timer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.3) การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช เป็นการปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ผ่านราก หรือที่เรียกว่า Nutrient film technique (NFT) การปลูกพืชแบบนี้มีองค์ประกอบหลัก 3 อย่างคือ รางปลูกพืช ปั๊มน้ำ ถังสารละลาย

(1.4) การปลูกพืชในสารละลายนิ่งและการให้อากาศ เป็นการปลูกพืชในอ่างพลาสติกสีดำ โดยในอ่างจะบรรจุสารละลายธาตุอาหารพืช ปิดฝาอ่างด้วยโฟมแล้วหุ้มด้วยพลาสติกสีขาวอีกชั้น เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ นำขวดสีชาบรรจุสารละลายธาตุอาหารให้เต็มและคว่ำขวดให้ปากขวดอยู่ที่ผิวของสารละลายในอ่าง เพื่อใช้เติมและรักษาระดับของสารละลายให้คงที่ตลอดเวลา และดูปริมาณการใช้น้ำของพืช มีการให้อากาศโดยใช้ปั๊มลมตลอด 24 ชั่วโมง (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2542)

(2.) ชนิดของพืชที่ใช้ปลูกในระบบ

มีหลายกลุ่ม ได้แก่ พืชผัก เช่น ผักกาดขาว ผักชี ผักบุ้ง ไม้ผล/ผักรับประทานผล เช่น สตรอเบอร์รี่ แคนตาลูป ถั่วฝักยาว พริก มะเขือเทศ ไม้ดอก เช่น กุหลาบ คาร์เนชั่น พืชสมุนไพร เช่น ว่านหางจรเข้ พืชสวนครัวต่าง ๆ พืชอาหารสัตว์ เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนพืชที่นิยมปลูกในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับพืช ได้แก่ มะเขือเทศ (Lewis et al ., 1978 ; Watten and Busch , 1984) สตรอเบอรี่ (Takeda , 1999)

2.2 คุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไร้ดิน

การเลี้ยงปลาในระบบปิด คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลง แต่เมื่อเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชในระบบปิด พืชจะช่วยในการดูดซับของเสียในรูปไนโตรเจน ทำให้คุณภาพน้ำเหมาะสมกับปลาที่เลี้ยง Rakocy and Allison (1981) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิล (*Tilapia aurea*) ร่วมกับพรรณไม้น้ำ สาหร่ายเดนซ่า (*Egeria densa)* และเทป (*Valiisneria* sp.) พบว่าพรรณไม้น้ำดังกล่าวจะช่วยลดแอมโมเนียและไนไตรท์ได้ 85.8% และ 17.3% ตามลำดับ

ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยงปลาจะมีธาตุอาหารชนิดใดมากนั้นขึ้นอยู่กับอาหารที่ให้ปลากินและขับถ่ายออกมา เมื่อเลี้ยงปลาไปได้ระยะเวลาหนึ่งธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในบ่อปลาก็จะสูงขึ้น Clakson and Lane (1991) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาคาร์พ (*Cyprinus carpio*) ร่วมกับข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare*) พบว่าเมื่อผ่านไป 4 สัปดาห์ปริมาณ N P Ca Mg K จะเพิ่มสูงขึ้นเป็นเท่าตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลผลิตที่ได้จากระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไร้ดิน

Lewis et al. (1978) ทำการศึกษาโดยเลี้ยง Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ร่วมกับมะเขือเทศ (*Lycopericon esculentum*) ได้ผลผลิต Channel catfish 31.5 กิโลกรัม/ปริมาตรน้ำ 3800 ลิตร ผลผลิตมะเขือเทศ 1.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร Rakocy and Allison (1981) ทำการศึกษาโดยเลี้ยงปลานิล (*Tilapia aurea)* กับพรรณไม้น้ำ (*Egeria densa* and *Valiisneria* sp.) ได้ผลผลิตปลานิล 596 กิโลกรัม/ปริมาตรน้ำ 15,400 ลิตร อัตรารอด 97.5% ผลผลิตพืชน้ำทั้งสองชนิด 39 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร Watten and Busch (1984) ทำการศึกษาโดยเลี้ยงปลาหมอเทศ (*Sarotherodon aurea)* ร่วมกับมะเขือเทศ (*Lycopericon esculentum)* ได้ผลผลิตปลา 63.6 กิโลกรัม/ปริมาตรน้ำ 9.72 ลูกบาศก์เมตร อัตรารอดของปลา 97.5% ผลผลิตมะเขือเทศ 87 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 ปลาที่ใช้ทดลอง

ปลาทอง (*Carassius auratus*) พันธุ์ออแรนดา

3.1.2 พืชที่ใช้ทดลอง

ใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne sp.*)

3.1.3 เครื่องมือและวัสดุที่ใช้

1. บ่อเลี้ยงปลาขนาด 800 ลิตร จำนวน 3 บ่อ
2. รางปลูกพืชแบบ Nutrient film technique (NFT) ของบริษัท Accent
3. ท่อพีวีซี
4. แอร์ปั๊ม
5. ปั๊มน้ำ
6. ถังพักน้ำ
7. ถังน้ำแข็งสำหรับทำเป็นถังกรอง
8. ตะกร้าพร้อมใยสังเคราะห์สำหรับทำเป็นตัวดักตะกอน
9. สายยางแอร์ปั๊ม สายยาง หัวทราย
10. ระบบน้ำอัตโนมัติ
11. ใยหิน (rock wool) , ถ้วยใส่พรรณไม้น้ำ
12. เทอร์โมมิเตอร์
13. สารเคมีและเครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำ

3.2 การดำเนินการทดลอง

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

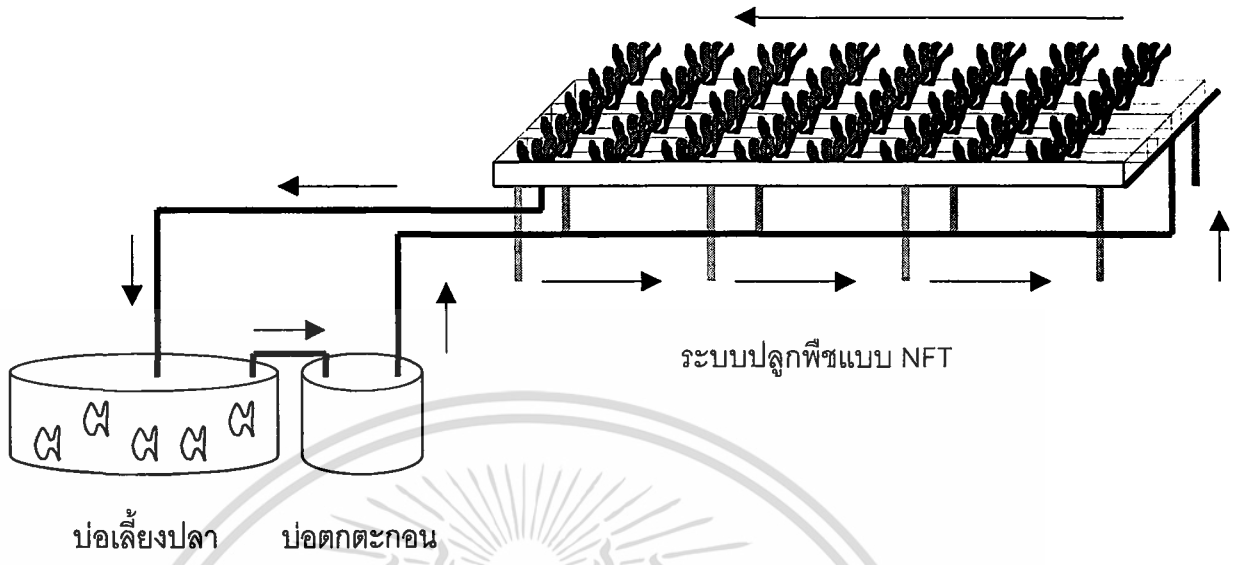
ทำการวางแผนการทดลองแบบ RCBD (การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง) ใช้เวลาเป็น block โดยทำการทดลอง 2 ครั้ง มีทรีตเมนท์ คือ

ทรีตเมนท์ที่ 1 การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา เตรียมบ่อและรางดังภาพที่ 3.1

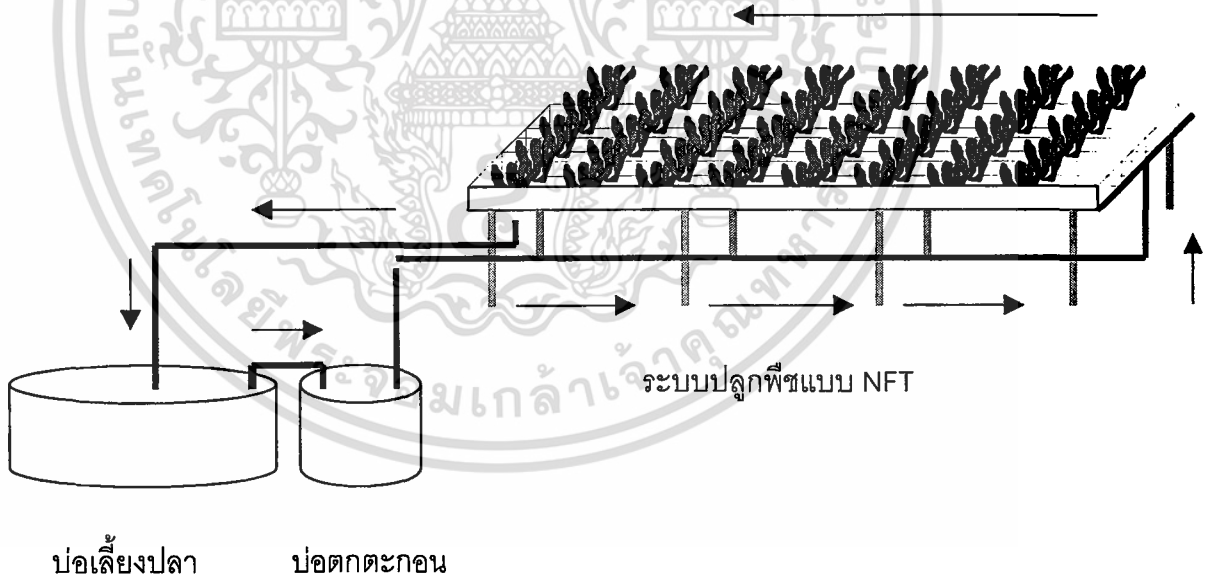
ทรีตเมนท์ที่ 2 การปลูกใบพายศรีลังกาอย่างเดียว เตรียมบ่อและรางดังภาพที่ 3.2

ทรีตเมนท์ที่ 3 การเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว เตรียมบ่อดังภาพที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

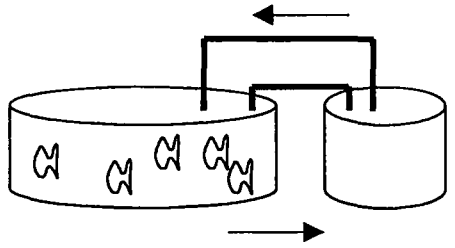


ภาพที่ 3.1 ทรีตเมนท์ที่ 1 การเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา



ภาพที่ 3.2 ทรีตเมนท์ที่ 2 การปลูกใบพายศรีลังกาอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ทรีตเมนท์ที่ 3 การเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว

3.2.2 การเตรียมปลาทดลอง (Experimental Fish)

นำปลาทองจากฟาร์มในจังหวัดราชบุรีมาทำการพักไว้เพื่อให้คุ้นเคยกับการเลี้ยงและอาหาร หลังจากนั้น 1 สัปดาห์นำไปใช้ในการทดลอง

3.2.3 การเตรียมพรรณไม้น้ำที่ใช้ทดลอง

นำใบพายศรีลังกา (*Cryptocoryne sp.*) จากฟาร์มพรรณไม้น้ำ ตัดรากออกบางส่วนเพื่อเร่งให้รากใหม่งอกเร็วขึ้น นำส่วนที่ตัดรากออกห่อด้วยใยหิน จากนั้นก็นำไปใส่ถ้วยพรรณไม้น้ำพักในบ่อที่เตรียมไว้ เมื่อรากใหม่เริ่มงอกและยึดติดกับใยหินจึงนำไปใช้ในการทดลอง

3.2.4 วิธีการทดลอง

นำปลาทองใส่ในถังทดลองขนาด 800 ลิตร โดยใช้น้ำ 550 ลิตร อัตราความหนาแน่น 60 ตัว/ตารางเมตร จำนวน 100 ตัวในชุดที่ 1 และ 3 พร้อมกับปลูกใบพายศรีลังกาจำนวน 360 ต้น ในทรีตเมนต์ที่ 1 และ 2

3.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทุก ๆ สัปดาห์ คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ดัง ตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 คุณภาพน้ำและวิธีการวิเคราะห์น้ำ

คุณภาพน้ำ	วิธี
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)	YSI oxygen meter (model 59)
อุณหภูมิ (Temperature)	YSI oxygen meter (model 59)
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	Model IQ 150
แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen)	Phenate method
ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen)	Azo dry method
ไนเตรท (Nitrate nitrogen)	Cadmium reduction method
ฟอสฟอรัส (Orthophosphate)	Ascorbic method
ความเป็นด่าง (Alkalinity)	Titration method
ความกระด้าง (Hardness)	Titration method

ทำการเก็บน้ำตัวอย่าง 7 จุดเพื่อนำมาวิเคราะห์ ได้แก่

จุดที่ 1 น้ำในบ่อเลี้ยงปลาทอง ทรีตเมนต์ที่ 1

จุดที่ 2 น้ำที่ออกจากรางปลูกใบพายศรีลังกา ทรีตเมนต์ที่ 1

จุดที่ 3 น้ำในบ่อ ทรีตเมนต์ที่ 2

จุดที่ 4 น้ำที่ออกจากรางปลูกใบพายศรีลังกา ทรีตเมนต์ที่ 2

จุดที่ 5 น้ำในบ่อเลี้ยงปลาทอง ทรีตเมนต์ที่ 3

จุดที่ 6 น้ำที่ออกจากถังกรอง ทรีตเมนต์ที่ 3

จุดที่ 7 น้ำในถังพักน้ำ

3.2.6 การจัดการในระบบการเลี้ยงปลาทองกับการปลูกพรรณไม้น้ำ (ใบพายศรีลังกา)

ให้อาหารปลาวันละ 2 ครั้ง โดยให้อาหารปลาในปริมาณ 3% ของน้ำหนักปลา ทุก ๆ 2 สัปดาห์ จะปรับปริมาณอาหารที่ให้ตามน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น ในระบบการปลูกใบพายศรีลังกามีการพ่นน้ำเป็นฝอย (spray) 5 ครั้ง /วัน โดยแบ่งเป็น 09.30 น. , 11.30 น. , 15.30 น. , 18.00 น. และ 21.00 น. (จะให้ในช่วงที่อากาศร้อน) โดยใช้ระบบน้ำเครื่องให้น้ำอัตโนมัติ ส่วนทรีตเมนต์ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยงปลาทอง ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ สัปดาห์ ทรีตเมนต์ที่ 1 และ ทรีตเมนต์ที่ 2 เพิ่มปริมาณน้ำให้มีปริมาตร 550 ลิตร

3.2.7 การวัดการเจริญเติบโตของปลาทองและใบพายศรีลังกา

(1) ปลาทอง ก่อนการทดลองชั่งหน่วยกรัม วัดความยาวหน่วยเซนติเมตร ทุก 2 สัปดาห์ สุ่มบ่อละ 20 ตัว นำมาชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เมื่อครบ 8 สัปดาห์

(2) ใบพายศรีลังกา ก่อนทดลองชั่งน้ำหนักเปียกและแห้ง เมื่อครบ 8 สัปดาห์ นำมาชั่งน้ำหนักเปียกและแห้ง โดยน้ำหนักแห้งจะสุ่มมา 20 ต้น

3.2.8 สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง อาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ (2 ซ้ำ ๆ ละ 8 สัปดาห์) เริ่มตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2543 – เดือนกันยายน 2543 และ เดือนพฤศจิกายน 2543 – เดือนมกราคม 2544

3.2.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel Version 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ประสิทธิภาพการดูดซึม

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณแร่ธาตุอาหารที่ปลาทองขับถ่ายออกมาและใบพายศรีลังกาสามารถดูดซึมไปใช้ในการเจริญเติบโต ได้แก่ แอมโมเนีย 11.62 ± 7.24 % ไนไตรท์ 10.06 ± 7.34 % ไนเตรท 10.92 ± 3.29 % และฟอสฟอรัส 2.31 ± 0.95 %

ตาราง 4.1 ประสิทธิภาพในการดูดซึมของใบพายศรีลังกาจากบ่อเลี้ยงปลาทอง

คุณภาพน้ำ	ประสิทธิภาพ	ช่วง
	%	%
แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen)	11.62 ± 7.24	3.38 - 42.86
ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen)	10.06 ± 7.34	2.10 - 42.86
ไนเตรท (Nitrate nitrogen)	10.92 ± 3.29	0.54 - 17.44
ฟอสฟอรัส (Orthrophosphate)	2.31 ± 0.95	0.27 - 6.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 **ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบ**

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกาใช้น้ำ 0.609 ลบ.ม. **ในขณะที่การเลี้ยงปลาทองอย่างดียวใช้น้ำ** 4.05 ลบ.ม. **ต่อรุ่น หรือการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำในระบบปิดสามารถประหยัดน้ำได้ถึง** 5 **เท่า ต่อรุ่น ดังตารางที่** 4.2

ตารางที 4.2 เปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบการเลี้ยงปลาทอง ระบบปลูกใบพายศรีลังกา และ ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกา

	การเลี้ยงปลาทอง	ระบบปลูกใบพายศรีลังกาแบบไร้ดิน	ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกาแบบไร้ดิน
	(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

*1 รุ่นใช้เวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 น้ำหนักปลาทองและใบพายศรีลังกา

เมื่อสิ้นสุดการทดลองน้ำหนักปลาทองเพิ่มขึ้น 909.5±116.49 กรัมต่อชุด และน้ำหนักใบพายศรีลังกา 331.82 ±32.18 กรัมต่อชุด ในระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกา เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P≤0.05) เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาทองอย่างเดียวกับการปลูกใบพายศรีลังกาอย่างเดียว ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์น้ำหนักปลาทองและอัตรารอดของปลาทอง

	การเลี้ยงปลาทอง	ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกาแบบไร้ดิน
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	5.39 ± 0.74	5.39 ± 0.74
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ตัว)	14.52 ± 0.43	14.49 ± 0.00
น้ำหนักเพิ่มขึ้น (กรัม/ชุด)	912.50 ± 73.98[a]	909.50 ± 116.49[a]
FCR	2.23 ± 0.47	2.00 ± 0.22
DWG	0.16 ± 0.02	0.15 ± 0.01
อัตรารอด (%)	98	99

* ตัวอักษรเหมือนกันในแนวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์น้ำหนักใบพายศรีลังกา

	ระบบปลูกใบพายศรีลังกา	ระบบการเลี้ยงปลาทองร่วมกับใบพายศรีลังกาแบบไร้ดิน
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ชุด)	536.74 ± 255.22	565.73 ± 262.66
น้ำหนักสิ้นสุด (กรัม/ชุด)	890.27 ± 296.66	861.57 ± 292.56
น้ำหนักเพิ่มขึ้น (กรัม/ชุด)	342.54 ± 37.63[a]	331.82 ± 32.18[a]

*ชุดละ 360 ต้น

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 คุณภาพน้ำในระบบ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทั้ง 3 ระบบ ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า คุณภาพน้ำที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่อุณหภูมิ ความเป็นด่าง ความกระด้าง ส่วนคุณภาพน้ำที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ดังตารางที่ 4.5

(1) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

แนวโน้มของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่อนข้างที่จะคงที่ทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้นั้นมีค่าต่ำสุด 6.68 $\pm$0.23 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาอย่างเดียวกับการปลูกพรรณไม้น้ำอย่างเดียว ดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตารางที่ 4.5

(2) ความเป็นด่าง (Alkalinity)

แนวโน้มของค่าความเป็นด่างค่อนข้างคงที่ทั้ง 3 ทรีตเมนต์ และมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.3 และ 4.4 ตารางที่ 4.5

(3) ความกระด้าง (Hardness)

ค่าความกระด้างมีแนวโน้มที่ลดลงในช่วงแรก ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงกลางและลดลงในช่วงท้ายการทดลอง ของทั้ง 3 ทรีตเมนต์ และมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.5 และ 4.6 ตารางที่ 4.5

(4) แอมโมเนีย

ปริมาณแอมโมเนียในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับปลูกพรรณไม้น้ำมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นและมีปริมาณแอมโมเนีย 1.48$\pm$0.54 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาอย่างเดียวกับการปลูกพรรณไม้น้ำอย่างเดียว ดังภาพที่ 4.7 และ 4.8 ตารางที่ 4.5

(5) ไนไตรท์

ปริมาณไนไตรท์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและลดลงช่วงหลัง ในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับปลูกพรรณไม้น้ำมีค่ามากสุด 1.47$\pm$0.44 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาอย่างเดียวกับการปลูกพรรณไม้น้ำอย่างเดียว ดังภาพที่ 4.9 และ 4.10 ตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

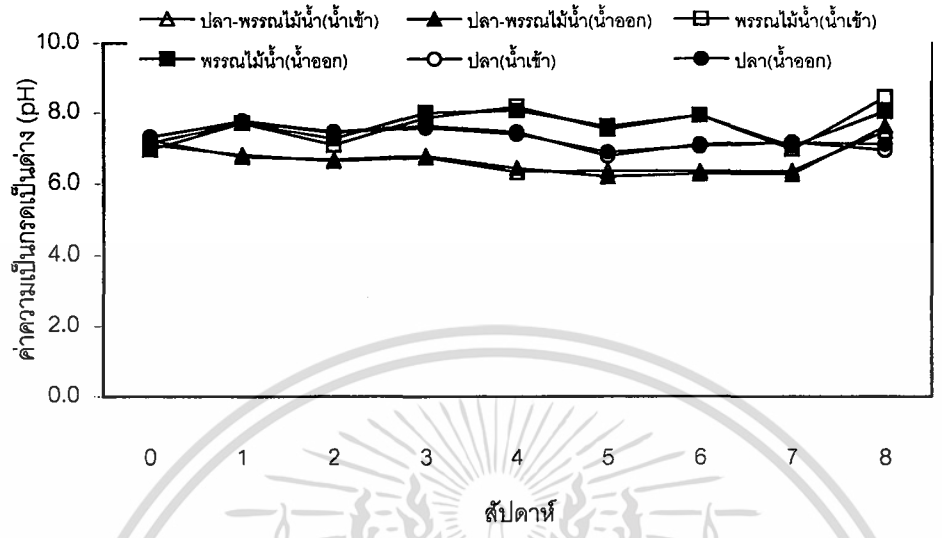
(6) ไนเตรท

ปริมาณไนเตรทมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 37.11±12.02 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับการปลูกพรรณไม้น้ำอย่างเดียวแต่จะแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) กับการเลี้ยงปลาอย่างเดียว ดังภาพที่ 4.11 และ 4.12 ตารางที่ 4.5

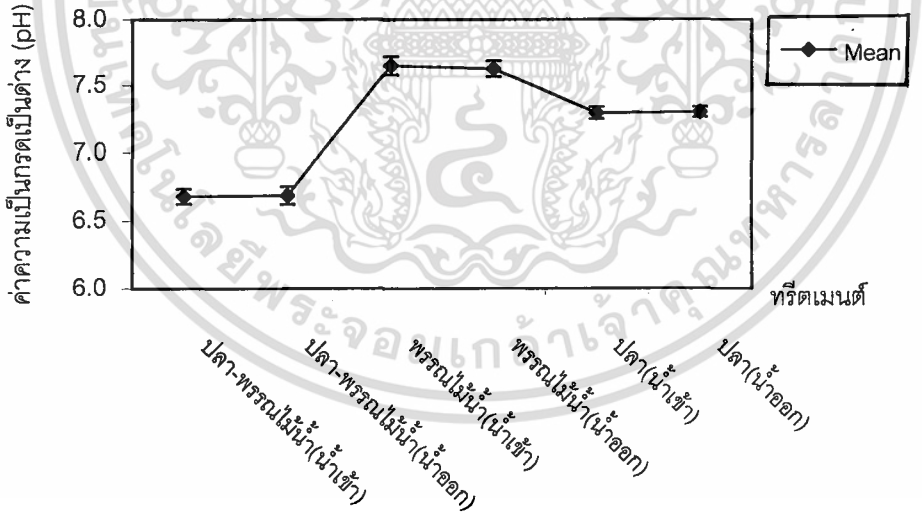
(7) ฟอสฟอรัส (Orthophosphate)

ปริมาณฟอสฟอรัสมีแนวโน้มคงที่ในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 10.17±2.63 มก./ลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับระบบการปลูกพรรณไม้น้ำอย่างเดียวแต่จะแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05) กับระบบการเลี้ยงปลาอย่างเดียว ดังภาพที่ 4.13 และ 4.14 ตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

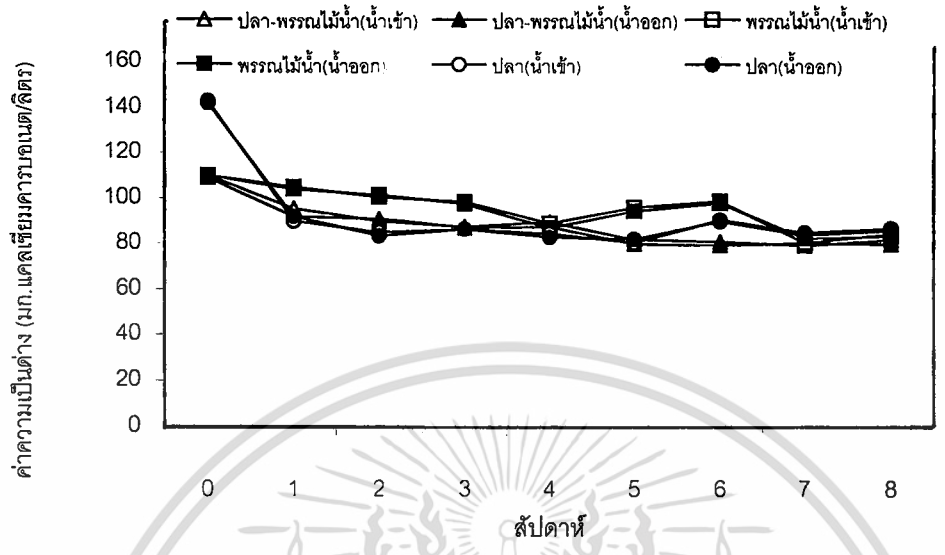


ภาพที่ 4.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ

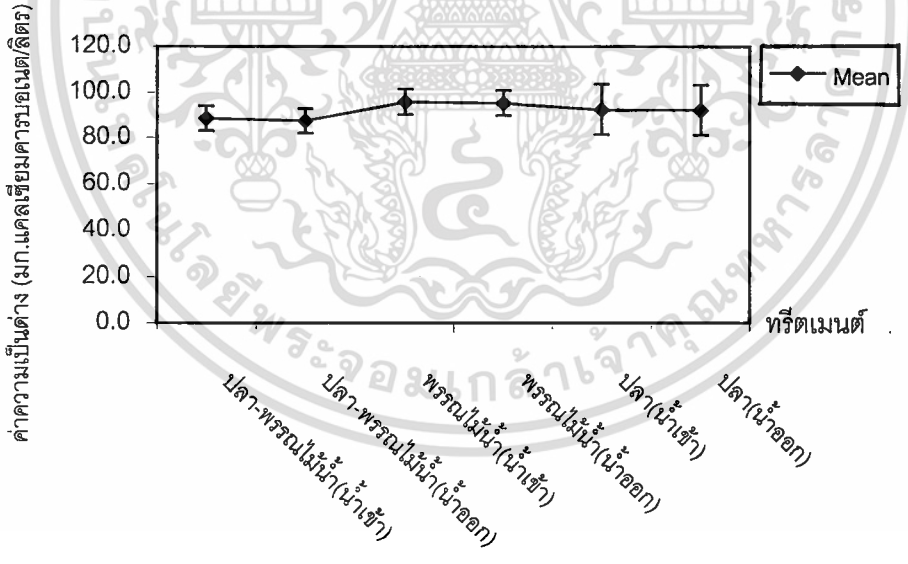


ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นกรดเป็นด่างของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99228

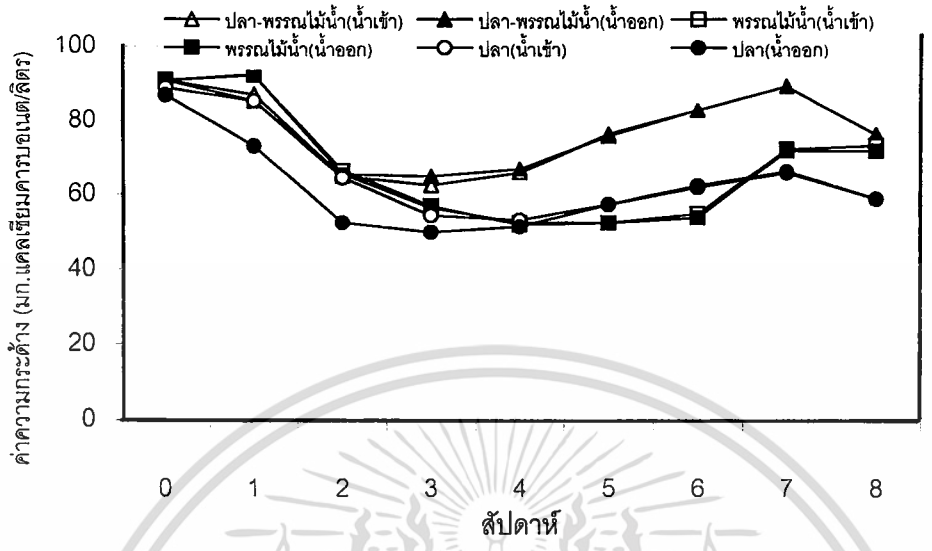


ภาพที่ 4.3 ค่าความเป็นด่างเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ

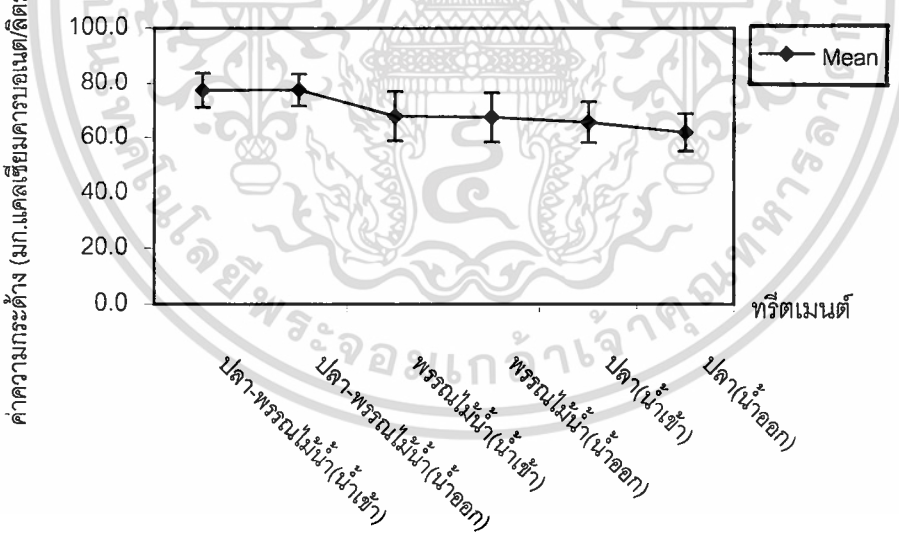


ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเป็นด่างของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

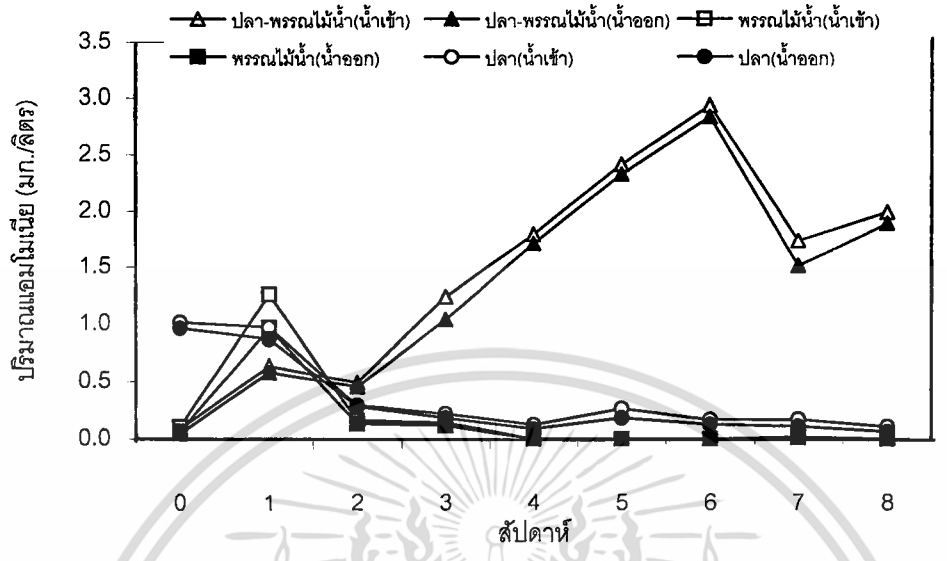


ภาพที่ 4.5 ค่าความกระด้างเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ

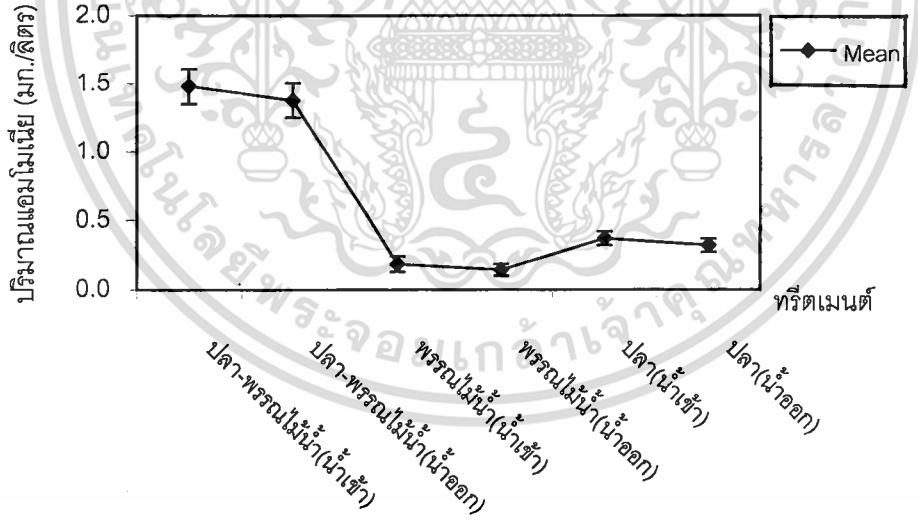


ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าความกระด้างของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



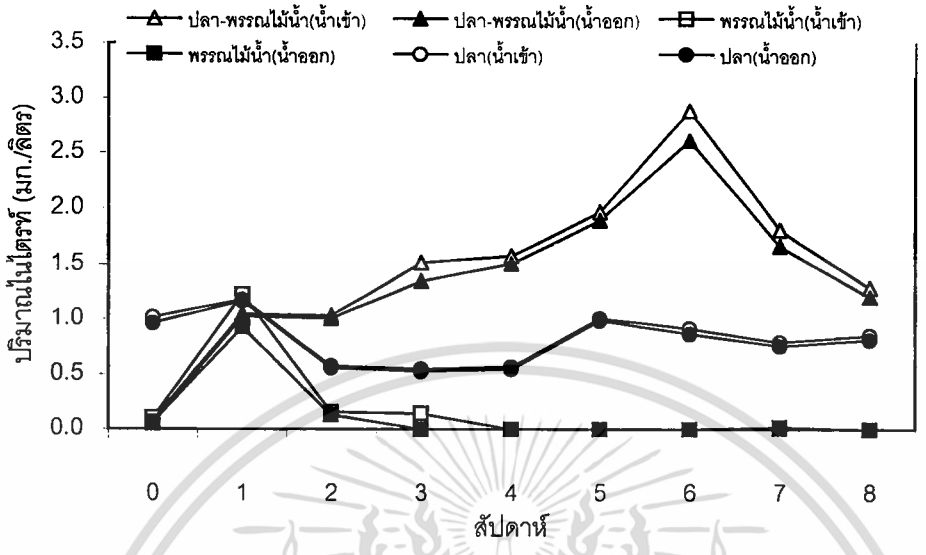
ภาพที่ 4.7 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ



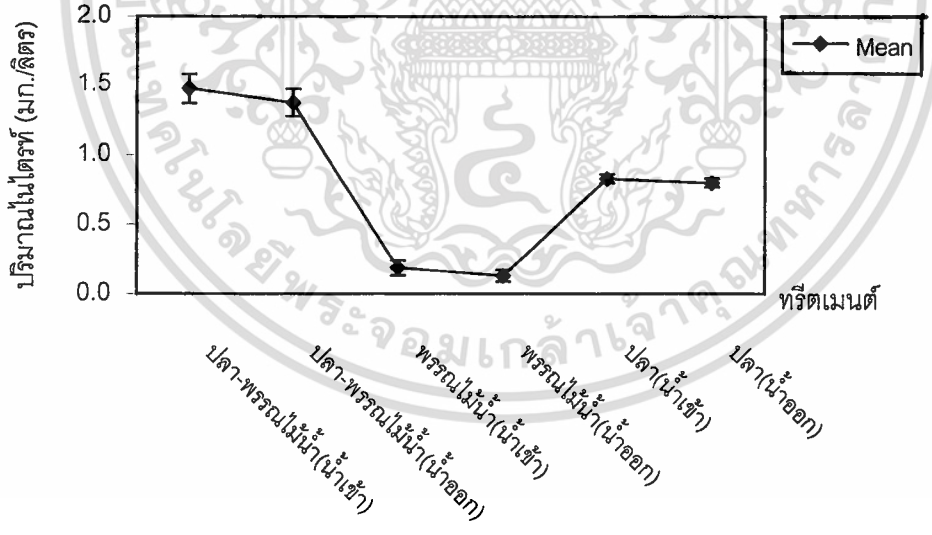
ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณแอมโมเนียของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18779



ภาพที่ 4.9 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ

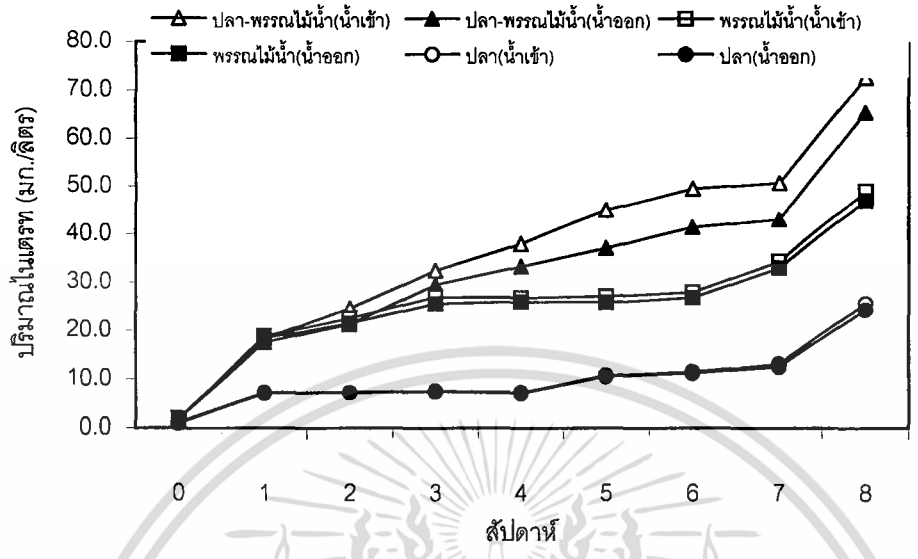


ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณไนไตรท์ของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำ

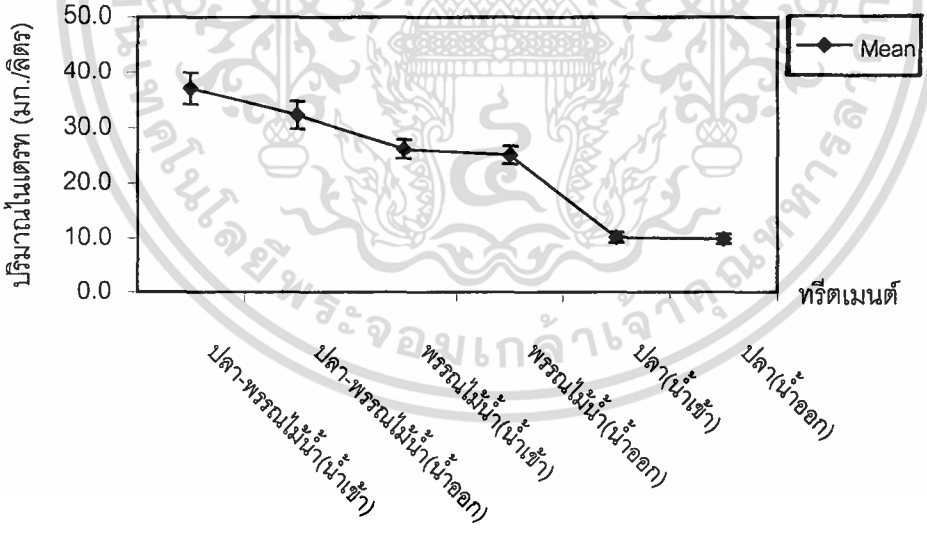
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

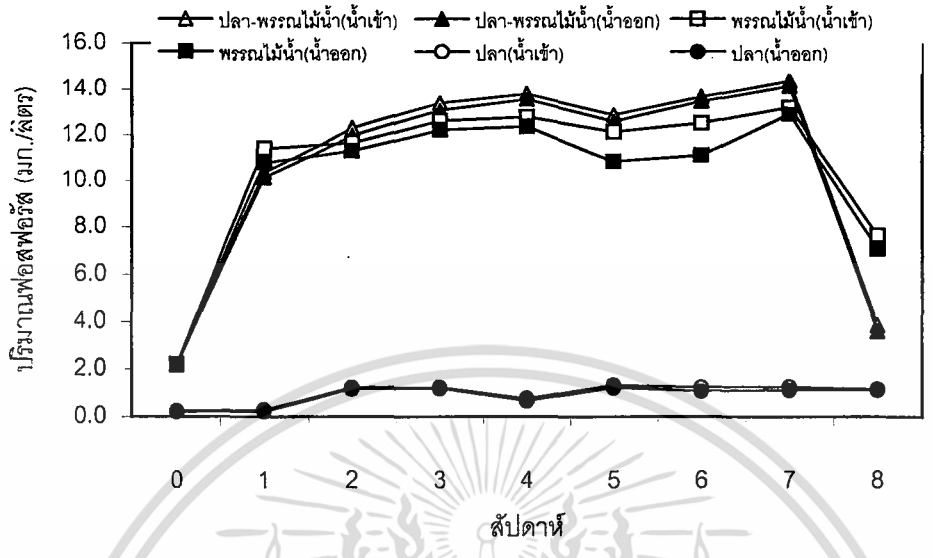


ภาพที่ 4.11 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ

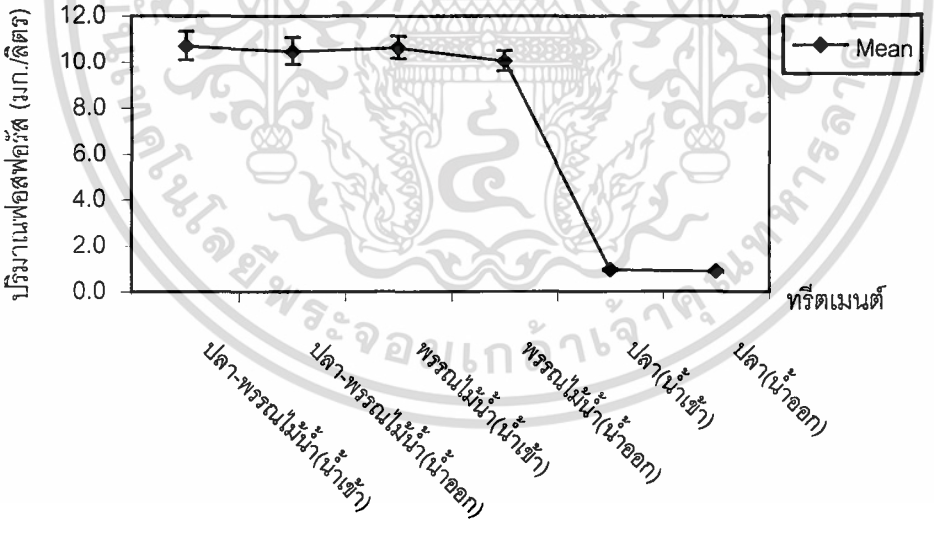


ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณไนเตรทของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำและพรรณไม้น้ำ



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณฟอสฟอรัสของ ปลา ปลา-พรรณไม้น้ำ และพรรณไม้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและช่วงของคุณภาพน้ำในระบบ

คุณภาพน้ำ	ปลากับพรรณไม้น้ำ		พรรณไม้น้ำ		ปลา	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง
อุณหภูมิ (Temperature) (องศาเซลเซียส)	29.6±0.365^{a}	25.0 - 30.5	29.5±0.329^{a}	25.5 - 30.5	28.6±0.343^{a}	25.0 - 29.5
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (มก./ลิตร)	6.15±0.341^{ab}	5.46 - 7.35	6.51±0.312^{a}	5.77 - 7.51	5.80±0.459^{b}	5.02 - 6.99
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.68±0.234^{a}	6.33 - 7.89	7.65±0.293^{b}	6.97 - 8.44	7.30±0.188^{b}	6.94 - 7.78
ความเป็นด่าง (Alkalinity) (มก.$CaCo_3$/ลิตร)	88.56±5.549^{a}	79.5 - 110.0	95.89±5.536^{a}	80.5 -110.0	92.4±11.095^{a}	80.5 -143.0
ความกระด้าง (Hardness) (มก.$CaCo_3$/ลิตร)	77.47±6.355^{a}	62.5 - 91.0	68.04±9.050^{a}	52.0 - 92.5	65.81±7.477^{a}	50.0 - 89.0
แอมโมเนีย (Total ammonia nitrogen) (มก./ลิตร)	1.48±0.544^{a}	0.09 - 2.94	0.19±0.236^{b}	0.00 - 1.26	0.37±0.208^{b}	0.11 - 1.02
ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) (มก./ลิตร)	1.47±0.443^{a}	0.09 - 2.89	0.18±0.230^{b}	0.00 - 1.23	0.83±0.131^{c}	0.55 - 1.18
ไนเตรท (Nitrate nitrogen) (มก./ลิตร)	37.11±12.024^{a}	1.86 - 72.82	26.23±7.26^{a}	1.86 - 49.71	10.2±3.920^{b}	1.21 - 25.8
ฟอสฟอรัส (Orthrophosphate) (มก./ลิตร)	10.76±2.633^{a}	2.19 - 14.39	10.68±2.07^{a}	2.20 -13.22	0.97±0.257^{b}	0.23 - 1.33

*ตัวอักษรเหมือนกันในแนวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (P>0.05)

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การศึกษาเลี้ยงปลาทองร่วมกับการปลูกใบพายศรีลังกาแบบไร้ดินในระบบปิด พบว่าการเจริญเติบโตมีความใกล้เคียงหรือไม่แตกต่างกับการเลี้ยงปลาและการปลูกพรรณไม้น้ำแบบทั่วไป และพบว่าคุณภาพน้ำจะอยู่ในปริมาณที่ปลาสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ส่วนพืชสามารถดูดซับแร่ธาตุอาหารที่ปลาขับถ่ายออกมาได้ในปริมาณที่น่าพอใจ คือ แอมโมเนีย อยู่ในช่วง 3.38-42.86 % ไนไตรท์ 2.10-42.86 % ไนเตรท 0.54-17.44 % และ ฟอสฟอรัส 0.27-6.28 % ปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบน้อยกว่าการเลี้ยงปลาทองอย่างเดียวถึง 5 เท่า จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพรรณไม้น้ำช่วยลดมลพิษทางน้ำ ประหยัดน้ำ และยังช่วยเพิ่มผลผลิตพรรณไม้น้ำได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) จากการทดลองใน 2 ช่วงเวลา คือ ฤดูร้อนกับฤดูหนาว โดยทั่วไปการเลี้ยงในฤดูหนาวมักประสบปัญหาหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นโรคปลา หรือปลากินอาหารน้อย ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา แต่เมื่อใช้ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินในระบบปิด การเจริญเติบโตของปลาไม่แตกต่างกับการเลี้ยงปลาอย่างเดียว เป็นเพราะพรรณไม้น้ำช่วยในการถ่ายเทความร้อนลงบ่อปลาทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

(2) การเลี้ยงปลาในระบบสิ่งที่ควรระวังก็คือการใช้สารเคมีในการรักษาโรคปลาและพรรณไม้น้ำ เพราะยาที่ใช้ในการรักษาโรคปลาอาจไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ในทางกลับกันยาที่ใช้รักษาพืชก็อาจมีผลกับปลาได้

(3) สิ่งที่เติมลงในบ่อปลาจะทำให้การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเกิดความผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดิเรก ทองอร่าม, สุมิตรา ภู่วโรดม และ นุกูล ถวิลถึง. 2542.เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 159 หน้า

Clarkson, R. and Lane, S.D.1991.Use of small – scale nutrient – film hydroponic technique mineral accumulation in aquarium water. Aquaculture and Fishries Management 22:34-45

Lewis, W.M., Yopp, J.H., Schramm, H.L. and Brandenburs, A.M.1978 . Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. Trans. AM. Fish.Soc. 107(1):92-99

Mcmurtry, M.R., Sandress, D.C., Nelson, P.V. and Nash, A.1993. Mineral nutrient concentration and uptake by tomato irrigated with recirculating aquaculture water as influ enced by quality of fish waste products supplied. Journal of plant nutrition,16(3):407-419

Naegel, L.C.A. 1977. Combined production of fish and plants in recirculating water. Aquaculture, 10:17-24

Rakocy, J.E. and Allison, R. 1981. Evaluation of a closed recirculating system for the culture of tilapia and aquatic macrophytes. American Fishers Society,1:296-307

Rakocy, J.E. and Hargreaves, J.A.1993. Integration of vegetable hydroponics with fish culture : A review. In: Wang, J.K.(Ed.),Techniques for modern aquaculture. Proceeding of a conference. 21-23 June 1993. Spokane, WA, pp.112-136.

Takeda, F., Adler, P.R. and Glenn, D.M.1997. Strawberry production linked to aquaculture wastewater treatment. Appalachian Fruit research. Kearneyoville, USA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Zweig, R.D. 1986. An integrated fish culture hydroponic vegetable production system. Aqua. Mag. 12(3) : 34-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 การชั่งวัดปลาทองของการทดลองครั้งที่ 1

ชั่ง-วัด เริ่มต้น		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	4.2	4.9	3.7	4.3	4.2	4.0	5.5	5.2	5.1	3.9	44.92	4.49	6.74
	ความยาว(cm)	3.3	3.6	3.3	3.5	3.6	3.4	3.4	3.0	3.2	3.3	33.60	3.36	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	4.2	4.9	3.7	4.3	4.2	4.0	5.5	5.2	5.1	3.9	44.92	4.49	6.74
	ความยาว(cm)	3.3	3.6	3.3	3.5	3.6	3.4	3.4	3.0	3.2	3.3	33.60	3.36	

ชั่ง-วัด ครั้งที่ 1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	6.3	5.9	6.1	6.5	5.3	5.5	6.3	6.7	7.2	6.8	62.59	6.26	9.39
	ความยาว(cm)	4.1	3.9	4.3	4.0	3.8	3.7	4.0	4.5	4.9	4.5	41.70	4.17	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	6.2	5.3	6.3	6.3	6.9	6.2	6.3	5.3	6.0	5.7	60.44	6.04	9.07
	ความยาว(cm)	4.0	3.2	4.1	4.3	4.5	4.0	4.1	3.6	4.0	3.5	39.30	3.93	

ชั่ง-วัด ครั้งที่ 2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	8.0	6.5	8.4	6.9	6.6	5.5	8.1	6.0	4.8	5.9	66.67	6.67	10.00
	ความยาว(cm)	4.0	4.2	4.5	4.0	4.0	3.8	4.2	4.0	3.6	3.7	40.00	4.00	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	5.1	7.2	5.9	5.1	8.0	5.3	7.1	6.1	5.6	5.7	61.03	6.10	9.15
	ความยาว(cm)	3.4	5.0	4.0	3.8	4.5	3.5	4.1	3.9	4.0	3.9	40.10	4.01	

ชั่ง-วัด ครั้งที่ 3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	11.2	10.6	8.4	10.0	9.0	9.2	8.2	7.1	8.6	8.7	90.83	9.08	13.62
	ความยาว(cm)	4.0	5.0	4.6	4.2	4.8	5.0	4.3	4.4	4.2	4.5	45.00	4.50	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	9.0	11.2	10.5	9.1	9.2	9.6	9.0	10.0	10.2	11.3	98.96	9.90	14.84
	ความยาว(cm)	4.6	4.9	4.7	4.2	4.0	4.5	4.0	5.0	4.9	5.2	46.00	4.60	

ชั่ง-วัด ครั้งที่ 4		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	15.7	15.8	15.5	15.4	17.1	13.5	13.2	14.3	12.6	11.8	144.8	14.5	21.72
	ความยาว(cm)	5.5	5.0	5.0	6.0	5.5	5.3	5.0	5.4	5.5	5.1	53.3	5.33	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	21.8	13.6	12.8	13.8	12.6	17.4	15.3	12.3	16.9	14.0	150.4	15.0	22.56
	ความยาว(cm)	6.0	5.5	5.2	5.1	4.5	5.5	5.2	5.0	5.5	5.0	52.5	5.25	

**บ่อ 1 คือ การเลี้ยงปลาทองร่วมกับปลูกใบพายศรีลังกา

**บ่อ 3 คือ การเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 การชั่งวัดปลาทองของการทดลองครั้งที่ 2

	ชั่ง-วัด เริ่มต้น	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	6.8	6.4	6.0	6.3	7.0	7.5	7.2	7.0	6.6	6.3	67.13	6.71	10.07
	ความยาว(cm)	4.5	4.3	3.9	4.0	4.4	5.0	4.8	4.7	4.2	4.3	44.10	4.41	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	6.8	6.4	6.0	6.3	7.0	7.5	7.2	7.0	6.6	6.3	67.13	6.71	10.07
	ความยาว(cm)	4.5	4.3	3.9	4.0	4.4	5.0	4.8	4.7	4.2	4.3	44.10	4.41	

	ชั่ง-วัด ครั้งที่ 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	7.2	8.1	6.3	9.1	8.9	10.1	6.2	10.2	6.3	6.0	78.42	7.84	11.76
	ความยาว(cm)	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.3	4.2	5.0	4.6	4.2	46.80	4.68	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	8.1	6.5	4.7	7.1	6.7	8.5	8.8	7.5	8.3	6.9	75.11	7.51	11.27
	ความยาว(cm)	5.1	4.5	4.0	4.0	4.2	4.6	4.5	4.5	5.5	4.8	45.70	4.57	

	ชั่ง-วัด ครั้งที่ 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	11.2	10.5	10.1	11.6	10.2	10.4	10.6	10.5	10.3	11.0	106.2	10.6	15.93
	ความยาว(cm)	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	5.5	5.3	5.0	5.0	4.8	49.60	4.96	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	10.5	9.2	8.3	9.7	9.0	8.5	9.8	8.7	9.1	8.5	91.27	9.13	13.69
	ความยาว(cm)	5.8	4.5	4.5	5.2	4.7	4.6	5.2	4.8	4.9	4.5	48.7	4.87	

	ชั่ง-วัด ครั้งที่ 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	15.2	16.3	11.6	12.9	16.7	17.4	13.6	12.9	10.8	10.8	138.2	13.8	20.74
	ความยาว(cm)	5.8	5.7	5.0	5.6	5.8	6.5	5.5	5.3	5.4	5.0	55.6	5.56	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	10.3	15.3	16.7	11.2	13.5	16.0	14.7	17.8	12.1	13.3	141.0	14.1	21.14
	ความยาว(cm)	5.0	5.8	5.9	5.3	5.4	5.9	5.8	5.9	5.3	5.5	55.8	5.58	

	ชั่ง-วัด ครั้งที่ 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม	เฉลี่ย	3%/มื้อ
บ่อ1	น้ำหนัก(g)	15.7	15.7	15.5	15.3	17.0	13.5	13.2	14.3	12.6	12.1	144.9	14.5	21.73
	ความยาว(cm)	5.5	5.0	6.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.0	5.3	52.8	5.28	
บ่อ3	น้ำหนัก(g)	15.4	13.6	12.1	13.4	12.3	15.4	15.3	13.2	16.1	13.2	140.0	14.0	21.00
	ความยาว(cm)	5.0	5.5	5.0	5.0	4.5	5.3	5.2	5.1	5.6	5.2	51.4	5.14	

**บ่อ 1 คือ การเลี้ยงปลาทองร่วมกับปลูกใบพายศรีลังกา

**บ่อ 3 คือ การเลี้ยงปลาทองอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงอุณหภูมิในรอบวันของระบบ ครั้งที่ 1

จำนวนวัน	ปลากับพรรณไม้น้ำ			พรรไม้น้ำ			ปลา		
	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง
0	30	29	1	30	29	1	29	28	1
1	31	29	2	31	28	3	30	28	2
2	31	29	2	31	29	2	30	29	1
3	31	28	3	31	28	3	29	28	1
4	30	27	3	30	28	2	29	27	2
5	30	28	2	30	28	2	29	28	1
6	32	29	3	31	29	2	30	28	2
7	31	30	1	31	30	1	29	28	1
8	31	29	2	31	28	3	29	26	3
9	30	28	2	30	28	2	29	28	1
10	31	29	2	31	28	3	30	29	1
11	29	28	1	29	27	2	28	26	2
12	28	27	1	29	28	1	28	27	1
13	30	29	1	30	29	1	29	28	1
14	31	29	2	31	30	1	31	30	1
15	31	30	1	31	30	1	30	29	1
16	31	29	2	31	29	2	30	29	1
17	31	30	1	31	30	1	29	28	1
18	30	29	1	30	29	1	29	28	1
19	31	30	1	31	29	2	30	28	2
20	32	30	2	31	29	2	30	29	1
21	32	30	2	32	29	3	30	28	2
22	30	29	1	30	28	2	29	28	1
23	31	28	3	31	29	2	30	28	2
24	31	30	1	31	29	2	29	28	1
25	30	28	2	30	28	2	29	28	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

จำนวนวัน	ปลากับพรรณไม้น้ำ			พรรไม้น้ำ			ปลา		
	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง
26	31	28	3	30	28	2	29	27	2
27	31	27	4	31	28	3	29	28	1
28	31	28	3	31	28	3	29	28	1
29	30	29	1	30	29	1	28	27	1
30	31	27	4	31	27	4	30	27	3
31	31	28	3	31	28	3	29	28	1
32	31	29	2	30	27	3	29	28	1
33	31	27	4	31	27	4	29	28	1
34	30	28	2	31	28	3	29	28	1
35	30	28	2	30	28	2	29	28	1
36	30	28	2	31	27	4	29	27	2
37	31	28	3	31	28	3	30	28	2
38	31	29	2	31	28	3	29	28	1
39	31	28	3	31	28	3	29	27	2
40	30	29	1	30	27	3	29	27	2
41	30	28	2	30	27	3	29	27	2
42	31	29	2	31	30	1	29	27	2
43	30	29	1	31	28	3	30	27	3
44	30	29	1	31	29	2	30	27	3
45	31	29	2	30	28	2	30	28	2
46	30	28	2	30	28	2	29	26	3
47	31	29	2	31	28	3	29	27	2
48	30	28	2	30	28	2	29	28	1
49	30	28	2	31	28	3	29	28	1
50	30	28	2	30	28	2	29	27	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

จำนวนวัน	ปลากับพรรณไม้น้ำ			พรรไม้น้ำ			ปลา		
	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง
51	31	29	2	31	29	2	30	28	2
52	31	29	2	31	29	2	30	28	2
53	30	28	2	30	28	2	29	27	2
54	30	27	3	30	27	3	29	28	1
55	30	28	2	30	28	2	29	27	2
56	31	28	3	31	28	3	29	27	2
57	30	28	2	30	28	2	29	27	2
58	31	29	2	31	28	3	29	27	2
59	31	28	3	31	29	2	30	28	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 แสดงอุณหภูมิในรอบวันของระบบ ครั้งที่ 2

จำนวนวัน	ปลากับพรรณไม้น้ำ			พรรไม้น้ำ			ปลา		
	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง
0	26	22	4	26	23	3	25	22	3
1	27	24	3	27	25	2	25	23	2
2	27	24	3	27	24	3	26	24	2
3	27	25	2	27	25	2	26	24	2
4	28	24	4	28	25	3	26	23	3
5	28	24	4	28	25	3	27	24	3
6	29	24	5	28	24	4	28	24	4
7	28	25	3	28	24	4	26	22	4
8	29	25	4	28	25	3	27	23	4
9	27	24	3	27	24	3	27	24	3
10	28	23	5	28	25	3	27	24	3
11	29	25	4	29	25	4	28	25	3
12	26	23	3	26	24	2	26	24	2
13	28	24	4	28	25	3	27	24	3
14	28	25	3	28	25	3	28	25	3
15	28	25	3	28	24	4	28	25	3
16	27	23	4	28	24	4	27	23	4
17	29	25	4	28	25	3	28	25	3
18	28	25	3	28	25	3	28	24	4
19	30	27	3	29	26	3	28	24	4
20	29	25	4	29	24	5	28	24	4
21	29	25	4	29	25	4	29	24	5
22	29	24	5	28	24	4	28	25	3
23	27	24	3	28	23	5	28	24	4
24	28	23	5	29	25	4	28	25	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

จำนวนวัน	ปลากับพรรณไม้น้ำ			พรรไม้น้ำ			ปลา		
	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง
25	29	26	3	29	25	4	29	24	5
26	29	26	3	28	25	3	28	25	3
27	28	25	3	28	25	3	28	23	5
28	29	25	4	29	25	4	29	25	4
29	30	26	4	29	26	3	28	26	2
30	29	25	4	29	25	4	28	24	4
31	28	25	3	28	26	2	28	23	5
32	29	25	4	29	25	4	29	24	5
33	27	24	3	28	24	4	27	23	4
34	29	24	5	29	25	4	28	23	5
35	28	25	3	28	25	3	28	24	4
36	29	25	4	29	26	3	29	23	6
37	28	24	4	28	25	3	28	24	4
38	29	24	5	29	24	5	28	24	4
39	28	24	4	28	23	5	28	22	6
40	29	25	4	29	24	5	29	23	6
41	29	26	3	29	26	3	28	25	3
42	29	25	4	29	25	4	29	25	4
43	28	26	2	28	24	4	28	24	4
44	30	26	4	31	26	5	29	25	4
45	30	26	4	30	26	4	29	25	4
46	29	25	4	29	25	4	28	24	4
47	29	25	4	29	24	5	28	24	4
48	30	24	6	30	25	5	29	24	5
49	29	25	4	29	25	4	29	24	5
50	29	26	3	29	25	4	28	24	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

จำนวนวัน	ปลากับพรรณไม้น้ำ			พรรไม้น้ำ			ปลา		
	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง	Max	Min	ผลต่าง
51	29	25	4	28	26	2	28	25	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) เฉลี่ย

ทรีตเมนต์	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ปลา-พรรณไม้น้ำ$_{(น้ำเข้า)}$	7.35	6.63	6.22	6.36	5.79	6.05	6.00	5.51	5.46
พรรณไม้น้ำ$_{(น้ำเข้า)}$	7.57	7.07	6.49	6.55	6.33	6.42	5.98	6.40	5.77
ปลา$_{(น้ำเข้า)}$	6.99	6.73	6.42	5.52	5.69	5.07	5.99	5.02	4.75

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย

ทรีตเมนต์	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ปลา-พรรณไม้น้ำ$_{(น้ำเข้า)}$	0.36	0.78	0.84	0.88	1.11	1.17	1.22	1.31	0.91
พรรณไม้น้ำ$_{(น้ำเข้า)}$	0.41	0.82	0.83	0.88	0.93	0.92	0.92	1.04	0.84
ปลา$_{(น้ำเข้า)}$	0.25	0.32	0.34	0.34	0.36	0.39	0.38	0.40	0.46