รายงานผลงานวิจัย

เรื่อง การวิจัยและพัฒนาระบบชีววิถีเพื่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางด้านอาหารปลอดภัย

Research and Development on the "*Biological - Ways – of - Life*" *System* of the Intensive Catfish Production for Environmental Friendly and Commercial Competition as Food Safety

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2555

จำนวน 343,200 บาท

หัวหน้าโครงการ บัญญัติ มนเทียรอาสน์

ผู้ร่วมโครงการ พิมพร มนเทียรอาสน์

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.)ที่ได้อนุเคราะห์ตรวจสอบให้ข้อแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการวิจัย ตลอดทั้งขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี ทั้งที่สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกๆท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี ความสำเร็จของงานวิจัยชิ้นนี้ มิใช่เพียงแค่ประโยชน์ที่ได้ทางวิชาการเท่านั้น แต่คือความสำเร็จที่ได้มาจากความร่วมมือร่วมใจกัน ของคนทุกภาคส่วน ที่มาทำงานร่วมกันในครั้งนี้ และอีกหลายๆครั้งในโอกาสต่อๆไปอีกด้วย

คณะผู้ทำการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	จ
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	4
วัตถุประสงค์	6
ขอบเขตการทำวิจัย	7
ตรวจเอกสาร	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
วิธีดำเนินการวิจัย	12
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	14
สรุปผลการศึกษา	39
เอกสารอ้างอิง	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	วิเคราะห์ความแตกต่างระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554	15
2	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554	15
3	วิเคราะห์ความแตกต่างระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555	18
4	วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555	19
5	วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555	21
6	วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555	21
7	วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555	23

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8	วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555	24
9	ค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองของปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ละลายน้ำ ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี ในปี พ.ศ. 2554	25
10	วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554	25
11	วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554	26
12	วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555	29
13	วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555	29
14	วิเคราะห์ความแตกต่างค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555	34
15	วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) ระหว่างกลุ่มทดลองทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555	34
16	วิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ(Air temperature) และอุณหภูมิน้ำ (Water temperature) ที่มีต่อน้ำหนักปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดิน ระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555	37
17	วิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ(Air temperature) และอุณหภูมิน้ำ (Water temperature) ที่มีต่อความยาวปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถี ผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555	37

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	วิเคราะห์อิทธิพลของคุณภาพน้ำโดยรวม(Water qualities) ที่มีต่อน้ำหนักปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555	38
19	วิเคราะห์อิทธิพลของคุณภาพน้ำโดยรวม(Water qualities) ที่มีต่อความยาวปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555	38

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. กลุ่มทดลองต่างๆของการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ปี พ.ศ. 2555 13
2. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554 17
3. การเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555 18
4. ปลาดุกที่ได้จากการศึกษาเป็นปลาที่มีสุขภาพแข็งแรงดีทุกบ่อทดลอง 20
5. แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555 22
6. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาปี พ.ศ. 2554 27
7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาปี พ.ศ. 2555 28
8. แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ในน้ำของบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555 31
9. การเปลี่ยนแปลงค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency)ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ปี พ.ศ. 2555 35
10. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ(Water temperature) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ปี พ.ศ. 2555 36

การวิจัยและพัฒนาระบบชีววิถีเพื่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางด้านอาหารปลอดภัย

Research and Development on the "*Biological - Ways – of - Life*" *System* of the Intensive Catfish Production for Environmental Friendly and Commercial Competition as Food Safety

บัญญัติ มนเทียรอาสน์[1] พิมพร มนเทียรอาสน์[2] และ ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม[1]

Bunyat Montien-Art[1] Pimporn Montien-Art[2] and Khajornkiat Srinuansom[1]

[1] คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

.....

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาระบบชีววิถีเพื่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางด้านอาหารปลอดภัยในปี พ.ศ. 2555 นี้ ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาดุกในบ่อดิน ซึ่งแตกต่างจากการทดลองในปี พ.ศ. 2554 ที่ได้ทำการทดลองเฉพาะในบ่อคอนกรีต ผลการวิจัยในบ่อดินมีความเหมือนกับผลวิจัยในบ่อคอนกรีต โดยระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 6.77, F<0.01) ค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 7.07^{b} และ 7.08^{b} และ 7.44^{a} ตามลำดับ หากเปรียบเทียบกับผลการวิจัยในบ่อคอนกรีตที่พบเฉพาะระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่สามารถนำมาพัฒนาใช้เพื่อรักษาเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F=17.20, F<0.01) และค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 7.81^{a} และ 8.06^{b} และ 8.55^{b} ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิจัยในบ่อดินยังแสดงความเหมือนกับบ่อคอนกรีต ที่ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ในน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย (F = 3.69, F<0.05) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์

เท่ากับ 0.1361^{b} และ 0.1480^{b} และ 0.3891^{a} มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยในบ่อคอนกรีต พบว่า เฉพาะระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่สามารถช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ที่ตกค้างในน้ำได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($F=3.22$, $F<0.05$) และปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยของน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0.0396^{a} และ 0.0592^{b} และ 0.0614^{b} มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

นอกจากนี้ผลการวิจัยในบ่อดินยังพบ เพิ่มเติมอีกว่า ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยต่อปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ในน้ำ ($F = 9.20$, $F<0.01$) ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจนในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0.0390^{b} และ 0.0387^{b} และ 0.0649^{a} มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ยังแสดงผลทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกดังกล่าว ใสมากกว่าบ่อที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย ($F = 52.99$, $F<0.01$) ค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงของน้ำในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 43.21^{a} และ 47.10^{a} และ 24.45^{b} เซนติเมตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการลดปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานี้ ($F = 36.05$, $F<0.01$) ค่าเฉลี่ยของปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 1.5641^{b} และ 1.5946^{b} และ 3.02^{a} มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการวิจัยในบ่อดินครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($F>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ทางด้านปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N)($F = 0.10$ns) ปริมาณออโธฟอสเฟส(PO_4-P)($F = 0.31$ns) น้ำหนักและความยาวปลาดุกที่ผลิตได้($F = 0.39$ns และ $F = 0.10$ ns ตามลำดับ) อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ($F = 0.91$ns และ $F = 0.06$ns ตามลำดับ) อัตราการรอดตายของปลาดุกทุกกลุ่มทดลองในบ่อดิน แสดงผลเหมือนการเลี้ยงในบ่อคอนกรีตคือ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพน้ำภายในบ่อได้ดีกว่าบ่อที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี เพราะเกษตรกรไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้งตลอดการเลี้ยง 6 – 12 เดือนได้ จึงช่วยประหยัดต้นทุนค่าพลังงานสำหรับการเปลี่ยนถ่ายเทน้ำได้ 100 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงปลาดุกระบบทั่วไป

คำสำคัญ : ปลาดุก, คุณภาพน้ำ, ระบบน้ำหมุนเวียน, ระบบปิด, เทคนิคชีววิถี, บ่อคอนกรีต

Abstract

Research and development on the "*Biological - Ways – of - Life*" *system* of the intensive catfish production for environmental friendly and commercial competition as food safety in 2012 was conducted in the earth ponds. This study was differenced from year 2011 which conducted in the concrete ponds. Results of this study were received similarly results with concrete ponds which showed both of 30 and 50% water hyacinth of the the "*Biological-Ways-of-Life*" system's ponds have highly significant in statistic ($F = 6.77$, $F<0.01$) on the analysis of pH values. Mean of pH values in water of 50, 30 and 0% water hyacinth ponds were 7.07^{b}, 7.08^{b} and 7.44^{a}, respectively. To compared with results from concrete ponds, year 2011, its showed only 50% water hyacinth have highly significant in statistic ($F = 17.20$, $F<0.01$) on the analysis of pH values. In this study, mean of pH values in water of 50, 30 and 0% water hyacinth ponds were 7.81^{a}, 8.06^{b} and 8.55^{b}, respectively. However, the similarity results between earth and concrete ponds showed both of 30 and 50% water hyacinth have significant in statistic ($F = 3.69$, $F<0.05$) on ammonia-nitrogen(NH_3-N) concentrations in water. Mean of ammonia-nitrogen(NH_3-N) concentrations in the earth ponds, with and without water hyacinth (30, 50 and 0 %, respectively), were 0.1361^{b}, 0.1480^{b} and 0.3891^{a} milligram per liter, respectively. To compared with results of concrete ponds, year 2011, its showed only 50% water hyacinth have significant in statistic ($F = 3.22$, $F<0.05$) on ammonia-nitrogen(NH_3-N) concentrations in water. Mean of ammonia-nitrogen(NH_3-N) concentrations in concrete ponds, with and without water hyacinth (30, 50 and 0 %, respectively), were 0.0396^{a}, 0.0592^{b} and 0.0614^{b} milligram per liter, respectively.

Also, results of earth ponds showed both of 30 and 50% water hyacinth have highly significant in statistic ($F = 9.20$, $F<0.01$) on nitrite-nitrogen(NO_2-N) concentrations in water. Mean of nitrite-nitrogen(NO_2-N) concentrations in the earth ponds, with and without water hyacinth (30, 50 and 0%, respectively), were 0.0390^{b}, 0.0387^{b} and 0.0649^{a} milligram per liter, respectively. In this study, both of 30 and 50% water hyacinth showed clear and clean in water mass. Highly significant in statistic ($F = 52.99$, $F<0.01$) on water transparency study between ponds with and without water hyacinth were found. Mean of water transparency distance (cm) in the earth ponds, with and without water hyacinth (30, 50 and 0%, respectively), were 43.21^{a}, 47.10^{a} and 24.45^{b} centimeter, respectively. However, we noted that both of 30 and 50% water

hyacinth in the earth ponds showed highly significant in statistic (F = 36.05, F<0.01) on reduced dissolved oxygen(DO) concentrations in water. Mean of dissolved oxygen(DO) concentrations in the earth ponds, with and without water hyacinth (30, 50 and 0%, respectively), were 1.5641^{b}, 1.5946^{b} and 3.02^{a} milligram per liter, respectively. On the other hand, non-significant in statistics (F>0.05) were also found in the analyses of nitrate-nitrogen(NO_3-N) concentration (F = 0.10ns), orthophosphate(PO_4-P) concentration (F = 0.31ns), fish weigh and length (F = 0.39ns and F = 0.10ns, respectively), water and air temperature (F = 0.91ns and F = 0.06ns, respectively).

The 100% on survival rates of catfish from all treatments from both concrete and earth ponds were also found. Therefore, the 30 and 50% water hyacinth of the "*Biological-Ways-of-Life*" system for catfish production in both of concrete and earth ponds ean be promoted to the farmers. Especially, the 30 and 50% water hyacinth in the earth ponds already showed of clear significant with pH value, NH_3-N, and NO_2-N concentrations. Therefore, farmers are not necessary to remove the used pond-water to be the new water for their catfish production during 6-12 months. It mean that farmer can be save costs 100% of energy and fuel, if compare with the general commercial system which never used water hyacinth for their catfish production.

Keywords : Catfish, Water quality, Water circulation, Close system, Biological-Ways-of-Life system, Concrete pond

คำนำ

ปัญหาเร่งด่วนของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาดุกในปัจจุบันนี้คือ (1) ปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตปลาดุกเพื่อให้ได้มาตรฐานอาหารปลอดภัย (2) ปัญหาราคาปลาดุกผลิตในมาตรฐานอาหารปลอดภัยขายในราคาแพงมากกว่าราคาปลาดุกที่เลี้ยงทั่วไป รวมทั้ง (3) ปัญหาน้ำเสียที่บ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ทั่วไปปล่อยทิ้งออกสู่ชุมชนข้างเคียง เป็นต้น ในกรณีปัญหาปลาดุกที่เลี้ยงเพื่อให้ได้คุณภาพมาตรฐานอาหารปลอดภัยแต่ยังคงมีต้นทุนสูงอยู่ในปัจจุบันนั้น พบว่า ต้นทุนที่สูงส่วนใหญ่นั้นมีสาเหตุมาจากค่าน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกนั่นเอง ซึ่งต้นทุนค่าน้ำมันนี้เป็นต้นทุนที่ไม่คงที่เกษตรกรไม่สามารถควบคุมต้นทุนชนิดนี้ได้ ซึ่งแตกต่างจากต้นทุนด้านราคาอาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่ในทางทฤษฎีถือเป็นต้นทุนผันแปรตามน้ำหนักและการเจริญเติบโตของปลาที่มีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง แต่ในทางปฏิบัติจริงอาจจะถือได้ว่าค่าอาหารเม็ดนั้นถือเป็นต้นทุนคงที่ก็ได้ กล่าวคือ เพราะในความเป็นจริงนั้น เกษตรกรสามารถทำ

สัญญาซื้อขายอาหารเม็ดในราคาคงที่ตลอดการเลี้ยงได้ล่วงหน้าได้ โดยผ่านสหกรณ์ชุมชนกับบริษัทจำหน่าย โดยปัจจุบันนี้ เกษตรกรสามารถคำนวณน้ำหนักปลาที่กำลังเลี้ยงในบ่อ และปริมาณอาหารที่กำหนดตามสูตร ตามระยะเวลาของการเลี้ยงล่วงหน้าได้ ดังนั้นการเลี้ยงปลาดุกแบบหนาแน่นเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตปลาดุกแบบอาหารปลอดภัย เกษตรกรจำเป็นต้องพยายามรักษาสุขภาพปลาดุก โดยการพยายามรักษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อลดโอกาสการเกิดแผลและโรคสัตว์น้ำขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนการใช้สารเคมีและยารักษาโรคได้โดยตรง อีกทั้งยังสนับสนุนแนวทางการผลิตปลาดุกแบบอาหารปลอดภัยได้อีกด้วย

ดังนั้น จึงเป็นที่มาของการวิจัยชิ้นนี้ ที่มุ่งหวังการจะนำระบบชีววิถี โดยการใช้ผักตบชวามาช่วยดูดซับของเสียในน้ำ และช่วยควบคุมปริมาณแสงสว่างในมวลน้ำ เพื่อลดสาหร่ายพิษบางชนิดให้มีปริมาณอยู่ในระดับพอสมควรหรือมีน้อยที่สุด โดยการใช้ผักตบชวาในปริมาณความหนาแน่นแตกต่างกัน มาวิจัยและพัฒนา โดยปล่อยผักตบชวาเลี้ยงร่วมกับปลาดุก ในบ่อเลี้ยงคอนกรีตเชิงพาณิชย์ในปีแรก พ.ศ. 2554 และในบ่อดินปีที่สอง พ.ศ. 2555 ตามสัดส่วนพื้นที่ ที่เป็นโจทย์แห่งการวิจัยในครั้งนี้ โดยใช้สมมุติฐานว่า ผักตบชวาในแต่ละสัดส่วนของการปล่อยเลี้ยงร่วมกับปลาดุกนั้น คาดว่าน่าจะมีผลต่อการลดลงของปริมาณแร่ธาตุต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ และมีผลต่อค่าความโปร่งแสงของน้ำ หากผลการวิจัยออกมาเป็นไปตามสมมุติฐานนี้แล้วนั้น สัดส่วนพื้นที่การใช้ผักตบชวาในบ่อเลี้ยงปลาดุกนี้ ย่อมจะมีผลต่อการยืดอายุการใช้น้ำ ทั้งในบ่อคอนกรีตและบ่อดินที่เลี้ยงปลาดุกให้ยาวนานยิ่งขึ้นมากกว่าเดิมได้ ทั้งนี้มีเอกสารต่างๆที่สนับสนุนสมมุติฐานนี้มาก่อน เพราะมีงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องมากมาย ที่ยืนยันถึงความสามารถของผักตบชวาในการกรองตะกอนขุ่นและดูดซับแร่ธาตุอาหารส่วนเกินในน้ำได้ ซึ่งตะกอนขุ่นและแร่ธาตุส่วนเกินนี้เอง ที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดน้ำเสียขึ้นภายในบ่อเลี้ยงปลาทั่วไป น้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาดุกเป็นต้นเหตุของการเกิดโรค และเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมชุมชนข้างเคียง น้ำเสียเป็นต้นเหตุของต้นทุนค่าสารเคมีและยารักษาโรค ที่เกษตรกรต้องใช้เพื่อผลิตสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ และเป็นต้นเหตุของต้นทุนค่าน้ำมันดีเซล ที่จะต้องใช้กับเครื่องสูบน้ำในการระบายเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกทุกครั้ง และสุดท้ายน้ำเสียยังเป็นต้นเหตุของการตั้งราคาจำหน่ายปลาดุกที่เลี้ยงแบบอาหารปลอดภัยที่แพงกว่าปลาดุกทั่วไปอีกด้วยในขณะนี้

ดังนั้น หากผลการวิจัยที่จะดำเนินการในครั้งนี้ ได้ผลสรุปตรงตามข้อสมมุติฐานข้างต้นจริง ก็จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเลี้ยงปลาดุกแบบอาหารปลอดภัยได้ ทั้งในบ่อคอนกรีตและบ่อดิน เพราะสามารถลดการใช้สารเคมีและยารักษาโรคได้ในระดับมาตรฐานอาหารปลอดภัยแก่ผู้บริโภคได้ อีกทั้งยังสามารถใช้ลดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิงของเกษตรกรลง โดยการลดรอบเวลาและปริมาณการระบายน้ำทิ้งลงจากเดิม รวมทั้งยืดระยะเวลาการใช้น้ำเพื่อเลี้ยงปลาดุกได้นานยิ่งขึ้น

เนื่องจากระบบชีววิถีนี้ สามารถรักษาคุณภาพน้ำในบ่อปลาดุก ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้นานยิ่งขึ้น โดยที่เกษตรกรไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างใด เนื่องจากผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่มีอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำสาธารณะ และรวมไปถึงช่วยลดปัญหาทางสังคม ในการกระทบกระทั่งกันระหว่างเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาดุกและชุมชนข้างเคียงในเรื่องปัญหาน้ำเสียได้อีกทางหนึ่งด้วย

จุดประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยระบบชีววิถีทางการประมง เพื่อนำมาประยุกต์ในการเลี้ยงปลาดุกอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพื่ออาหารปลอดภัย โดยปราศจากการใช้สารเคมีและยารักษาโรคตลอดเวลาการเลี้ยงปลาดุก มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายของปลาดุกที่เลี้ยงต่อครั้งให้มีมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยการรักษาเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำให้คงที่มากที่สุด
2. เพื่อลดปริมาณน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาดุก โดยเจาะประเด็นการลดปริมาณแร่ธาตุหลักส่วนเกินภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกอันเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เช่น กลุ่มธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N), ไนไตรต์-ไนโตรเจน(NO_2-N), ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และ กลุ่มธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของออโธฟอสเฟต(PO_4-P) โดยการพัฒนาใช้ระบบชีววิถี ที่มีผักตบชวาเป็นตัวดูดซับแร่ธาตุส่วนเกินเหล่านี้ ในสัดส่วนพื้นที่ปล่อยพืชแตกต่างกันไป ตามโจทย์วิจัยนี้ว่า จะได้ผลวิจัยออกมาแตกต่างจากบ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ทั่วๆไป ที่ไม่ใช้ผักตบชวาหรือไม่
3. เพื่อหาแนวทางเพิ่มโอกาสการแข่งขันของเกษตรกร โดยลดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำในฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาดุกของเกษตรกร โดยการค้นหาวิธียืดระยะเวลาการใช้น้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกให้นานยิ่งขึ้นด้วยระบบชีววิถี

ประโยชน์ต่อเนื่องที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มโอกาสการแข่งขันโดยการลดต้นทุนค่าอาหารเม็ดเลี้ยงปลาดุก ด้วยระบบชีววิถี โดยการสร้างแหล่งพักอาศัยแก่สัตว์หน้าดินและตัวอ่อนของแมลงน้ำที่เป็นอาหารตามธรรมชาติของปลาดุก โดยใช้ระบบรากของผักตบชวาทำหน้าที่กรองดักเศษอาหารส่วนเกินที่จะทำให้น้ำเน่าเสีย และใช้เศษอาหารเหล่านี้ผลิตตัวอ่อนแมลงน้ำให้เป็นอาหารธรรมชาติของปลาดุก ซึ่งจะยังประโยชน์ให้เกิดทั้งทางด้านอาหารปลา

ดุกและรักษาคุณภาพน้ำในบ่อพร้อมๆกัน เกษตรกรสามารถเพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางด้านราคาปลาดุกในเชิงพาณิชย์ให้มีมากยิ่งขึ้น

2. ลดปัญหาน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงปลาดุก ส่งเสริมธุรกิจการประมงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดปัญหาทางสังคมได้

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตศึกษาเฉพาะประเด็นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและอัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกที่ประเมินผลจากขนาดและน้ำหนักปลา ในปีแรก พ.ศ. 2554 ศึกษาในบ่อคอนกรีต และในปีที่สอง พ.ศ. 2555 ศึกษาในบ่อดิน และงานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมไปถึงการศึกษาองค์ประกอบด้านอื่นๆของผักตบชวาและสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่ร่วมอาศัยอยู่ในน้ำเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์

การตรวจเอกสาร

การใช้เทคนิคชีววิถีโดยนำผักตบชวามาช่วยดูดซับธาตุอาหารส่วนเกินในแหล่งน้ำนี้ มีการศึกษาโดยนักวิจัยต่างๆมาเป็นเวลานานแล้ว (American Public Health Association. 1989 ; Abdelhamid and Gabra,1991; Abdel-Hamid et al., 1992; Agami et al., 1990; Ahmed et al.,1995 ; Akcin et al.,1994; Aoyama et al.,1993; Babu et al.,. 1988; Baldwin et al.,. 1975; Bashmacova, 1990; Benicio et al.,1993 ; Berto et al.,1988; Bierman and Dolan,1981; Biobaku and Ekpenyong, 1991; Biswas and Mandal,1988; Biswas and Mandal,1989; Blachier,1990; Bloesch,1977; Bolenz et al.,1990; Borhami et al.,. 1995; Borhami et al.,1995; Bratli,1994; Bucka and Zurek,1992; Maden et al.,1998; Sesli and Tuzen 1999) ทั้งนี้เนื่องจากระบบรากของผักตบชวาสามารถกรองตะกอนแขวนลอย ดูดซับธาตุอาหาร และเป็นที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตใต้น้ำต่างๆมากมาย โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตในกลุ่มจุลลินทรีย์ที่มีประโยชน์ จะช่วยทำให้น้ำเลี้ยงปลาดุกเน่าเสียน้อยลงได้จากการย่อยเศษอาหารและปฏิกูลดังกล่าวเร็วขึ้น โดยทั่วไปคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกควรจะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 3 ppm (Swingle, 1969) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำควรอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 (เมฆ, 2530) ค่าความเป็นด่าง(Alkalinity) และค่าความกระด้างของน้ำ (Hardness) ควรอยู่ในช่วง 20 -300 ppm และระดับค่าความเป็นด่าง-ค่าความกระด้างควรมีระดับใกล้เคียงกัน (ไมตรี, 2524) ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลาควรควบคุมให้อยู่ต่ำกว่า 2.5 ppm (

ปกรณ์, 2530 ; ไมตรี, 2524) Colman *et al.*(1981) รายงานว่า ไนไตรต์จะเป็นพิษกับปลา Channal catfish โดยจะไปจับตัวกับ Haemoglobin ในเลือดทำให้เลือดปลาจับออกซิเจนได้น้อยลง Boyd(1979) รายงานว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติมักไม่เกิน 1.0 ppm แต่ปริมาณฟอสเฟตที่พบในบ่อเลี้ยงปลามักมีปริมาณสูง ไมโครไบโอเทค(2536) รายงานถึงการสะสมของของเสียและสิ่งขับถ่ายที่พื้นก้นบ่อปลาทำให้เกิดสภาพเน่าเสียและมีกาซพิษเช่น แอมโมเนีย กาซไข่เน่า และกาซไนไตรต์เป็นต้น อันมีผลทำให้ปลาเครียด กินอาหารลดลง เติบโตช้า อ่อนแอและมีโอกาสเป็นโรคสูง ดังนั้นนักวิจัยของไมโครไบโอเทคจึงพยายามนำเทคนิคชีววิถีมาปรับใช้โดยการเติม "แบคโตเซล" (Bactocell) ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ช่วยกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อปลาพร้อมทั้งปรับสภาพน้ำและกำจัดแอมโมเนีย โดยมีอัตราการใช้ประมาณ 500 กรัม/1 ไร่ และใช้ติดต่อกันทุกๆ 15 – 30 วัน นอกจากนี้ยังการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์กลุ่ม Probiotic ในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อช่วยขจัดสารพิษแอมโมเนีย ไนไตรต์ และกาซไข่เน่าจากทั้งน้ำและดินตะกอน (Grommen และ Verstraete, 2002 ; Gross *et al.*, 2003) การใช้เทคนิคชีววิถีโดยเน้นการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่เพาะเลี้ยงขึ้นโดยตรงมาใช้ในบ่อปลานั้นมักพบว่าราคาต้นทุนมักสูงกว่าการทำเป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพ ดังนั้น ในช่วงเวลาต่อมาเกษตรกรจึงประยุกต์การทำปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อผลิตจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ดังกล่าวขึ้นเอง โดย สุริยา (2542) รายงานถึงการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่อุดมไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์นี้ไปใช้บำบัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือแม้กระทั่งการนำไปผสมอาหารให้สัตว์น้ำกินโดยตรง ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ (2537) ได้เผยแพร่องค์ความรู้การใช้จุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ (EMs) ทางการประมงชีววิถีว่า สามารถใช้เพื่อรักษาคุณภาพน้ำและสุขภาพสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี โดยแนะนำให้ใช้ในอัตรา 1 : 10,000 หรือใช้จุลินทรีย์ฯ 1 ลิตร / น้ำ 10 ลบ.ม. ใส่ทุกๆ 7-10 วัน แล้วแต่สภาพน้ำและอัตราความหนาแน่นของสัตว์น้ำ การผสมจุลินทรีย์ฯในอาหารสัตว์น้ำแนะนำให้ใช้ 1 ส่วน / น้ำ 50-100 ส่วนคลุกเคล้ากับอาหาร (ประมาณ 1 ลิตร / อาหาร 10-15 กก.) การใช้จุลินทรีย์ฯดังกล่าวนอกจากจะช่วยมิให้น้ำเน่าเสียเร็วแล้ว ยังช่วยให้สุขภาพสัตว์น้ำดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับ อาณัฐ (2549) ที่รายงานว่า จุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ทางการเกษตรมีหลายกลุ่ม ในทางการประมงนั้นมักนิยมเลือกจุลินทรีย์กลุ่มที่มีความสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์หรือเซลลูโลสได้ดี ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้มักประกอบไปด้วยแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิท และโปรโตซัว เช่น *Bacillus Aspergillus* , *Trichoderma* , *Penicilium* และ *Thermoactinomyces* เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้พบได้ทั่วไปในระหว่างการสลายตัวของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ซากพืช ซากสัตว์ ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหญ้า และขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ ทำให้เกิดปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยดอก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ น้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น ในปุ๋ยหมักที่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ค่อนข้างดีจะพบว่าในทุกๆ 1 กรัมของปุ๋ยหมักจะมีแบคทีเรีย 150-300

ไมโครกรัม และพบแบคทีเรียที่มีกิจกรรมสูง(Active) ประมาณ 15-30 ไมโครกรัม มีเชื้อรา 150-200 ไมโครกรัม เชื้อราที่มีกิจกรรมสูง 2-10 ไมโครกรัม มีโปรโตซัวประมาณ 10,000 ตัว/ 1 กรัมของน้ำปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ยังมีกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟอสเฟสได้เช่น *Bacillus* , *Aspergillus* , *Thiobacillus* , *Penicilium* และ *Rhizopus* เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีผลจากการวิจัยของบัญญัติ และคณะ(2547) ที่พบว่า ระบบเกษตรชีววิถีสามารถลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบผสมผสานนาน 12 เดือนได้ประมาณ 12.37 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 1.86 บาท/กิโลกรัม และลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลเมื่อเลี้ยงนาน 24 เดือน ได้ประมาณ 13.30 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 2 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ (บัญญัติ และคณะ, 2548) การลดต้นทุนของการเลี้ยงปลานิลแบบชีววิถีนี้ เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำที่ดีขึ้นและการกระตุ้นให้เกิดอาหารตามธรรมชาติได้มากขึ้นเช่น ตัวอ่อนแมลงน้ำ แพลงก์ตอนสัตว์ กุ้งขนาดเล็ก และหนอนน้ำชนิดต่างๆ ฯลฯ ซึ่งปลานิลที่เกษตรกรเลี้ยงสามารถกินอาหารธรรมชาติเหล่านี้เป็นอาหารเสริมร่วมกับการกินอาหารเม็ดที่ใช้เป็นหลักในการเลี้ยงเชิงพาณิชย์อยู่แล้ว สมมุติฐานนี้พบว่าเป็นจริงจากผลการวิจัยของ บัญญัติ และคณะ(2550) ที่ได้เปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารตามธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลานิลแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิลนาน 12 เดือน โดยพบว่า องค์ประกอบทางชีวภาพในห่วงโซ่อาหารสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตปลานิลแบบผสมผสานได้ 1.83 บาท / 1 มื้อ / ปลานิลที่เลี้ยง 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ระบบชีววิถีโดยผักตบชวายังถูกประยุกต์นำไปใช้ในบ่อเลี้ยงลูกปลาบึกเพื่อลดต้นทุนและเพื่อเพิ่มคุณภาพเนื้อปลาบึกให้ปราศจากกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาเช่นกัน จากผลการวิจัยของ บัญญัติ และคณะ(2552) พบว่าระบบชีววิถีมีผลต่อปริมาณความขุ่นของน้ำที่เกิดจากสารแขวนลอยขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ(TSS) เฉพาะใน 14 เดือนแรกที่เลี้ยงลูกปลาบึก หลังจากนั้นระบบชีววิถีจะมีผลเด่นชัดมากต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาบึก ปริมาณสาร Geomin ที่ก่อให้เกิดกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบึก และมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารกลุ่มฟอสฟอรัสในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย

ระบบชีววิถีโดยการใช้ผักตบชวานี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในการดูดซับแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้อีกทางหนึ่งด้วย (บัญญัติ และคณะ, 2549 ; Bunyat et al, 2007) โดยพบว่า ทั้งปลานิลและผักตบชวาสามารถใช้เนื้อเยื่อร่างกายดูดซับแคดเมียมได้ ปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียนี้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ตามปกติ ถึงแม้ว่าปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียจะไม่สามารถนำมารับประทานได้ แต่เราก็สามารถนำปลานิลจากบ่อพักน้ำเสียที่มีปริมาณสะสมแคดเมียมในเนื้อเยื่อประมาณ 54.06 มิลลิกรัม/กรัม นี้ไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารเลี้ยงจระเข้น้ำจืดให้มีขนาดลำตัวยาวกว่าปกติได้ (Bunyat, 2008)

ดังนั้น จึงสนับสนุนได้ว่า ระบบรากและระบบการทำงานของเซลต่างๆในผักตบชวา สามารถนำมาส่งเสริมร่วมกับจุลินทรีย์ในการรักษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาได้ และควรประยุกต์นำมาใช้ในระบบชีววิถีทางการประมงน้ำจืดเพื่อเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนสร้างโอกาสต่อการแข่งขันของเกษตรกรได้

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

- น้ำใสสะอาด ตะกอนน้อย กลิ่นสะอาด

- น้ำขุ่น ตะกอนมาก กลิ่นไม่สะอาด
เชื้อโรคต่างๆที่ก่อให้เกิดโทษ
- *กลุ่มสาหร่ายพิษ / แบคทีเรีย* / รา / ไวรัส / โปรโตซัว
-กลุ่มสาหร่ายและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลน
ออกซิเจนละลายน้ำมีปริมาณไม่เพียงพอ

ผลผลิตปลาดุกมีคุณภาพดี
ดัชนีชี้วัดคุณภาพที่ดี
: Weight gain, average weight
: Specific Growth Rate; SGR
: Survival rate
: FCR

ผลผลิตปลาดุกไม่มีคุณภาพ / ต้นทุนสูง

ความล้มเหลวในการเพาะเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ในภาวะน้ำมันแพง

1. พัฒนาระบบการเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ผสมผสานกับการใช้เทคนิคชีววิถี**เป็นอาหารปลอดภัย**
2. พัฒนาระบบชีววิถี**เพื่อลดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิง**โดยลดการเปลี่ยนถ่ายน้ำโดยเครื่องสูบน้ำ
3. พัฒนาระบบชีววิถี**เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารปลา** โดยส่งเสริมให้เกิดอาหารธรรมชาติในบ่อปลาดุกเพิ่มขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

แผนการวิจัย

ระยะที่ 1 : ทบทวนเอกสารและร่างแบบเสนอโครงการวิจัย

1. ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและหนังสือต่างๆที่เกี่ยวกับเนื้อหาของโครงการ
2. ตั้งโจทย์ปัญหาและออกแบบวางแผนทดลองและการวิจัยร่วมกับนักศึกษาและเกษตรกรที่มีส่วนร่วมในโครงการ
3. วางแผนการดำเนินงานและขออนุมัติโครงการวิจัย

ระยะที่ 2 : ระยะศึกษาและทดลองทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองดังนี้

1. การทดลองที่ 1 : ทดสอบการพัฒนาระบบชีววิถีกับการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตแบบปิด (ปีที่ 1 / พ.ศ. 2554) (หมายเหตุ มีการแยกเล่มเฉพาะรายงานการวิจัยปี พ.ศ. 2554)

ใช้บ่อทดลองคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 เมตร สูงประมาณ 0.80 เมตร จำนวน 9 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป

1.1. กำหนดกลุ่มทดลอง(Treatments) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ(Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดเชิงพาณิชย์ทั่วไป ไม่มีการใช้ระบบชีววิถี ไม่ใช้ผักตบชวา

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดระบบชีววิถี ใช้ผักตบชวากันคอกปล่อย 30% ของพื้นที่ผิวน้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดระบบชีววิถี ใช้ผักตบชวากันคอกปล่อย 50% ของพื้นที่ผิวน้ำ

1.2. ใช้ปลาดุกอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 60 ตัว / ตร.ม. ให้อาหารเม็ดลอยน้ำปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

1.3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นทางการประมง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P)

1.4. ตรวจสอบผลผลิตปลาดุก เช่น ขนาด น้ำหนัก อัตรารอด ทุกๆสัปดาห์

2. การทดลองที่ 2 : ทดสอบการพัฒนาระบบชีววิถีกับการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินกลางแจ้ง
(ปีที่ 2 / พ.ศ. 2555) (<u>หมายเหตุ</u> มีการแยกเล่มเฉพาะรายงานการวิจัยปี พ.ศ. 2554)

เป็นการทดลองในบ่อดินกลางแจ้งขนาดประมาณ 5.0 x 10.0 x 1.0 เมตร. จำนวน 3 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์(Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Dancan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป (ภาพที่ 1)

2.1. กำหนดกลุ่มทดลอง(Treatments) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ(Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดในบ่อดิน ไม่ใช้ระบบชีววิถี ไม่ใช้ผักตบชวา

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดในบ่อดินระบบชีววิถี ปล่อยผักตบชวา 30% ของพื้นที่ผิวน้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดระบบชีววิถี ปล่อยผักตบชวา 50% ของพื้นที่ผิวน้ำ

2.2. ใช้ปลาดุกอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 60 ตัว / ตร.ม. ให้อาหารเม็ดลอยน้ำปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

2.3. ตรวจสอบคุณภาพน้ำที่จำเป็นทางการประมง เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) pH อุณหภูมิ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P)

2.4. ตรวจสอบผลผลิตปลาดุก เช่น ขนาด น้ำหนัก อัตรารอด ทุกๆสัปดาห์

กลุ่มทดลองที่ 1 ไม่ใช้ผักตบชวา(0%) กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้ผักตบชวา 30 % กลุ่มทดลองที่ 3 ใช้ผักตบชวา 50 %

ภาพที่ 1 กลุ่มทดลองต่างๆของการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ปี พ.ศ. 2555

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 ถึง เดือนกันยายน 2555

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลวิจัย

1. การวิจัยและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยระบบชีววิถีทางการประมง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเพื่ออาหารปลอดภัย โดยปราศจากการใช้สารเคมีและยารักษาโรคตลอดเวลาการเลี้ยงปลาดุก มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายของปลาดุกที่เลี้ยงต่อครั้ง ให้มีมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยการรักษาเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำให้คงที่มากที่สุด

สำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืดระบบชีววิถีโดยประยุกต์ใช้ผักตบชวานี้ เคยมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้ ที่เคยใช้ทดลองเพื่อลดสารกลิ่นสาปโคลนในเนื้อปลาบึกอย่างได้ผลมาแล้ว (บัญญัติ และขจรเกียรติ์, 2554) โดยทำการวิจัยกับปลาบึก พบว่า ระบบชีววิถีที่ใช้ผักตบชวาปกคลุมผิวน้ำทั้งสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์สามารถช่วยลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนชนิด Geosmin ได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (F=19.68**) ปริมาณสาร Geosmin ในเนื้อปลาบึกในบ่อชีววิถีพบเฉลี่ยระหว่าง 15.70-15.75 ไมโครกรัมต่อเนื้อปลาบึก 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเฉลี่ย 41.88 ไมโครกรัมต่อเนื้อปลาบึก 1 กิโลกรัม ของบ่อที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณสาร 2-methylisoborneol ซึ่งเป็นสารก่อเกิดกลิ่นสาบโคลนอีกชนิดหนึ่ง จากการศึกษาในครั้งนั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างบ่อควบคุมและบ่อที่ใช้เทคนิคชีววิถีทั้งสองกลุ่ม แต่ก็เป็นที่น่าสังเกตว่า เฉพาะบ่อที่ใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่พบปริมาณสาร 2-methylisoborneol เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.14 ไมโครกรัมต่อเนื้อปลาบึก 1 กิโลกรัม ในขณะที่บ่อควบคุมและบ่อที่ใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์พบปริมาณเฉลี่ย 0.78 และ 0.73 ไมโครกรัมต่อเนื้อปลาบึก 1 กิโลกรัมเท่านั้น

จากการทำงานที่ได้ผลของระบบชีววิถีผักตบชวาในปลาบึกนี้ จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในบ่อคอนกรีตในปี พ.ศ. 2554 และใช้ทดลองต่อมาอีกในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 เพื่อเลี้ยงปลาดุกซึ่งก็เป็นส่วนหนึ่งของผลงานวิจัยชิ้นนี้ สำหรับผลงานวิจัยการใช้ระบบชีววิถีในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2554 ในประเด็นที่ต้องการรักษาเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตายของปลาดุกดังกล่าวนี้ พบว่า การใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาในบ่อคอนกรีตทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์แสดงผลความแตกต่างในระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำ(pH)อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยกับบ่อคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวา(F=17.20, F<0.01) (ตารางที่ 1) และยังแสดงความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง(DMRT)อย่างชัดเจนอีกด้วย จากข้อมูลเฉลี่ยตลอดการวิจัยพบว่า ระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำในบ่อคอนกรีตระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์นั้น

คุณภาพน้ำมีความเป็นกลางเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกมากที่สุดเท่ากับ 7.81 รองลงไปคือบ่อคอนกรีตระบบชีววิถีผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 8.06 และระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำที่มีค่าความเป็นเบสมากที่สุดของการวิจัยครั้งนี้คือบ่อคอนกรีตทั่วไปเท่ากับ 8.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ความแตกต่างระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Treatments	2	7.6581	3.8291	**17.20****	3.15	4.98	0.0000
Ex.Error	78	17.3618	0.2226				
Total	80	25.0199	0.3127				

Grand Mean = 8.1126 CV = 5.8155% LSD 0.05 = 0.25424 LSD 0.01 = 0.33603

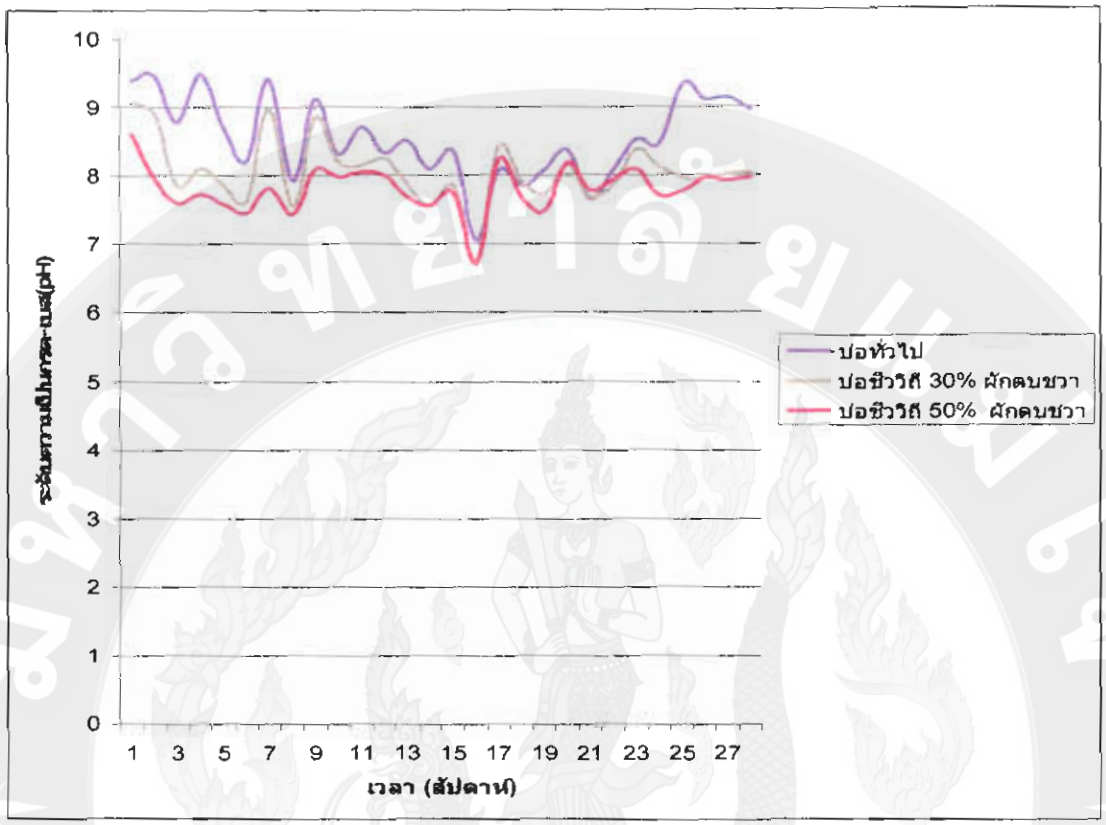
ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554

Name	Mean	Ranked at Probability Level	
		0.05	**0.01**
บ่อคอนกรีต + 0% ผักตบชวา	8.5251	A	**A**
บ่อคอนกรีต + 30% ผักตบชวา	8.0259	B	**B**
บ่อคอนกรีต + 50% ผักตบชวา	7.7871	B	**B**

Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ระดับความเสถียรของความเป็นกรด-เบสของน้ำในบ่อคอนกรีต นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะบ่อคอนกรีตเปิดใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการใช้งานเลี้ยงปลาดุกมาก่อนนั้น โดยทั่วไปมักจะพบว่ามีระดับค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำสูงมากระหว่าง 9.00-9.50 ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา จากภาพที่ 2 ของผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงอย่างชัดเจนว่า ระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์มีผลต่อเสถียรภาพของระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเริ่มทดลองในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 ทั้งนี้มีข้อน่าสังเกตว่า ระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำในบ่อคอนกรีตเปิดใหม่ที่ใช้ทดลองทุกบ่อก่อนเริ่มใส่ผักตบชวาตามสัดส่วนที่กำหนดนั้น จะมีค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณ 9.026 แต่เมื่อเริ่มใส่

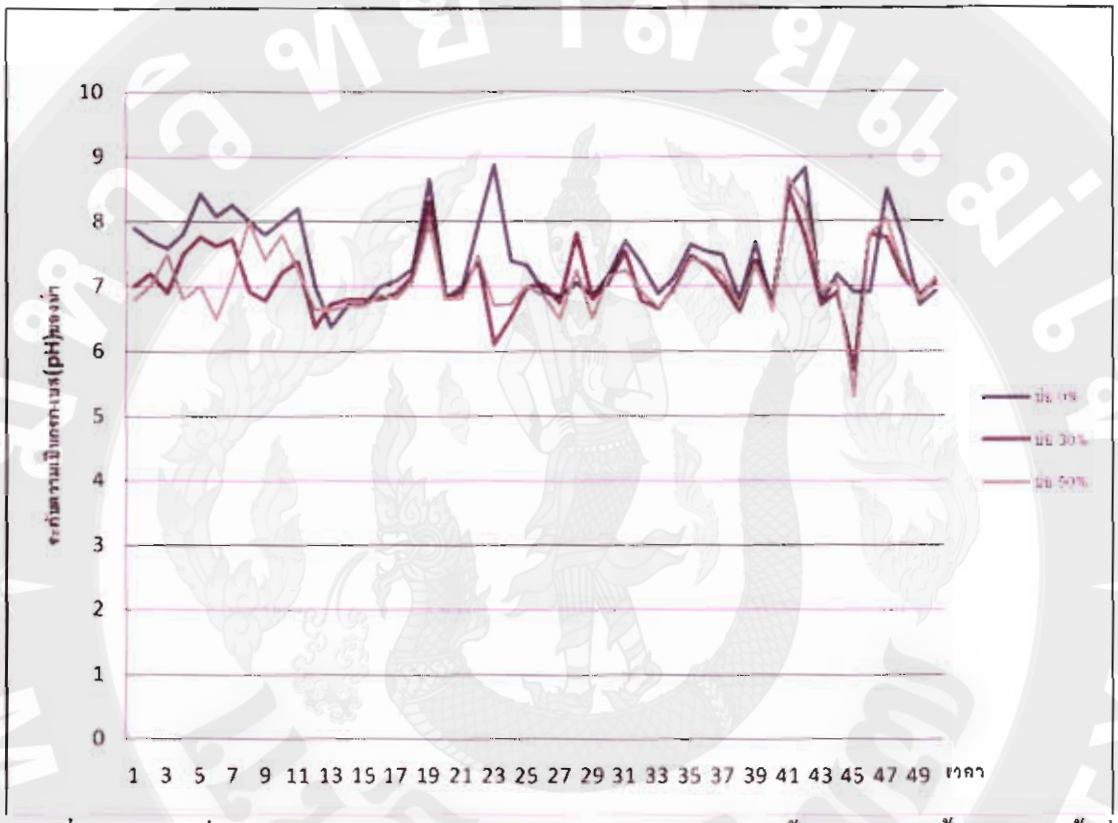
ผักตบชวาลงไปตามสัดส่วนของแต่ละกลุ่มทดลองแล้ว ในเวลาที่ผ่านไปเพียง 1 สัปดาห์ ระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำในบ่อชีววิถีผักตบชวาทั้งสองกลุ่ม จะมีค่าต่ำกว่าบ่อคอนกรีตกลุ่มที่ไม่มีผักตบชวาอย่างชัดเจน (ภาพที่ 2) และเมื่อพิจารณาลักษณะการขึ้นลงของระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ตลอดเวลาการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 จะพบว่า ระดับเสถียรภาพของการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่ามีน้อยกว่าบ่อทดลองในกลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 9 ของการทดลองนั้น บ่อเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อทดลองกลุ่มอื่นๆในช่วงเวลาเดียวกันนี้ ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่า ปริมาณผักตบชวาที่มีมากมีผลต่อการปรับสมดุลระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำได้ดี ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมาของเกษตรกรไทยเกี่ยวกับการแก้ค่าง(เบส)ของบ่อคอนกรีตนี้คือ การแนะนำให้ใช้เปลือกกล้วยหรือเศษวัชพืชและโคลนตินหมักน้ำในบ่อคอนกรีตเปิดใหม่ก่อนใช้เลี้ยงปลาประมาณ 5-7 วัน ซึ่งวิธีการนี้บางครั้งกลับสร้างผลเสียต่อสุขภาพสัตว์น้ำ ถ้าหากวัสดุที่ใช้ในการหมักน้ำเหล่านี้มีการปนเปื้อนเชื้อโรคมาด้วย ดังนั้น จากผลการวิจัยในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 ที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาปล่อยเลี้ยงร่วมกับปลาดุกในสัดส่วนที่เหมาะสม ย่อมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวิธีที่สะอาดปลอดภัย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพสัตว์น้ำได้โดยตรง อีกทั้งการหยุดปล่อยน้ำเสียจากบ่อปลาดุกลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะข้างเคียง ยังสามารถช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อแหล่งน้ำและลดปัญหาสังคมของชุมชนข้างเคียงได้ นอกจากนี้การที่ปลาดุกทุกกลุ่มทดลองในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 มีอัตราการรอดตายเท่ากันคือ 100 เปอร์เซ็นต์ และปลาดุกทดลองทุกตัวไม่พบการเกิดโรคใดๆทั้งสิ้น สิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นผลการวิจัยเชิงประจักษ์ที่สามารถหยุดยั้งการใช้สารเคมีบำบัดน้ำและสารเคมีรักษาโรคสัตว์น้ำได้โดยตรงตลอดการทดลองในบ่อคอนกรีต ดังนั้น อนาคตหากมีการนำผลการวิจัยชิ้นนี้ไปดำเนินการ ในการเลี้ยงปลาดุกในพื้นที่ขนาดใหญ่เชิงพาณิชย์จริง ย่อมมีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถผลิตปลาดุกได้อย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และได้ผลผลิตปลาดุกที่เป็นอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค เพราะตลอดระยะเวลาของระบบการผลิตนั้นปราศจากการใช้สารเคมีและยารักษาโรคอย่างสมบูรณ์ตลอดการเลี้ยงนั่นเอง



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554

จากผลงานวิจัยในบ่อคอนกรีตที่ได้ในปี พ.ศ. 2554 จึงเป็นที่มาของการวิจัยในประเด็นเสถียรภาพของระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ เพื่อเพิ่มอัตรารอดตายให้กับปลาดุกอย่างต่อเนื่องมาในปี พ.ศ. 2555 ซึ่งมีการทดลองในบ่อดินขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อต้องการทราบว่า หากมีการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดิน ตามสัดส่วนวิธีการเดียวกันกับที่เคยทดลองในบ่อคอนกรีตนั้น ทั้งระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ และอัตราการรอดตายของปลาดุก จะคล้ายคลึงกับผลงานวิจัยในบ่อคอนกรีตหรือไม่อย่างไร? ซึ่งจากผลการวิจัยในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 พบว่า ลักษณะเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ มีลักษณะตาม ภาพที่ 3 ซึ่งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงโดยภาพรวมคล้ายคลึงกันตลอดการทดลองในบ่อดิน เพียงแต่มีข้อน่าสังเกตว่า ระดับค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในบ่อดินที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา (0% ผักตบชวา)นั้น จะมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าบ่อดินอีกสองกลุ่มทดลองที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในทุกกลุ่มทดลองในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 นี้ จะพบเหมือนกับผลการวิจัยในบ่อ

คอนกรีตปี พ.ศ. 2554 คือ บ่อดินทดลองทั้งสองกลุ่มที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย (F = 6.77, F<0.01) (ตารางที่ 3) กับบ่อดินกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา (0% ผักตบชวา)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความแตกต่างระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Treatments	2	4.3762	2.1881	**6.77****	3.07	4.79	0.0019
Ex.Error	147	47.4920	0.3231				
Total	149	51.8682	0.3481				

Grand Mean = 7.202999 CV = 7.8911% LSD 0.05 = 0.225085 LSD 0.01 = 0.297498

ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในแต่ละกลุ่มทดลองบ่อดินเลี้ยงปลาดุก ปี พ.ศ. 2555 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานี้เช่นกัน ค่าเฉลี่ยที่พบในกลุ่มทดลอง 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ผักตบชวาเท่ากับ 7.44^{a} และ 7.08^{b} และ 7.07^{b} ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างกลุ่มบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

Name	Mean	Ranked at	Probability Level
		0.05	**0.01**
บ่อดิน + 0% ผักตบชวา	7.4444	A	**A**
บ่อดิน + 30% ผักตบชวา	7.0898	B	**B**
บ่อดิน + 50% ผักตบชวา	7.0748	B	**B**

Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 นี้แล้วจะพบว่า บ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้งสองกลุ่มทดลอง จะมีระดับเสถียรภาพของค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำมั่นคง ดีกว่าในบ่อดินที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาอย่างชัดเจน และเมื่อกลับไปพิจารณาจาก ภาพที่ 3 ข้างต้นประกอบด้วย ก็จะยิ่งมองภาพเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ได้ชัดเจนโดยตลอด นอกจากนี้หากเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำ ระหว่างในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 และในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 แล้วยิ่งพบความชัดเจนเพิ่มขึ้นอีกว่า ค่าเฉลี่ยในบ่อดินมีระดับมั่นคงเหมาะสมแก่การเลี้ยงปลามากกว่าในบ่อคอนกรีตอีกด้วย ดังนั้น จึงเป็นอีกหนึ่งเหตุผล ที่อาจจะสนับสนุนอัตรารอดตายของปลาดุกในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ที่มีมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์นี้ได้ เพราะเมื่อน้ำมีความมั่นคงด้านเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH) ก็จะทำให้สุขภาพปลาดุกที่เลี้ยงดีขึ้น เลี้ยงง่าย โตไว (ภาพที่ 4) แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอื่นๆที่มีความสำคัญต่ออัตราการรอดตายของปลาดุกก็มีความสำคัญเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen)

ภาพที่ 4 ปลาดุกที่ได้จากการศึกษาเป็นปลาที่มีสุขภาพแข็งแรงดีทุกบ่อทดลอง

กาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) มีความสำคัญต่อการหายใจและเมตาโบลิซึมในร่างกายสัตว์น้ำทุกชนิด ปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO)ที่มีเพียงพอเหมาะสมกับชนิดสัตว์น้ำในแต่ละชนิดย่อมส่งผลให้สัตว์น้ำมีอัตราการรอดตายสูง และยังช่วยรักษาสุขภาพสัตว์น้ำได้ในคราวเดียวกัน สำหรับผลการศึกษาปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO)ในบ่อเลี้ยงปลาดุก ทั้งที่ศึกษาในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 และในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 นั้นได้แสดงให้เห็นแล้วว่าอาจจะเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการรอดตายของปลาดุกทั้งหมด ทำให้มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และยังพบเพิ่มเติมอีกว่า เมื่อไม่มีการเปลี่ยนถ่ายเทน้ำตลอดการทดลอง 6 – 12 เดือนของการทดลองในแต่ละปีนั้น ปลาดุกทุกกลุ่มทดลองยังคงสามารถ มีอัตราการเจริญเติบโตได้ตามปกติ มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มโตเพิ่มขึ้นได้เรื่อยๆ (ภาพที่ 4) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า ปลาดุกเหล่านี้ เป็นปลาดุกลูกผสมระหว่างปลาดุกอุยและปลาดุกรัสเซีย ดังนั้น ปลาจึงยังคงมีความสามารถเจริญเติบโตขึ้นได้เรื่อยๆในระยะเวลา 12 เดือนดังกล่าว นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ทั้งน้ำหนักและความยาวของปลาดุกที่เลี้ยง ทั้งในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 และที่เลี้ยงในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ในทุกกลุ่มการทดลองทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานี้ จะแสดงผลที่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติวิจัยเลย ($F>0.05$) ข้อมูลความไม่แตกต่างกันระหว่างน้ำหนักและขนาดปลาดุก ที่ผลิตได้ทั้งจากบ่อคอนกรีตและบ่อดิน ระบบทั่วไปและบ่อเลี้ยงระบบชีววิถีนี้ หมายถึงว่า การใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาลอยปกคลุมผิวน้ำ ทั้งในสัดส่วน 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์นี้ จะไม่มีผลกระทบใดๆต่อผลผลิตปลาดุกทางด้านขนาดและน้ำหนักเลย ดังนั้นหากเกษตรกรต้องการเน้นเรื่องผลผลิตและอัตราการเจริญเติบโตปลาดุกเพียงด้านเดียว ไม่ต้องการประโยชน์ต่อเนื่องทางด้านอื่นๆเช่น คุณภาพน้ำ สุขภาพและโรคสัตว์น้ำ ระยะเวลาการใช้น้ำ ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเหล่านี้แล้วนั้น การ

ประยุกต์ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาเพื่อเลี้ยงปลาดุกก็คงยังไม่มีความจำเป็นมากนัก แต่ถ้าหากเกษตรกรต้องการลดต้นทุนค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมัน และค่าสารเคมีรักษาโรคและบำบัดน้ำเสียเมื่อใดแล้วนั้น การประยุกต์ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาในบ่อเลี้ยงปลาดุกจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยเกษตรกรได้อย่างเห็นผล จริงอยู่ถึงแม้ว่าในการทดลองเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 นี้พบว่า กลุ่มทดลองในระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลกระทบต่อการลดปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อดินธรรมดาที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ($F = 36.05$, $F<0.01$) (ตารางที่ 5 และ 6) แต่เนื่องจากปลาดุกเป็นปลาที่มีอวัยวะพิเศษช่วยหายใจ(Dendrite) ดังนั้นปัญหาจากปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO)ในบ่อระบบชีววิถีผักตบชวาที่มีต่ำกว่าบ่อดินทั่วไปนี้ (ภาพที่ 5) อาจจะยังไม่มีผลกระทบต่อปลาดุกรุนแรงมากนัก เหตุผลที่นำมาสนับสนุนการวิจารณ์ผลการศึกษาที่ได้ในประเด็นนี้ ได้แก่ ข้อมูลอัตราการรอดตาย และข้อมูลการเจริญเติบโตทั้งด้านขนาดและน้ำหนักของปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อระบบชีววิถีผักตบชวาทั้งหมด จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับบ่อดินธรรมดาที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ตามที่รายงานผลมาแล้วข้างต้นนั่นเอง

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F - Prob
Treatments	2	51.2141	25.6070	**36.05****	3.07	4.79	0.0000
Ex. Error	108	76.7240	0.7104				
Total	110	127.9381	1.1631				

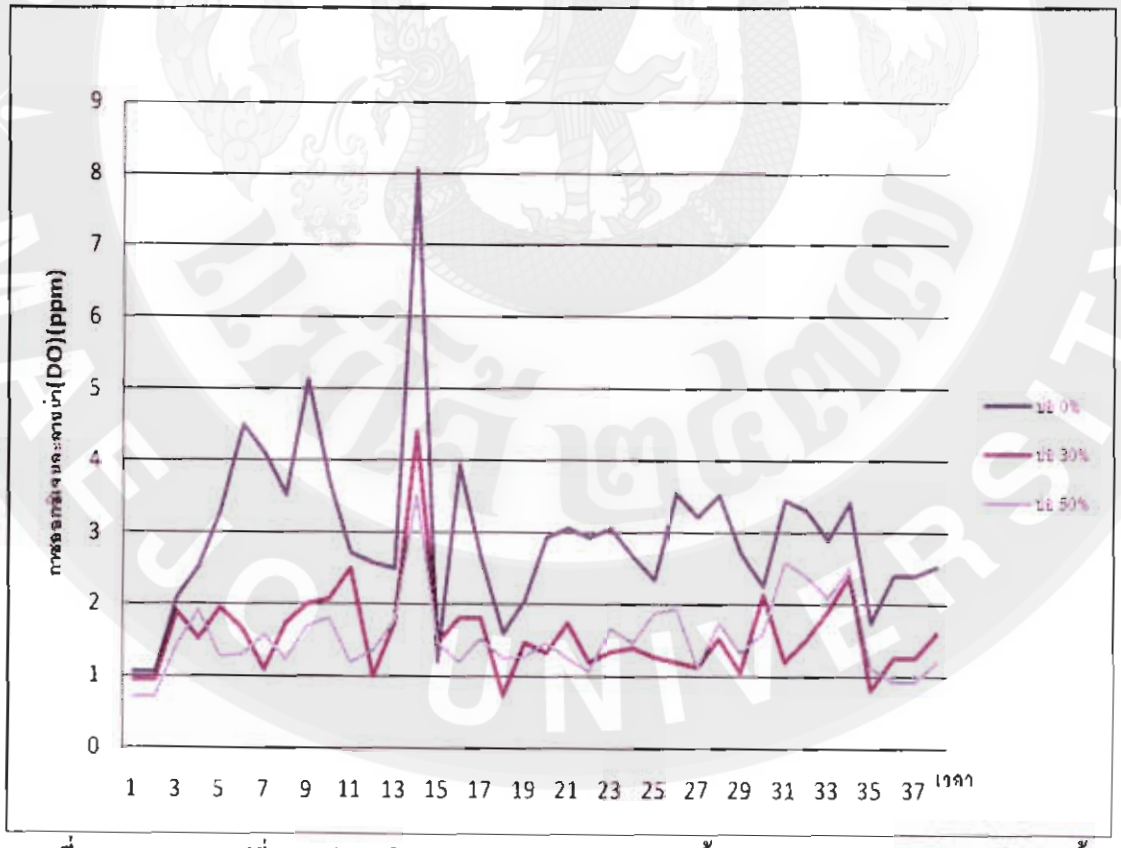
Grand Mean = 2.059549 CV = 40.9243 % LSD 0.05 = 0.38800 LSD 0.01 = 0.5128278

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555

Name	MEAN	Ranked at Probability level	
		0.05	0.01
กลุ่มทดลองที่ 1 (0%)	3.0200	A	**A**
กลุ่มทดลองที่ 2 (30%)	1.5946	B	**B**
กลุ่มทดลองที่ 3 (50%)	0.5641	B	**B**

Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test

แต่อย่างไรก็ตามหากวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล ระหว่างปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555 นี้กับในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 แล้วจะพบความแตกต่างบางอย่างที่เกิดขึ้น กล่าวคือพบว่า บ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์นี้ ไม่แสดงผลกระทบใดๆต่อปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ($F=1.01, F>0.05$) และระบบชีววิถีในบ่อคอนกรีตยังไม่มีผลกระทบใดๆต่ออุณหภูมิน้ำ($F=0.03, P>0.05$)อีกด้วย ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากขนาดของบ่อคอนกรีตที่ใช้เลี้ยงปลาดุกในปี พ.ศ. 2554 นั้นมีขนาดเล็กกว่าบ่อดินที่ใช้ในปี พ.ศ. 2555 ขนาดของบ่อคอนกรีตที่เล็กจะส่งผลทำให้ปริมาณผักตบชวาที่ใช้ในแต่ละกลุ่มทดลองน้อยลงตามไปด้วย ถึงแม้ว่าสัดส่วนพื้นที่การใช้ผักตบชวาจะกำหนดไว้ที่ 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์เท่ากันก็ตาม แต่ปริมาณผักตบชวาต่อขนาดบ่อ คาดว่าน่าจะมีผลต่อปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำได้ ดังนั้น หากต้องการพิสูจน์ความจริงในประเด็นนี้ ควรที่จะมีการทดลองซ้ำอีกครั้ง ทั้งในบ่อดินและบ่อคอนกรีตที่มีขนาดเท่ากันจริงๆในโอกาสต่อไป



ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

2. เพื่อลดปริมาณน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาดุก โดยพิจารณาประเด็นการลดปริมาณแร่ธาตุหลักส่วนเกินภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกอันเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เช่น กลุ่มธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N), ไนไตรต์-ไนโตรเจน(NO_2-N), ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และ กลุ่มธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของออโธฟอสเฟต(PO_4-P) โดยการพัฒนาใช้ระบบชีววิถี ที่มีผักตบชวาเป็นตัวดูดซับแร่ธาตุส่วนเกินเหล่านี้ ในสัดส่วนพื้นที่ปล่อยพืชแตกต่างกันไป ตามโจทย์วิจัยนี้ว่า จะได้ผลวิจัยออกมาแตกต่างจากบ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ทั่วๆไป ที่ไม่ใช้ผักตบชวาหรือไม่

2.1. <u>แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)</u>

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555 พบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยกับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ($F = 3.69$, $F<0.05$) (ตารางที่ 7) ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำในกลุ่มทดลองที่ 1 (0% ผักตบชวา) กลุ่มทดลองที่ 2 (30% ผักตบชวา) และกลุ่มทดลองที่ 3 (50% ผักตบชวา)ตลอดการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.3891^a และ 0.1480^b และ 0.1361^b มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F - Prob
Treatments	2	2.0378	1.0189	**3.69***	3.07	4.79	0.0266
Ex. Error	147	40.6155	0.2763				
Total	149	42.6533	0.2863				

Grand Mean = 0.224406 CV = 234.2348 % LSD 0.05 = 0.208152 LSD 0.01 = 0.275119

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555

Name	MEAN	Ranked at	Probability level
		0.05	0.01
กลุ่มทดลองที่ 1 (0%)	0.3891	**A**	A
กลุ่มทดลองที่ 2 (30%)	0.1480	**B**	A
กลุ่มทดลองที่ 3 (50%)	0.1361	**B**	A

Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test

ผลการทดลองในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยอย่างชัดเจน($F<0.05$) ระหว่างทุกกลุ่มทดลองที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาและกลุ่มที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีนี้ จะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 ซึ่งข้อมูลในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 นั้นแสดงให้เห็นแต่เพียงว่า บ่อเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์นั้น ได้แสดงปริมาณค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองออกมาน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0396 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามมาด้วยบ่อเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์ (0.0592 มิลลิกรัม/ลิตร) และบ่อเลี้ยงปลาดุกระบบทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวาที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.0614 มิลลิกรัม/ลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 9) และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยทั้งหมดมาวิเคราะห์สถิติวิจัย ตามวิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า แต่ละกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน (Analysis of Variance)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($F = 3.22$, $P<0.05$)(ตารางที่ 10) เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากบ่อดินปี พ.ศ. 2555 จากข้อมูลการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 นี้ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า การใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลอย่างชัดเจนต่อการลดปริมาณเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำเลี้ยงปลาดุกได้มากกว่าการใช้ผักตบชวาเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ และได้มากกว่าบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวาเลย (0% ผักตบชวา) แต่ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ผักตบชวาเพียง 30 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จะไม่แสดงผลใดๆต่อการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวา (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองของปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ละลายน้ำ ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถี ในปี พ.ศ. 2554

กลุ่มทดลอง ในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554	ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) (มิลลิกรัม/ลิตร)
กลุ่มทดลองที่ 1 : บ่อคอนกรีต + 0% ผักตบชวา	0.0614
กลุ่มทดลองที่ 2 : บ่อคอนกรีต + 30% ผักตบชวา	0.0592
กลุ่มทดลองที่ 3 : บ่อคอนกรีต + 50% ผักตบชวา	0.0396

จากตารางที่ 9 นี้พบว่า หากพิจารณาข้อมูลจากกลุ่มทดลองการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตแบบทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวานั้น ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ตกค้างเฉลี่ยในบ่อจะมีตัวเลขสูงสุดคือ 0.0614 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นตัวเลขที่สูงจากระดับปริมาณปกติของการเลี้ยงปลาน้ำจืดทั่วไป (ที่กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร) ประมาณ 0.0414 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมากกว่าค่าปกติประมาณ 2 เท่าตัว ดังนั้น จึงไม่น่าแปลกใจใดๆเลย ที่คุณภาพน้ำในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวานั้น แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)เหล่านี้จะเป็นสิ่งกระตุ้นทำให้เกิดน้ำเขียวจากสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลาดุกอย่างรวดเร็วและรุนแรง แตกต่างจากคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลากินพืชชนิดอื่นๆอย่างชัดเจนในระยะเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)จะค่อยๆลดลง ตามสัดส่วนของการใช้ผักตบชวาของการทดลองในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 ถึงแม้ว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ในกลุ่มทดลองบ่อคอนกรีตกลุ่มที่ 3 (30% ผักตบชวา)นั้นจะยังคงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยกับกลุ่มบ่อทดลองที่ 1 (0% ผักตบชวา) แต่ตัวเลขค่าเฉลี่ยนี้ยังคงเป็นตัวเลขเฉลี่ยที่สูงกว่าระดับปกติของการเลี้ยงปลาน้ำจืดสูงมากอยู่ดี ดังนั้นการหาแนวทางลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ จึงยังคงมีความจำเป็นต่อไป

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Treatments	2	0.0083	0.0042	**3.22***	3.15	4.98	0.0441
Ex.Error	78	0.1011	0.0013				
Total	80	0.1094	0.0014				

Grand Mean = 5.4320 CV = 66.2609% LSD 0.05 = 1.93964 LSD 0.01 = 2.56366

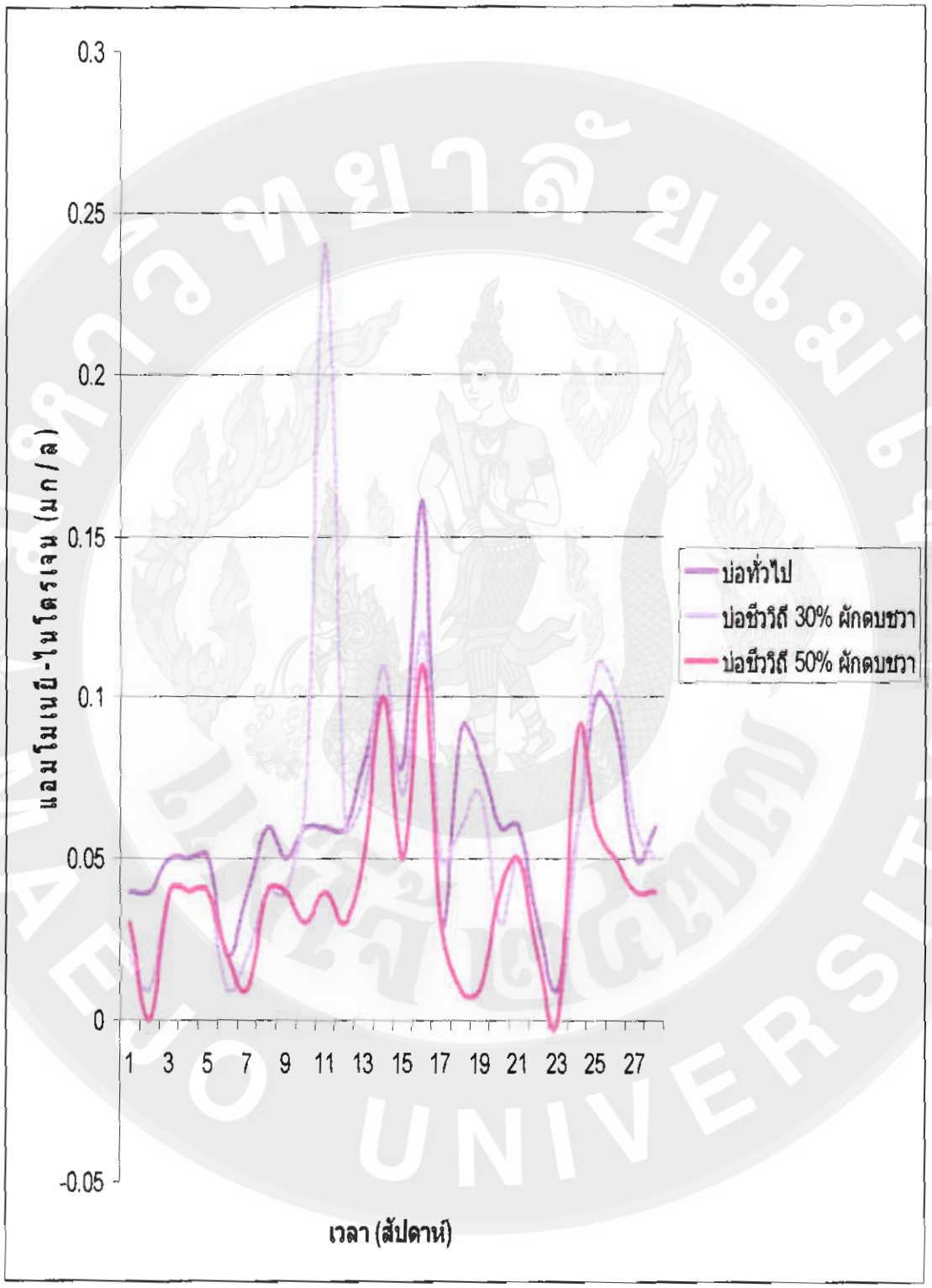
ตารางที่ 11 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำระหว่างบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2554

Name	Mean	Ranked at	Probability Level
		0.05	0.01
บ่อคอนกรีต + 0% ผักตบชวา	0.0622	**A**	A
บ่อคอนกรีต + 30% ผักตบชวา	0.0607	**A**	A
บ่อคอนกรีต + 50% ผักตบชวา	0.0400	**B**	A

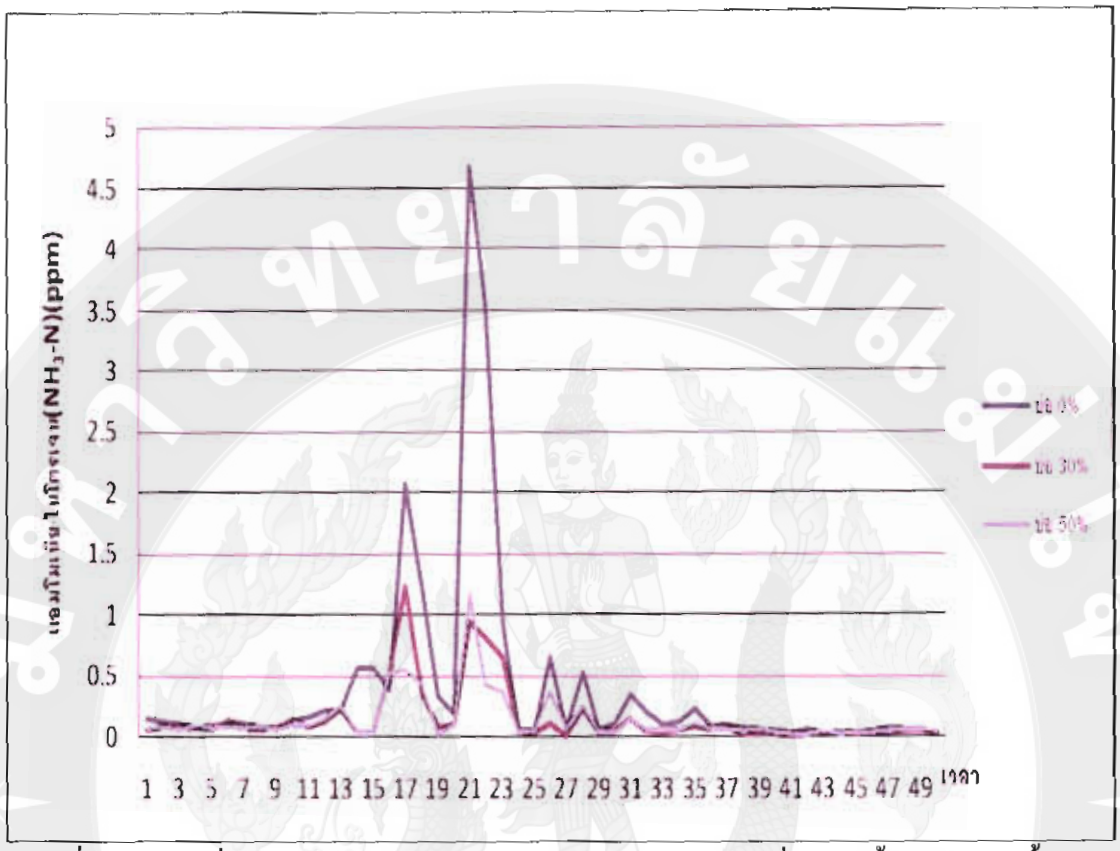
Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

อนึ่ง หากพิจารณาเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ทั้งสามกลุ่มทดลองบ่อคอนกรีตในปี พ.ศ. 2554 แล้วจะพบว่า โดยภาพรวมปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ในบ่อชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงแบบค่อยเป็นค่อยไปมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงจะไม่รุนแรงเหมือนกลุ่มทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 6) และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยทั้งหมดมาวิเคราะห์สถิติวิจัย ตามวิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า แต่ละกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน (Analysis of Variance)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($F = 3.22$, $F<0.05$)(ตารางที่ 10) และความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 3 ซึ่งใช้ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับกลุ่มทดลองที่ 2 ซึ่งใช้ผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งไม่ใช้ผักตบชวาเลย (ตารางที่ 11) จากข้อมูลการเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554นี้ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า การใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลอย่างชัดเจนต่อการลดปริมาณเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำเลี้ยงปลาดุก ได้มากกว่าการใช้ผักตบชวาเพียง 30 เปอร์เซ็นต์และบ่อเลี้ยงปลาดุกทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวาเลย และการใช้ผักตบชวาในบ่อคอนกรีตเพียง 30 เปอร์เซ็นต์นี้ จะไม่แสดงผลใดๆต่อการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวาเลย

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาปี พ.ศ. 2554



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ที่ละลายน้ำ ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาปี พ.ศ. 2555

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ในบ่อดอนกรีตเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2554 นี้ จะมีลักษณะแตกต่างกับการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555 กล่าวคือ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N)ในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ที่มีปริมาณสูงสุดเกือบตลอดเวลานั้น พบเฉพาะในบ่อดินกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา (0% ผักตบชวา)เท่านั้น ส่วนอีกสองกลุ่มทดลองซึ่งใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับนั้น พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ค่อนข้างน้อยอย่างชัดเจน (ภาพที่ 7)

2.2. <u>ไนไตรต-ไนโตรเจน (NO_2-N), ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และ ออโธฟอสเฟส(PO_4-P)</u>

ผลการศึกษาในบ่อดอนกรีดปี พ.ศ. 2554 กรณีของปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟต(PO_4-P)นั้น พบว่า บ่อดอนกรีตทดลองเลี้ยงปลาดุกทั้งหมด ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใดๆทางสถิติวิจัย และค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยข้างต้นเหล่านี้ ก็ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง จากผลการทดลองที่ได้ออกมาในบ่อ

คอนกรีตเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2554 เช่นนี้หมายถึง การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตระบบทั่วๆไปและระบบชีววิถีผักตบชวาไม่ว่าจะสัดส่วน 30 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์นั้น จะไม่มีความแตกต่างกันแต่อย่างใด ในปริมาณตกค้างสะสมของไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟต(PO_4-P)ในน้ำนั้นเอง แต่ทั้งนี้เมื่อมีการทดลองเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ต่อเนื่องมาอีกนั้น กลับพบว่า ปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)สะสมในน้ำ มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย ($F = 9.20$, $F<0.01$) ระหว่างกลุ่มทดลองใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี (0% ผักตบชวา) (ตารางที่ 12) และค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ของกลุ่มทดลองในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ที่ 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ผักตบชวามีค่าเท่ากับ 0.0649^a และ 0.0387^b และ 0.0393^b มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความแตกต่างปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Treatments	2	0.0224	0.0112	**9.20***	3.07	4.79	0.0004
Ex.Error	147	0.1789	0.0012				
Total	149	0.2013	0.0014				

Grand Mean = 4.7660 CV = 73.2020 % LSD 0.05 = 1.38156 LSD 0.01 = 1.82604

ตารางที่ 13 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ที่ละลายน้ำ ระหว่างบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

Name	Mean	Ranked at	Probability Level
		0.05	0.01
บ่อดิน + 0% ผักตบชวา	0.0649	A	**A**
บ่อดิน + 30% ผักตบชวา	0.0387	B	**B**
บ่อดิน + 50% ผักตบชวา	0.0393	B	**B**

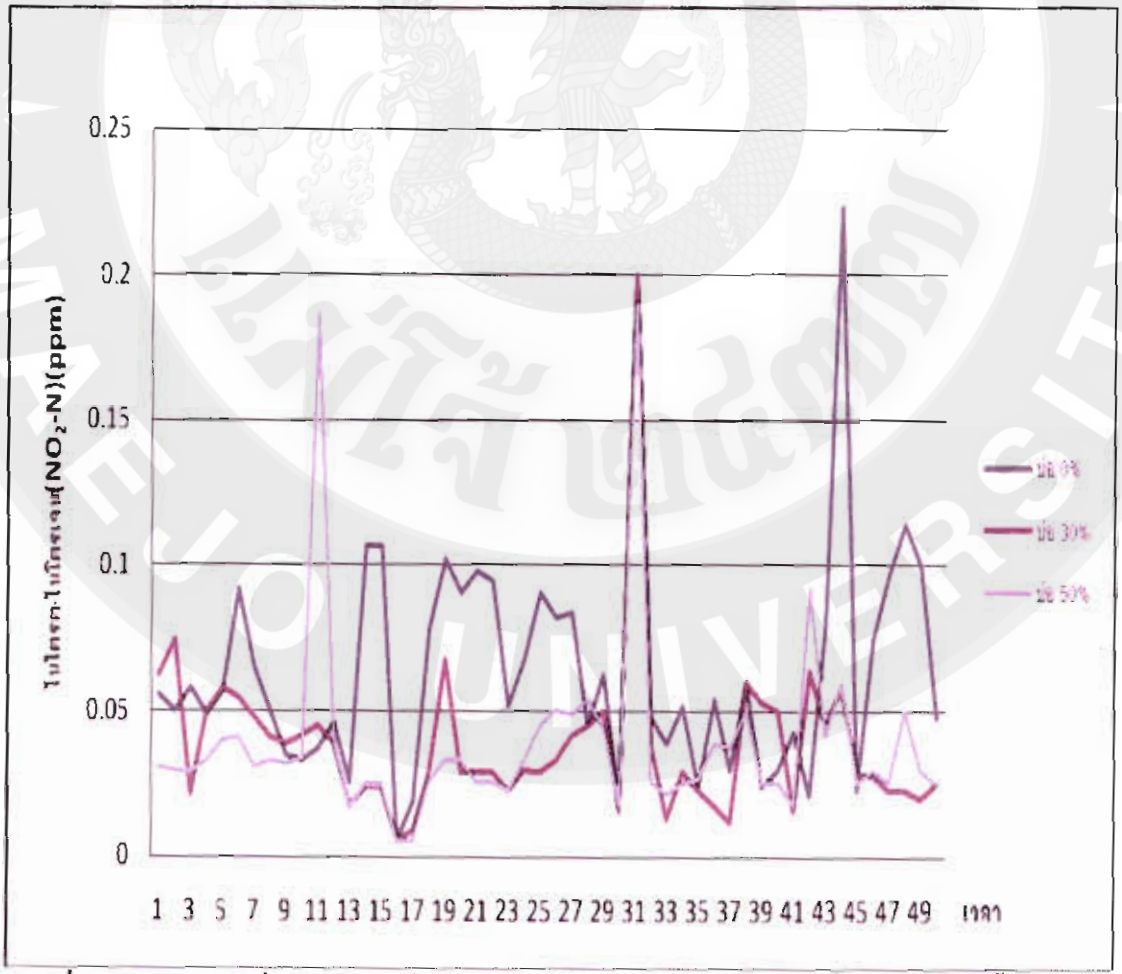
Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

จากตารางที่ 12 และ 13 ข้างต้นนั้น แสดงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยแล้วว่า บ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา มีปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)น้อยกว่าบ่อดินทั่วไปที่ไม่

ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา และหากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ในน้ำจากบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา เปรียบเทียบกับบ่อดินที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานี้แล้วนั้น (ภาพที่ 8) พบว่า โดยภาพรวมตลอดเวลาการวิจัยในปี พ.ศ. 2555 นี้ปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ในบ่อที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้งสองสัดส่วนคือ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์นั้นค่อนข้างน้อยกว่าที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา(0%)นี้อย่างชัดเจน การเพิ่มปริมาณของไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ขึ้นสูงฉับพลันทันที ในบ่อดินที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาในสัปดาห์ที่ 11 และ 31 นั้น คงจะมีสาเหตุมาจากในขณะนั้นเกิดการตายของผักตบชวาบางส่วนขึ้น เศษเน่าเสียของผักตบชวาที่ไม่มีการเก็บออกทิ้งเหล่านี้ จึงเป็นต้นเหตุของปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ในช่วงเวลาดังกล่าว แต่เมื่อเวลาผ่านไปอีกหนึ่งสัปดาห์ต่อมา การเน่าเสียเริ่มหมดไป คุณภาพน้ำในบ่อดังกล่าวจึงกลับมาเป็นปกติอีกครั้ง ดังนั้น ในการนำผักตบชวาไปใช้ในบ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ต่อไปนั้น เกษตรกรจึงควรมีการเก็บเศษผักตบชวาบางส่วนที่ตายหมดอายุทิ้งออกจากบ่อเลี้ยงปลาดุกทันที เพื่อแก้ปัญหาต้นเหตุของการเกิดไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)เหล่านี้ เพราะเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) เป็นสิ่งที่อันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะสามารถก่อให้เกิดกรดไนตริก(Nitric acid)ในน้ำได้ ดังนั้น การควบคุมปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ให้ได้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้นั้น เป็นสิ่งสำคัญทางการประมง โดยทั่วๆไปในบ่อเลี้ยงปลาที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานั้น มักควบคุมปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) โดยใช้วิธีเพิ่มออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำให้มากยิ่งขึ้น เพื่อต้องการเปลี่ยนไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)นี้ ให้กลายไปเป็นกาซไนโตรเจนอิสระ(N_2)หลุดลอยออกจากมวลน้ำกลับเข้าสู่ชั้นบรรยากาศทันที และให้ออกซิเจนจากอากาศไปรวมตัวกับไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) เพื่อเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N)ตามลำดับ ซึ่งวิธีการพ่นอากาศลงแหล่งน้ำนั้น ต้องมีต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงตามมา ส่วนการเพิ่มปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N)ในแหล่งน้ำนั้น ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นอันตรายโดยตรงต่อสัตว์น้ำก็ตาม แต่ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N)นี้จะเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำเขียวข้นขึ้น เมื่อบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้รับแสงสว่างอย่างเพียงพอตามมาอีกที ในกรณีบ่อเลี้ยงปลาดุกซึ่งเป็นปลากินเนื้อตามธรรมชาติ น้ำเขียวเหล่านี้จึงอาจจะยังไม่มีความจำเป็นต่อปลาดุกโดยตรง ในทางตรงกันข้าม หากบ่อเลี้ยงปลาดุกของเกษตรกรนี้ ตั้งอยู่ในโรงเรือนมีหลังคาบังแสงแดด น้ำในบ่อปลาดุกที่มีธาตุอาหารในกลุ่มไนโตรเจนสูงเหล่านี้ จะไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นอาหารของแพลงก์ตอนน้ำเขียวได้ ดังนั้น นอกเหนือจากที่จะไม่เกิดน้ำเขียวแล้ว ยังจะมีปัญหาน้ำเน่าเสียรวดเร็วเกิดขึ้นได้

สำหรับผลการศึกษาปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และปริมาณออโธฟอสเฟส(PO_4-P) สะสมในน้ำเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 นั้นพบว่า ได้ผลการวิจัยเหมือนกับการทดลองในบ่อ

คอนกรีตปี พ.ศ. 2554 กล่าวคือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใดๆทางสถิติวิจัย (F >0.05) ในระหว่างกลุ่มทดลองเกี่ยวกับทั้งสองปัจจัยข้างต้นดังกล่าวเลย ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) ในบ่อดินกลุ่มทดลอง 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ผักตบชวามีค่าเท่ากับ 0.0327^a และ 0.0160^a และ 0.0246^a มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และสำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาณออโธฟอสเฟส(PO_4-P) ในบ่อดินกลุ่มทดลอง 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ผักตบชวามีค่าเท่ากับ 3.5004^a และ 3.0447^a และ 3.3553^a มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าระบบชีววิถีผักตบชวา ทั้งที่ใช้ในบ่อคอนกรีตและบ่อดิน ตามสัดส่วนแห่งงานวิจัยเพื่อเลี้ยงปลาดุกชิ้นนี้ ไม่มีผลใดๆทางสถิติวิจัย ต่อการควบคุมปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และปริมาณออโธฟอสเฟส(PO_4-P) ดังนั้น จึงควรมีการวางแผนทดลองวิธีการอื่นๆเพิ่มเติมในงานวิจัยในอนาคตต่อไป เพื่อค้นหาวิธีการลดปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และปริมาณออโธฟอสเฟส(PO_4-P) ตามหลักของระบบชีววิถีโดยใช้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป



ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ในน้ำ ของบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในปี พ.ศ. 2555

3. **เพื่อหาแนวทางเพิ่มโอกาสการแข่งขันของเกษตรกร โดยลดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำในฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาดุกของเกษตรกร โดยการค้นหาวิธียืดระยะเวลาการใช้น้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกให้นานยิ่งขึ้นด้วยระบบชีววิถี**

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่าการเลี้ยงปลาดุกทั้งในบ่อคอนกรีตและบ่อดินทั่วไปนั้น เกษตรกรจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่เสมอ อย่างน้อยประมาณ 1-2 ครั้งต่อเดือน ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์นั้น จะเขียวข้นและมีธาตุอาหารละลายสูง ธาตุอาหารส่วนเกินเหล่านี้ มีที่มาทั้งจากอาหารเหลือกินของปลาดุก และมาจากมูลปลาดุกที่ขับถ่ายออกมานั่นเอง เกษตรกรบางรายที่มีพื้นที่ฟาร์มเพียงพอต่อการขุดบ่อเลี้ยงปลากินพืชเพิ่มเติมจากบ่อเลี้ยงปลาดุก ก็จะนิยมระบายน้ำเสียจากบ่อปลาดุกนี้ลงสู่บ่อเลี้ยงปลากินพืชโดยตรง น้ำเขียวที่เกิดจากน้ำเสียที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารต่างจากบ่อเลี้ยงปลาดุกเหล่านี้ จะเป็นอาหารธรรมชาติที่ดีสำหรับปลากินพืชเช่น ปลานิลและปลาตะเพียน เกษตรกรสามารถเพิ่มรายได้จากผลผลิตปลากินพืชเหล่านี้อีกทางหนึ่งเช่นกัน แต่ในทำนองตรงกันข้าม ยังมีเกษตรกรจำนวนมากเช่นกัน ที่มีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ทำการเกษตร และมีบ่อเลี้ยงปลาเศรษฐกิจต่างๆจำนวนจำกัด ดังนั้นการระบายน้ำเสียจากบ่อปลาดุกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ จึงเป็นปัญหาของชุมชนที่พบเห็นได้อยู่เสมอ หากเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัดเหล่านี้ มีการประยุกต์ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ตามสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามผลการวิจัยที่ได้มาของงานวิจัยชิ้นนี้แล้ว ย่อมเป็นหลักประกันการประหยัดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องสูบน้ำได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะผลงานวิจัยชิ้นนี้ ที่ได้ผลชัดเจนจากการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินเชิงพาณิชย์โดยใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ได้โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง ปลาดุกทดลองมีอัตรารอดตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนักและขนาดตามระเบียบวิธีวิจัยด้านสถิติ พบว่า ปลาดุกที่เลี้ยงทั้งในบ่อคอนกรีตและบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตทุกด้านโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย ($P>0.05$) กับปลาดุกที่เลี้ยงทั้งในบ่อคอนกรีตและบ่อดินเชิงพาณิชย์ทั่วไปที่ไม่ใช้ผักตบชวาเลย นั่นหมายถึงว่า การไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำของบ่อระบบชีววิถีตลอดการทดลอง จะไม่มีผลใดๆต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกเมื่อเปรียบเทียบบ่อเลี้ยงปลาดุกทั่วไปนั่นเอง ดังนั้น เกษตรกรจึงสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายค่าต้นทุนพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้าที่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะไม่จำเป็นต้องใช้ในการเปลี่ยนถ่ายเทน้ำตลอดการเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวานั่นเอง การที่เกษตรกรสามารถใช้น้ำเดียวเลี้ยงปลาดุกตลอดปีได้ เป็นเพราะความสามารถของผักตบชวาในการดูดซับธาตุอาหารส่วนเกินออกจากมวลน้ำ เป็นการลดโอกาสการเกิดน้ำเขียวข้นจากสาหร่ายที่ใช้

ธาตุอาหารส่วนเกินนี้ในการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในบ่อเลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ ปลาดุกเป็นปลากินเนื้อโดยธรรมชาติ ซึ่งไม่มีความจำเป็นที่เกษตรกรจะต้องสร้างน้ำเขียวในบ่อเพื่อเลี้ยงปลาดุก ดังนั้น การใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาดูดซับธาตุอาหารส่วนเกินออกจากมวลน้ำ ย่อมทำให้เกิดน้ำเขียวน้อยลง น้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกจึงใสนานยิ่งขึ้น นอกจากนี้จากการใช้ผักตบชวาเป็นพืชลอยน้ำเพื่อปิดปกคลุมผิวน้ำ ในสัดส่วนที่ไม่เป็นอันตรายต่อทั้งปลาและคุณภาพน้ำในระยะยาว จึงเป็นการช่วยลดความเข้มข้นของแสงสว่างที่จะส่องลงสู่มวลน้ำได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจะช่วยลดโอกาสการเกิดน้ำเขียวข้น ได้อีกทางหนึ่งด้วย และจากผลการทดลองที่ได้มา ทั้งจากบ่อคอนกรีตในปี พ.ศ. 2554 และจากบ่อดินในปี พ.ศ. 2555 นั้นเป็นที่ประจักษ์เบื้องต้นด้วยสายตาเหมือนกันแล้วว่า สีของน้ำทั้งบ่อคอนกรีตและบ่อดินที่ถูกกำหนดเป็นบ่อควบคุมในกลุ่มทดลองที่ 1 (0% ผักตบชวา) ที่เลี้ยงปลาดุกระบบทั่วไปไม่ใช้ผักตบชวานั้น น้ำในบ่อมีสีเขียวข้นเด่นชัด แตกต่างจากบ่อคอนกรีตและบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาอีก 2 กลุ่มทดลอง(30% และ 50% ผักตบชวา)อย่างชัดเจน แต่เนื่องจากผลการศึกษาค่าความโปร่งแสงของน้ำ (Water transparency) ในบ่อคอนกรีตเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2554 นั้นมีข้อจำกัดมาก เพราะความลึกของบ่อคอนกรีตมีค่อนข้างจำกัดประมาณ 80 เซนติเมตรเท่านั้น คณะผู้วิจัยจึงไม่สามารถแสดงข้อมูลเชิงลึก ของการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติวิจัยของค่าความโปร่งแสงของน้ำระหว่างกลุ่มทดลองในบ่อคอนกรีตในปี พ.ศ. 2554 นี้ออกมาได้ แต่เมื่อมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องมาในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ซึ่งใช้บ่อดินที่มีความลึกประมาณ 150 เซนติเมตรนั้น กลับพบว่า เมื่อครบกำหนด 12 เดือนของการวิจัยนี้ ค่าความโปร่งแสงของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F = 52.99, P<0.01$) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ไม่ใช้ผักตบชวา (0%) และกลุ่มทดลองที่ 2 และ 3 ที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 14) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งแสงของน้ำ ซึ่งก็หมายถึงระยะทางใช้หน่วยตรวจสอบเป็นเซนติเมตร (Centimeter) ตามความลึกที่แสงสว่างสามารถส่องลงสู่ใต้น้ำภายในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกตามสัดส่วน 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.45^{b} และ 47.10^{a} และ 43.21^{a} ตามลำดับ (ตารางที่ 15) จากค่าเฉลี่ยนี้จะพบชัดเจนแล้วว่า บ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวามีน้ำที่ใสสะอาดมากกว่าบ่อดินระบบทั่วไปนั่นเอง

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F - Prob
Treatments	2	14668.2033	7334.1017	**52.99****	3.07	4.79	0.0000
Ex. Error	147	20345.1700	138.4025				
Total	149	35013.3733	234.9891				

Grand Mean = 38.25333 CV = 30.7541 % LSD 0.05 = 4.6587 LSD 0.01 = 6.1575

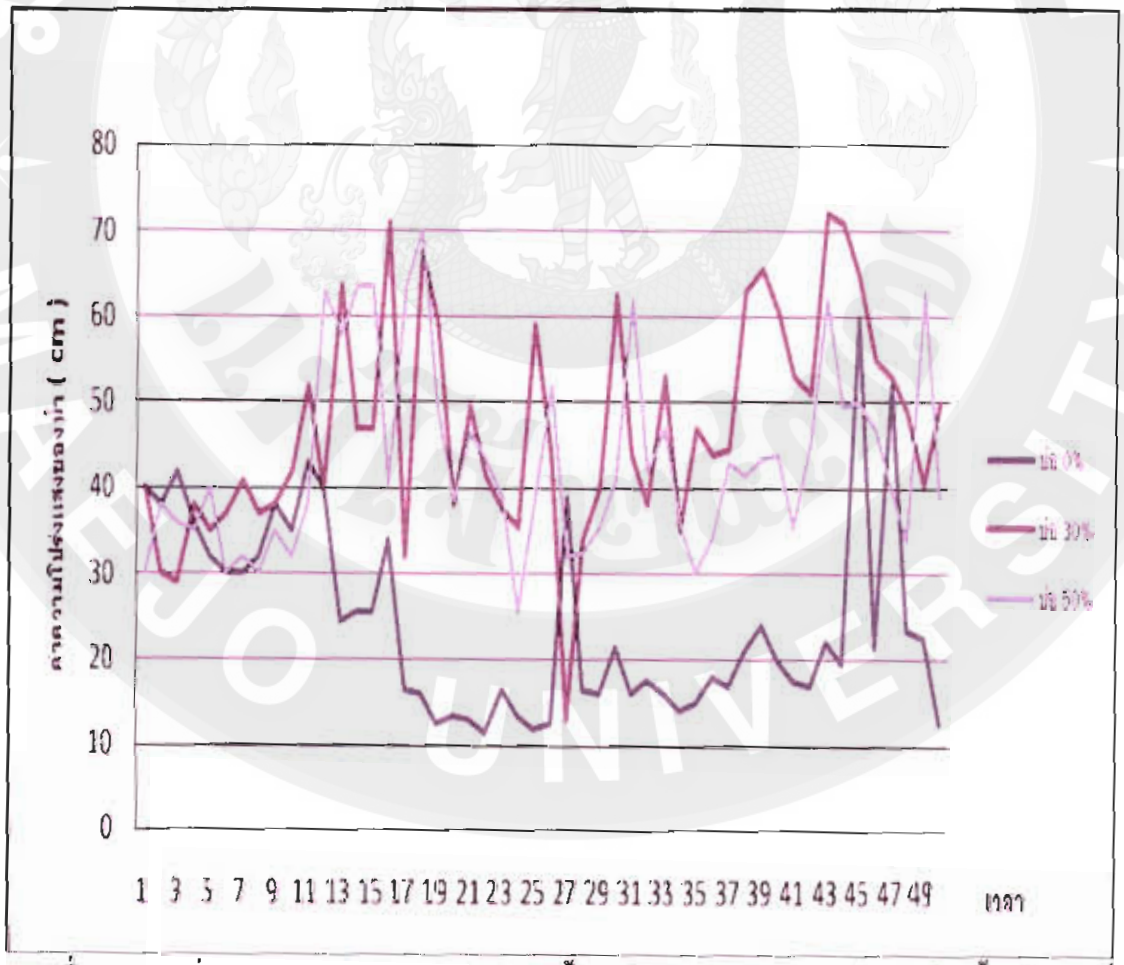
ตารางที่ 15 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) ระหว่างกลุ่มทดลองทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกปี พ.ศ. 2555

Name	MEAN	Ranked at Probability level	
		0.05	0.01
กลุ่มทดลองที่ 1 (0%)	24.45	B	**B**
กลุ่มทดลองที่ 2 (30%)	47.10	A	**A**
กลุ่มทดลองที่ 3 (50%)	43.21	A	**A**

Means not sharing letter in common differ significantly by Duncan's Multiple Range Test

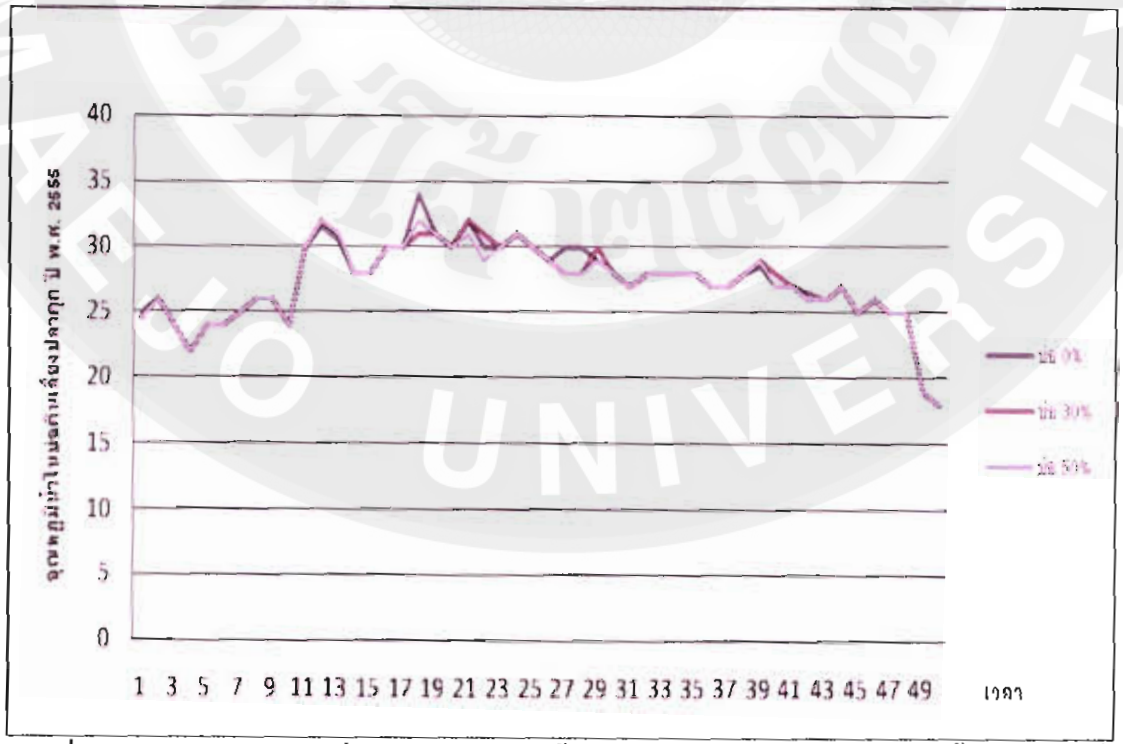
อีกทั้งเมื่อพิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความโปร่งแสงของน้ำ (Water transparency) ระหว่างกลุ่มทดลองในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ร่วมด้วย (ภาพที่ 9) จะพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนยิ่งขึ้นว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 12 ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการทดลองนั้น ค่าความโปร่งแสงของน้ำในทุกกลุ่มทดลอง จะมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 13 เป็นต้นไปนั้น ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา และกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาดังกล่าวนี้ มีความแตกต่างของค่าความโปร่งแสงของน้ำอย่างชัดเจน กล่าวคือ บ่อดินกลุ่มใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาจะมีความใสของน้ำมากขึ้น ประเมินจากค่าความโปร่งแสงของน้ำที่มากขึ้นนั่นเอง ดังนั้น จากผลการทดลองที่มีความชัดเจนเช่นนี้ จะเป็นเครื่องยืนยันได้ว่า ระบบชีววิถีผักตบชวาสามารถส่งผลต่อความใสของน้ำเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินได้ชัดเจน เกษตรกรสามารถใช้น้ำจืดเพียงครั้งเดียวเลี้ยงปลาดุกได้ตลอดระยะเวลา 6 ถึง 12 เดือน เป็นการลดต้นทุนด้านพลังงานเครื่องสูบน้ำทิ้ง และช่วยลดปัญหาการระบายน้ำเสียออกสู่ชุมชนข้างเคียงได้ อีกทั้งพืชน้ำทุกชนิดรวมทั้งผักตบชวานี้ จะเป็นเครื่องมือฟอกอากาศ โดยการดูดกาซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร (Photosynthesis) และคายกาซออกซิเจน(O_2)กลับคืน

สู่มวลน้ำและบรรยากาศ เป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อน(Global warming) ได้อีกทางหนึ่งด้วย สำหรับข้อกังวลในเรื่องระบบชีววิถีผักตบชวา มีผลต่อการลดปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) เพราะผักตบชวาแผ่ปกคลุมผิวน้ำเป็นการกีดขวางกระแสลม ที่จะพัดสัมผัสผิวน้ำ ทำให้มวลน้ำมีกาซออกซิเจนละลายน้ำลดลงนั้น จากผลการทดลองในบ่อดินครั้งนี้ พบแล้วว่าข้อกังวลนี้มีส่วนทำให้เกิดการลดลงของกาซออกซิเจนละลายน้ำจริง แต่การที่เกษตรกรเลือกชนิดพันธุ์ปลาที่มีอวัยวะช่วยหายใจเสริมพิเศษเช่นปลาดุกนี้มาใช้ ทำให้ปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาระหว่าง 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตรตลอดการทดลองนี้ ไม่เป็นอันตรายต่ออัตราการตายของปลาดุกที่เลี้ยงแต่อย่างใด ทั้งนี้ พิจารณาได้จากข้อมูลอัตราการรอดตายของปลาดุกทุกกลุ่มทดลองทั้งในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 และในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ปี พ.ศ. 2555

นอกจากนี้ยังมีข้อน่าสังเกตเพิ่มเติมอีกว่า ในสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) ที่ได้เกิดขึ้นมาแล้วในช่วงประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา จนกระทั่งถึงทุกวันนี้ จากข้อมูลการทดลองเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 พบว่า ระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในบ่อทดลองทุกกลุ่มนี้ มีค่าระดับอุณหภูมิที่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติวิจัย ($F = 0.06^{ns}$ และ $F = 0.91^{ns}$ ตามลำดับ) ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศ(Air temperature) ณ บ่อดินเลี้ยงปลาดุกกลุ่มทดลองที่ 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ผักตบชวามีค่าเท่ากับ 27.60^{a} และ 27.43^{a} และ 27.39^{a} องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่เป็นที่น่าสนใจที่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำ(Water temperature) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกกลุ่มทดลองที่ 0 และ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ผักตบชวามีค่าเท่ากับ 27.38^{a} และ 27.39^{a} และ 33.23^{a} องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากข้อมูลค่าเฉลี่ยนี้เป็นข้อสังเกตได้ว่า อุณหภูมิน้ำเฉพาะในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ ทำไมจึงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ ? และพื้นที่ผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อระดับอุณหภูมิน้ำนี้น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ใช่หรือไม่ ? หากพิจารณาภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในทุกกลุ่มทดลองปี พ.ศ. 2555 (ภาพที่ 10) จะพบว่าตลอดการทดลอง 12 เดือน ที่ระดับอุณหภูมิน้ำในบ่อดินทุกกลุ่มทดลองมีค่าเกือบเท่ากัน ยกเว้นเพียงช่วงสัปดาห์ที่ 17-23 และ 25-29 และ 39-41 เท่านั้น อุณหภูมิน้ำในแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างกันตามช่วงการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลของจังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ(Water temperature) ในบ่อดินเลี้ยงปลาดุก ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ปี พ.ศ. 2555

เมื่อพิจารณาเจาะประเด็นวิเคราะห์หาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ(Air temperature) และอุณหภูมิน้ำ(Water temperature) ว่ามีผลอย่างไรหรือไม่ต่อคุณภาพน้ำโดยรวม ทั้งด้านเคมีเช่น ความเป็นกรด-เบสของน้ำ(pH) กาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) แอมโนเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) ไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N) ไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N) และออโธฟอสเฟส(PO_4-P) เป็นต้น และคุณภาพน้ำด้านกายภาพเช่น ค่าความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) รวมทั้งจะมีอิทธิพลหรือไม่อย่างไร ต่อขนาดและน้ำหนักปลาดุกที่เลี้ยง ภายในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกทั้งที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวานี้ ผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2555 นี้พบว่า ทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 (0 และ 30% ผักตบชวา)เท่านั้น ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำโดยรวมและน้ำหนักและขนาดปลาดุกที่เลี้ยง อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง($F<0.01$) และมีนัยสำคัญ($F<0.05$)ทางสถิติวิจัย ตามลำดับ แต่อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำกลับไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย($F>0.05$) กับคุณภาพน้ำโดยรวมในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งๆที่อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในบ่อทดลองกลุ่มที่ 3 เดียวกันนี้ แสดงอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยต่อน้ำหนักปลาดุก($F = 8.38$, $F<0.01$) (ตารางที่ 16) และแสดงอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยต่อความยาวปลาดุกเช่นกัน($F = 4.32$, $F<0.05$) (ตารางที่ 17) ตามลำดับ

ตารางที่ 16 วิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ(Air temperature) และอุณหภูมิน้ำ(Water temperature) ที่มีต่อน้ำหนักปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Regression	2	260291.7985	130145.8993	**8.38****	3.32	5.39	0.0014
Error	34	527776.3263	15522.8331				
Total	36	788068.1249					

Adjusted r-square = 0.29089634

ตารางที่ 17 วิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศ(Air temperature) และอุณหภูมิน้ำ(Water temperature) ที่มีต่อความยาวปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Regression	2	589.7505	294.8753	**4.32***	3.32	5.39	0.0209
Error	34	2323.0186	68.3241				
Total	36	2912.7692					

Adjusted r-square = 0.15555726

และที่น่าสนใจต่อมาคือ ทั้งน้ำหนักและขนาดปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์นี้ ต่างได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัยจากคุณภาพน้ำโดยรวมทั้งหมดเหล่านี้(F = 6.32, F<0.01 และ F = 3.57, F<0.01 ตามลำดับ) (ตารางที่ 18 และ 19 ตามลำดับ)

ตารางที่ 18 วิเคราะห์อิทธิพลของคุณภาพน้ำโดยรวม(Water qualities) ที่มีต่อน้ำหนักปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Regression	7	476078.0384	68011.1483	**6.32****	2.34	3.33	0.0003
Error	29	311990.0864	10758.2788				
Total	36	788068.1249					

Adjusted r-square = 0.50854751

ตารางที่ 19 วิเคราะห์อิทธิพลของคุณภาพน้ำโดยรวม(Water qualities) ที่มีต่อความยาวปลาดุก ที่เลี้ยงในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50% ในปี พ.ศ. 2555

Source	df	SS	MS	F	0.05	0.01	F-Prob
Regression	7	1348.3273	192.6182	**3.57****	2.34	3.33	0.0070
Error	29	1564.4419	53.9463				
Total	36	2912.7692					

Adjusted r-square = 0.33325793

จากอิทธิพลและความสัมพันธ์ ทั้งที่เกี่ยวข้อง และ ไม่เกี่ยวข้องกันระหว่าง อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุก(น้ำหนัก และ ขนาด) และคุณภาพน้ำในบ่อดินโดยรวมทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มีข้อสังเกตว่า ได้เกิดปรากฏการณ์พิเศษขึ้นเฉพาะในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่ทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำไม่แสดงอิทธิพลใดๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย(F>0.05) ต่อคุณภาพน้ำโดยรวมทั้งหมดภายในบ่อดินเลี้ยงปลาดุกระบบชีววิถีนี้ เป็นไปได้หรือไม่ว่า พื้นที่ผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ในบ่อดินนี้ จะสามารถรักษาเสถียรภาพของคุณภาพน้ำโดยรวมในบ่อเลี้ยงปลาดุกไว้ได้ ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) ในปี พ.ศ. 2555 นี้ หากเป็นจริงตามข้อสังเกตนี้แล้วนั้น เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาดุกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงรุนแรงในรอบวัน จะสามารถใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์นี้ แก้ปัญหาได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

1. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2554 สามารถนำมาพัฒนาต่อยอดใช้เลี้ยงปลาดุกเชิงพาณิชย์ได้ผลดีต่อการรักษาเสถียรภาพของระดับค่าความเป็นกรด-เบส(pH)ของน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย($F=17.20, F<0.01$) นอกจากนี้อัตราการรอดตายของปลาดุกในบ่อคอนกรีตปี พ.ศ. 2554 และในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 ทุกกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์
2. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2554 แสดงผลการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ในน้ำได้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัยกับกลุ่มทดลองอื่นๆ($F=3.22, F<0.05$)
3. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตระบบชีววิถีผักตบชวาสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2554 แสดงผลดีต่อคุณภาพน้ำที่ใสสะอาดมากกว่าบ่อคอนกรีตทั่วไปโดยวิธีการตรวจสอบเบื้องต้นด้วยตาเปล่า คุณภาพน้ำของบ่อระบบชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์มีระดับค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกมากที่สุดเท่ากับ 7.81 และมีปริมาณเฉลี่ยสะสมแอมโมเนีย-ไนโตรเจนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0396 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นปริมาณธาตุอาหารที่น้ำสามารถใช้เลี้ยงปลาดุกได้อย่างต่อเนื่อง เกษตรกรไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการเลี้ยง จึงสามารถประหยัดต้นทุนค่าพลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าได้ 100 เปอร์เซ็นต์
4. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2555 สามารถควบคุมเสถียรภาพระดับความเป็นกรด-เบส(pH) ของน้ำได้ดีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย($F = 6.77, F<0.01$) ค่าเฉลี่ยระดับความเป็นกรด-เบสของน้ำในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 7.07^b และ 7.08^b และ 7.44^a ตามลำดับ
5. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2555 สามารถลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ของน้ำ ได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย($F = 3.69, F<0.05$) ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N)ของน้ำ ในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0.1361^b และ 0.1480^b และ 0.3891^a มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
6. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2555 สามารถลดปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ของน้ำ ได้ดีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง

สถิติวิจัย(F = 9.20, F<0.01) ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรต-ไนโตรเจน(NO_2-N)ของน้ำ ในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0.0390^b และ 0.0387^b และ 0.0649^a มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

7. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2555 สามารถเพิ่มความโปร่งแสงของน้ำ(Water transparency) ได้ดีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย(F = 52.99, F<0.01) ค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงของน้ำ ในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 43.21^a และ 47.10^a และ 24.45^b เซนติเมตร ตามลำดับ
8. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาสัดส่วน 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2555 มีผลต่อการลดปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(Dissolved oxygen) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติวิจัย(F = 36.05, F<0.01) ค่าเฉลี่ยความโปร่งแสงของน้ำ ในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวา 50 และ 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 1.5641^b และ 1.5946^b และ 3.02^a มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
9. ผลการวิจัยในบ่อดินปี พ.ศ. 2555 นี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวิจัย (F>0.05) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้และไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา ทางด้านปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน(NO_3-N)(F = 0.10ns) ปริมาณออโธฟอสเฟส(PO_4-P)(F = 0.31ns) น้ำหนักและความยาวปลาดุกที่ผลิตได้(F = 0.39ns และ F = 0.10 ns ตามลำดับ) อุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ(F = 0.91ns และ F = 0.06ns ตามลำดับ)
10. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อดินระบบชีววิถีผักตบชวาทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะสมต่อการรักษาคุณภาพน้ำภายในบ่อได้ดีกว่าบ่อที่ไม่ใช้ระบบชีววิถี เพราะเกษตรกรไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำทิ้งตลอดการเลี้ยง 6 – 12 เดือนได้ จึงช่วยประหยัดต้นทุนค่าพลังงานสำหรับการเปลี่ยนถ่ายเทน้ำได้ 100 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงปลาดุกระบบทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ วิชาญ นุ่นสังข์ และคนุวัฒน์ เพ็งอ้น. 2547. ระบบเกษตรชีววิถีเพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงปลานิลในบ่อแบบผสมผสาน. **รายงานการประชุมทางวิชาการ** ครั้งที่ 5 หน้า 198-204 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วันที่ 20-21 พฤษภาคม 2547. เชียงใหม่.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และดนุวัฒน์ เพ็งอ้น. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตปลากับกำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเกษตรทฤษฎีใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ (พ.ย. 2545 – พ.ย. 2547). **รายงานการประชุมทางวิชาการ** ครั้งที่ 6 หน้า 180-186 มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ ภูสิต ปุกมณี จิราภรณ์ กิติกุล และพิมพร มนเทียรอาสน์. 2549. การใช้ปลานิลดูดซับแคดเมียมในบ่อพักน้ำเสีย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. **รายงานการประชุมทางวิชาการ** ครั้งที่ 7 หน้า 123-131 มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ อภินันท์ สุวรรณรัตน์ และขจรเกียรติ แซ่ตัน. 2550. เปรียบเทียบศักยภาพห่วงโซ่อาหารธรรมชาติในบ่อเลี้ยงปลาแบบธุรกิจและแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิตปลานิล 12 เดือน. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 1(2) : 171-181.

บัญญัติ มนเทียรอาสน์ และขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2554. การใช้เทคนิคชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาบึก. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร** มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่ . 28(3) : 30-38 น.

ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2530. **โครงการพัฒนาตำราเพื่ออาชีพสำหรับประชาชน.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 40-161 น.

เมฆ บุญพราหมณ์. 2530. **การเลี้ยงปลา.** คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. น. 21-104.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2524. **การควบคุมคุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา.** สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง. 18 น.

ไมโครไบโอเทค. 2536. แบคโตเซล. **วารสารสัตว์น้ำ** 4(41) : 105-106.

ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ .2537 . **การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อมวันนี้.** มูลนิธิบำเพ็ญสาธารณะประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา. กรุงเทพฯ. 63 น.

สุริยา ศาสนรักกิจ. 2542 . ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. **วารสารเทคโนโลยีปุ๋ย** 12(131) : 87-91.

อาณัฐ ตันโช. 2549 . **เกษตรธรรมชาติประยุกต์ : หลักการ-แนวคิด-เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 281 น.

AOAC, 1990. **Official Methods of Analysis.**15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. 1360 p.

American Public Health Association. 1989. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Seventeenth Edition. Port City Press , Baltimore, Maryland. USA.

Abdelhamid, A.M. and Gabra, A.A. 1991. Evaluation of waterhyacinth as a feed for ruminants. **Arch.Anim.Nutri.**,41 (7-8): 745-756.

Abdel-Hamid, M.I., Shaaban-Dessouki, S.A. and Skulberg, O.M. 1992. Water quality of the River Nile in Egypt : II. Water fertility and toxicity evaluated by an algal growth potential test. **Arch. Hydrobiol. Suppl.**, 3 : 311-337.

Agami, M., Reddy, K.R. and Graetz, D.A. 1990. Phosphorus and nitrogen storage and release capacity of aquatic macrophytes in two wetland and streams of the Taylor Creek-Nubbins Slough and Kissimmee river basin, Floroda. **Proc. 8th. Inter.Symp.Aqua.Weed.Upp**.Sweden., pp. 1-2.

Ahmed, M.I., Rekhate, D.H., Dhore, R.N.,Honmode, J. and Sarde, P.P. 1995. Nutritive value of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) hay in sheep Indian. **J. Anim.Nutri.**, 12(3) : 187-188.

Akcin, G., Saltabas, O. and Afsar, H. 1994. Removal of lead by waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). **J. Environ. Sci. Health.**, 29 (10) : 2177-2183.

Aoyama, I., Nishizaki, H., Bhamidimarri, R., Li, X. and Liu, S. 1993. Uptake of nitrogen and phosphate and water purification by waterhyacinth (*Eicchornia crassipes*). **Water.Sci.Tech.**, 28(7) : 47-53.

Bunyat Montien-Art. 2008. Survival and growth of Siamese crocodile, *Crocodylus siamensis* , fed formulated diets with and without cadmium supplement. **Proceedings of the 5th Taiwan-Tbailand bilateral conference,** May 7-9 , 2008, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan. 43-47 p.

Boyd, C.E. 1979. **Water Quality in Warm Water Fish Ponds.** Craftmaster Printers, Inc. Alabama. 359 p.

Babu, N.S., Paliwal, O.P., Charan, K., Singh, K.P. and Parihar, N.S. 1988. Effects of waterhyacinth feeding in sheep with special reference to renal lesion. **Indian. J. Vet. Pathol.**, 12 : 33-36.

Baldwin, J.A., Hentges, J.F. and Bagnall, L.O. 1974. Preservation and cattle acceptability of waterhyacinth silage. **Hyacinth. Control. J.,** 12 : 79-81.

Baldwin, J.A. 1975. Comparison of pangola grass and waterhyacinth silage as diet for sheep. **J.Anim.Sci.,** 40(5) : 968-971.

Bashmacova, I.K. 1990. Estimation of the readity oxidizable organic matter reserve and its effect on the intensity of organic matter destruction by bacteria in the Danube River. **Water. Sci. Tech.,** 22(5) : 31-33.

Benicio, L.A.S., Fonseca, J.B., Silva, M.A., Rostagno, H.S., Gracas, A.D. and Soares, P.R. 1993. Use of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in pelleted diets for broiler chickens during the starting period. **Revista.Socie.Brasileira.Zootech.**, 22(1) : 167-175.

Berto, D.A., Gorni, M., Moura, M.P., Moura-Camargo,J.C. and Oliveira-Lobao, A. 1988. Dried waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the diet growing and finishing pigs. **Boletium. Indust. Anim.**, 45(1) : 165-174.

Bierman, V.J. and Dolan, D.M. 1981. Modeling of phytoplankton-nutrient dynamics in Saginaw Bay, Lake Huron. **J. Great Lakes. Res.,** 7(4) : 409-439.

Biobaku, W.O. and Ekpenyong, T.E. 1991. Effect of feeding graded levels of water lettuce and waterhyacinth on the growth of rabbits. **J. Appl. Rabbit. Res.**, 14(2) : 98-100.

Biswas, P. and Mandal, L. 1988. Use of fresh waterhycinth (*Eichhornia crassipes*) in the ration of growing calves. **Indian. Vet.J.,** 65(6) : 496-500.

Biswas, P. and Mandal, L. 1989. Nutritive value of fresh waterhycinth (*Eichhornia crassipes*) plants and leaves in adult cattle. **Indian. J.Diary.Sci.,** 42(2) : 359-361.

Blachier, P.1990. Experimental rearing of *Tilapia zillii* in the warm waters of Pierrelatte, France. **Bois. Forets. Des. Trop.,** 224 : 65-72.

Bloesch, J. 1977. Primary production, mineralization and sedimentation in the eutrophic zone of Swiss Lake. **Limnol. Oceanogr.**, 22 : 511-526.

Bolenz, S., Omram, H. and Gierschner, K. 1990. Treatments of waterhyacinth tissue to obtain useful products. **Biol. Wastes.,** 33 (4) : 263-274.

Borhami, B.E.A., El-Shinnawy, S., Yacout, M.H.M. and Zahran, S.M. 1995. Microbiological studies on the mixed diets containing waterhyacinth fibrous residues and different protein sources as ruminant feeding. **Alexandria. J.Agricul.Res.,** 40(2) : 17-32.

Borhami, B.E.A., El-Shinnawy, S., Yacout.M.H.M. and Zahran, S.M. 1995. Source of protein effects on utilization of waterhyacinth residues in lactating animals. **Alexandria. J. Agricul.Res.,** 40(2) : 33-50.

Bratli, J.L. 1994. Water quality, phosphorus input reductions, analytical methods and lake internal and self-purification measures : A case study of Lake Froylandavatn, Norway. **Marine. Pollut. Bull.,** 29(6-12) : 435-438.

Bucka, H. and Zurek, R. 1992. Trophic relations between phytoplankton and zooplankton in a field experiment in the aspect of the formation and decline of water blooms. **Acta. Hydrobiol.,** 34 : 139-155.

Colman, J.A., V. Srisuwantach, S. Boonyaratpalin and S. Chinbut. 1981. **Pond management : Water environment and fish growth-out performance relationships in *Clarias* culture trails.** Programme for Development of Pond Management Techniques and Disease Control (DOF-UNDP/FAO THA/75/012). National Inland Fisheries Institues. Bangkok. 33 p.

Grommen, R. and W. Verstraete. 2002. Environmental Biotechnology : The ongoing quest. **J. Biotechnology** 98 : 113-123.

Gross, R.L., W.F. Walker and R.D. Barns. 2003. **Zoology.** Nt.Ed., Sauder College Publishing, Chicago. 1009 p.

Lovell, R.T. and L.A. Sackley. 1973. Absorption by channel catfish of early-musty flavor compound synthesized by cultured of blue-green algae. **Trans. Amer. Fish. Sci.** 4 : 169-174.

Maden, P., Szakova, J. and Miholova, D. 1998. Classical dry ashing of biological and agricultural materials, Part II, Losses of analytes due to their retention in an insoluble residue. **Analysis** 26 : 121-129.

Swingle, H.S. 1969. **Methods of Analysis of Water, Organic Matter and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research**. USA. 119 p.

Sesli, E. and Tuzen, M. 1999. Levels of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi growing in the East Black Sea region of Turkey. **Food Chemistry** 65 : 453 – 460.