

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดผักที่เหมาะสมกับระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT

4.2.1 การเจริญเติบโตของปลาทั้งชนิดและผักทดลอง

4.2.1.1 การเจริญเติบโตของปลาทั้งชนิด

ปลาทั้งชนิดที่เลี้ยงในระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เท่ากับ 399 และ 426 กรัมต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 245 และ 271 กรัมต่อตัว และความยาวเฉลี่ยของปลาทั้งชนิด เท่ากับ 27.37 และ 28.56 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 การเจริญเติบโตของปลาทั้งชนิดที่เลี้ยงในระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ค่าเฉลี่ยจาก 30 ตัว)

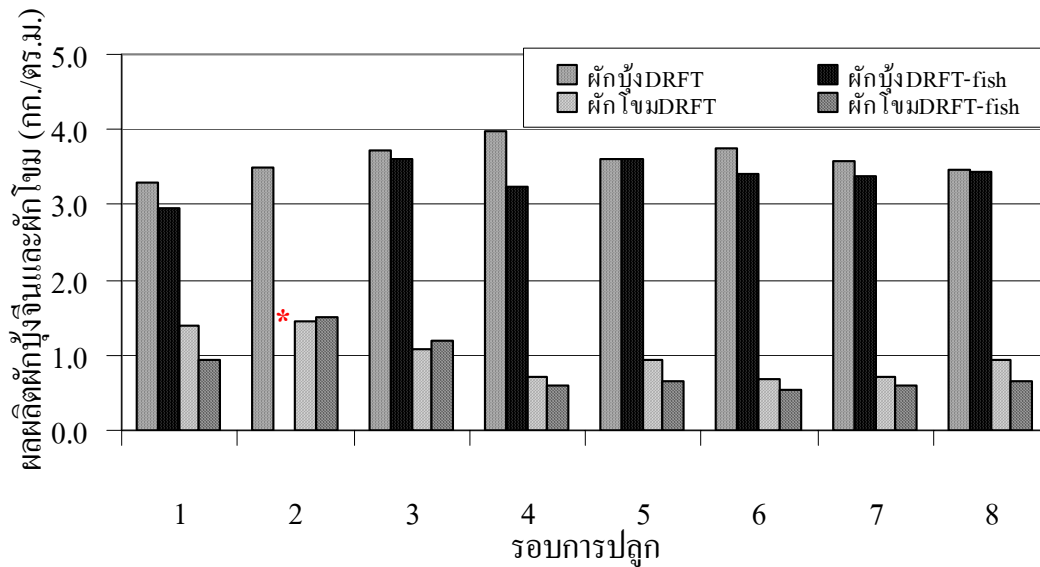
การเจริญเติบโต	ระบบ		T-test
	Fish	DRFT-Fish	
น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	399±21.00	426±12.40	ns
น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว)	245±14.85	271±6.57	ns
ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	27.37±0.48	28.56±0.40	ns
ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)	6.95±0.41	7.80±0.61	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

4.2.1.2 การเจริญเติบโตของผักทดลอง

ผลผลิตเฉลี่ยของผักบุ้งจีน ที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 และ 3.38 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผลผลิตรวมของผักบุ้งจีนเท่ากับ 34.68 และ 28.40 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.9) แนวโน้มของผลผลิตผักบุ้งจีนของระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4.18) แสดงให้เห็นว่าระบบ DRFT-Fish ไม่มีผลต่อน้ำหนักของผักบุ้งจีน

ผลผลิตเฉลี่ยของผักโขม ที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.99 และ 0.84 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผลผลิตรวมของผักโขมเท่ากับ 9.49 และ 8.02 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.9) โดยแนวโน้มของผลผลิตของผักบุ้งจีนในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish มีปริมาณลดลงเล็กน้อยในรอบการปลูกที่ 4 และคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.18)



ภาพที่ 4.18 ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ของผักบุ้งจีนและผักโขมที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish (รอบการปลูกคละน้ำ 21 วัน)

หมายเหตุ : 1 รอบการปลูกผักบุ้งจีนและผักโขมเท่ากับ 21 วัน

: * = สัปดาห์ที่ 2 ผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบ DRFT-Fish ไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้เนื่องจากเกิดความเสียหายจากการโดนหนูกัด

ตารางที่ 4.9 ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่และผลผลิตรวมของผักบุ้งจีนและผักโขมที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish

ระบบ	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./พื้นที่) ¹		ผลผลิตรวมทั้งหมด (กก.)	
	ผักบุ้งจีน	ผักโขม	ผักบุ้งจีน	ผักโขม
DRFT	3.61±0.07	0.99±0.10	34.68 ²	9.49 ²
DRFT-fish	3.38±0.08	0.84±0.12	28.40 ³	8.02 ²
T-test	ns	ns	-	-

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 8 รอบปลูก (รอบปลูกละ 100 ต้น) ต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.

² = น้ำหนักรวมจาก 8 รอบปลูก

³ = น้ำหนักรวมจาก 7 รอบปลูก (ไม่สามารถชั่งน้ำหนักได้ ในสัปดาห์ที่ 2)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผักโขมในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish มีการเจริญเติบโตแตกต่างไปจากปกติ คือ มีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 0.84-0.99 กก.ต่อตารางเมตร ลักษณะใบเหลืองและต้นแคระแกร็น ต่างจากระบบปลูกที่ฟาร์มทั่วไปที่มีน้ำหนักประมาณ 2.03-2.36 กก.ต่อตารางเมตร (เรไร นันทนาวัฒน์. 2550) ในการทดลองนี้ควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 1.2-1.8 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร สอดคล้องกับ Caruthers (1998) ที่กล่าวว่าค่า EC ที่เหมาะสมของผักโขม คือ 1.4-1.8 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แต่พบว่าผักโขมเจริญเติบโตได้ไม่ดี แสดงว่าผักโขมต้องการธาตุอาหารปริมาณมากขึ้น จึงควรเพิ่มค่า EC ซึ่งสอดคล้องกับ อวิศา สงครามยศ (2548) ที่กล่าวว่าค่า EC ที่เหมาะสมของผักโขม คือ 2.0-2.5 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ดังนั้นน้ำจากการเลี้ยงปลาจึงไม่เหมาะสมกับการใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกผักโขม เพราะน้ำจากการเลี้ยงปลาที่มีปริมาณธาตุอาหารในปริมาณน้อย ถึงแม้ว่าจะมีการเติมสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยผักบุ้งจีนในระบบ DRFT-Fish เท่ากับ 3.38 กก.ต่อตารางเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปลูกที่ฟาร์มทั่วไปมีน้ำหนักประมาณ 2.70-3.04 กก.ต่อตารางเมตร (เรไร นันทนาวัฒน์. 2550) ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แสดงว่าผักบุ้งจีนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในระบบการปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลา

4.2.2 คุณภาพน้ำ

ดังแสดงในภาพที่ 4.19-4.27, ตารางที่ 4.10

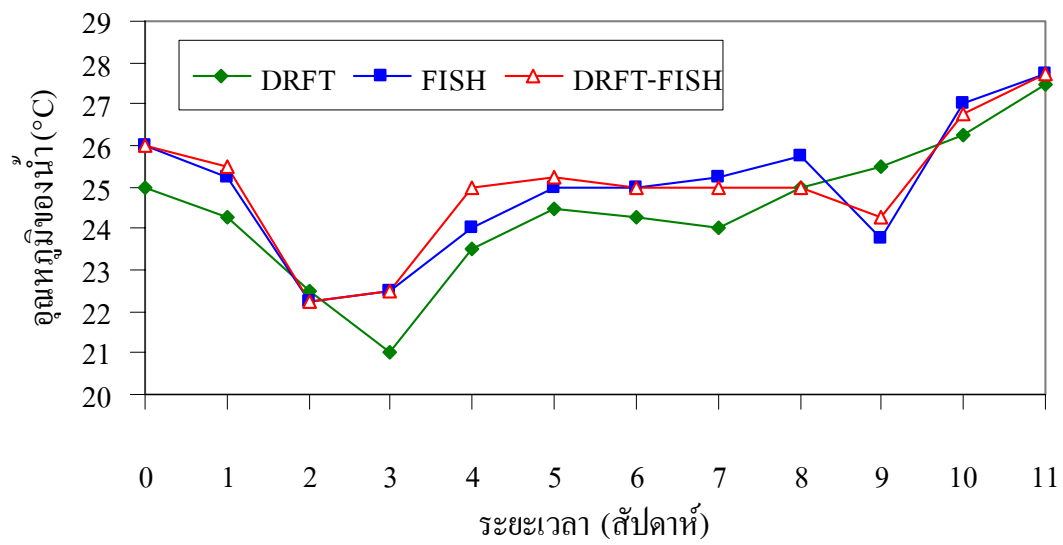
4.2.2.1 อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายใน ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ การนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร ปริมาณไนเตรท และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ เป็นไปในทางเดียวกันกับการทดลองที่ 1

4.2.2.2 ความเป็นด่าง (alkalinity) พบว่า ความเป็นด่างเฉลี่ยในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish เท่ากับ 14.88, 28.22 และ 25.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากภาพที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นด่างลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความเป็นด่างที่อยู่ในรูปไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตเป็นธาตุอาหารของแบคทีเรียกลุ่มไนโตรไฟอิงที่ใช้ในการผลิตเซลล์ (Timmons and Losordol. 1994) แบคทีเรียจะกำจัดแอมโมเนียด้วยไบคาร์บอเนตจนหมด เป็นสาเหตุให้ค่าความเป็นด่างในน้ำลดลงในเวลาต่อมา แต่ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish มีการเติมน้ำเพิ่มเติมแทนส่วนที่หายไป ทั้งจากการระเหย น้ำล้น หรือเปลี่ยนน้ำในปริมาณที่มากกว่าระบบ DRFT จึงทำให้ค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

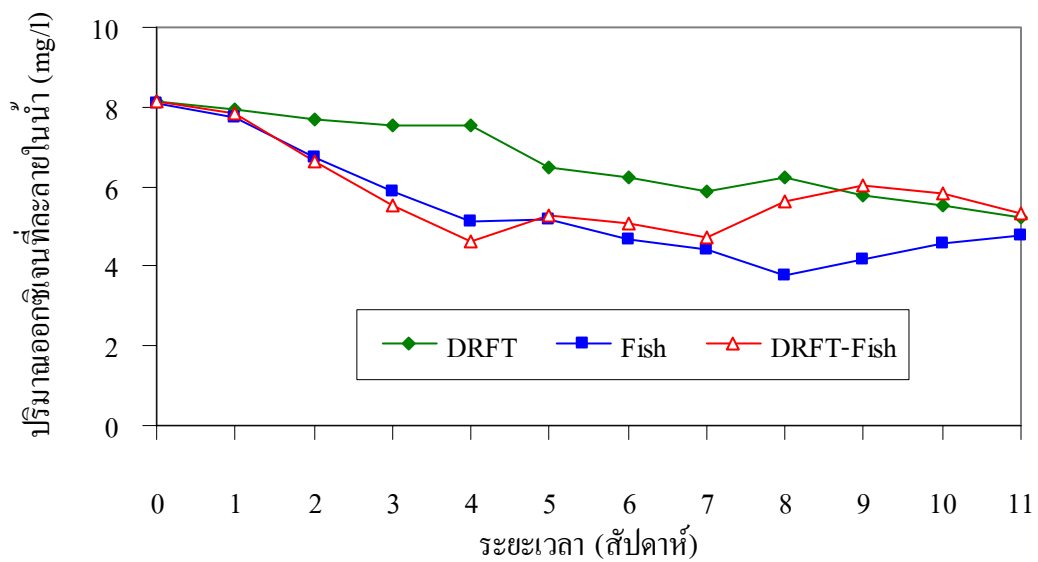
4.2.2.3 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด (total ammonia nitrogen) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยในระบบ DRFT, Fish และระบบ DRFT-Fish เท่ากับ 0.34, 1.90 และ 3.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากการทดลองพบว่าระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าระบบ DRFT โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 1 หลังจากลงปลาระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish มีปริมาณ

แอมโมเนียสูงถึง 10.68 และ 6.69 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเริ่มมีกระบวนการกินอาหาร การหายใจ การขับถ่าย และการย่อยอาหารของปลา ทำให้มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น (Quillert, I. et al. 1993) ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียยังคงมีปริมาณน้อยอยู่ ทำให้เกิดกระบวนการออกซิไดซ์แอมโมเนียช้า สะสมอยู่ในระบบ แต่จะมีปริมาณลดลงเมื่อมีปริมาณของแบคทีเรียเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.24)

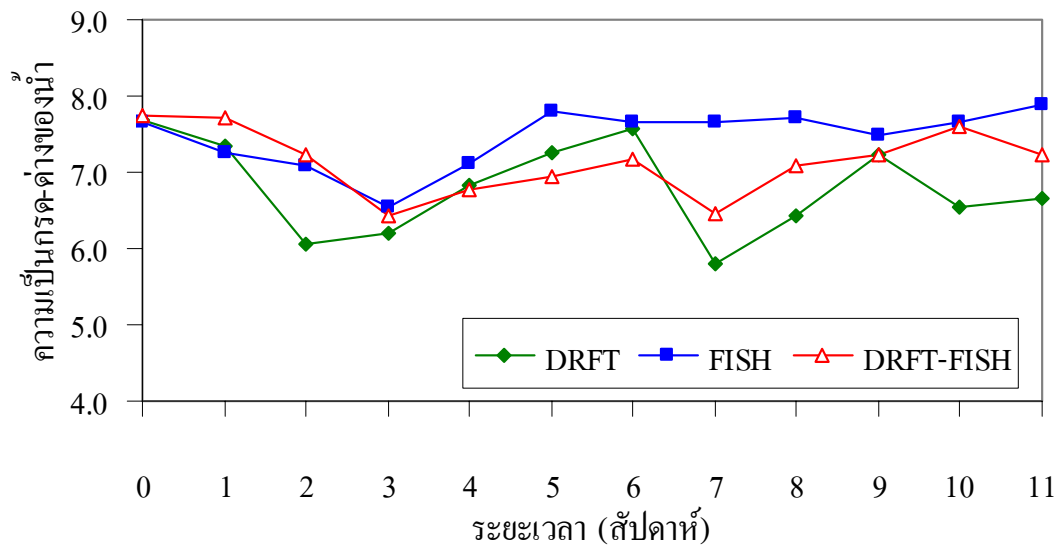
4.2.2.4 ปริมาณไนไตรท์ (nitrite nitrogen) พบว่า ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในระบบ DRFT, Fish และระบบ DRFT-Fish เท่ากับ 0.02, 1.79 และ 3.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากการทดลองพบว่าระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish มีปริมาณไนไตรท์สูงกว่าระบบ DRFT เนื่องจากระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish มีปริมาณแอมโมเนียสูง ซึ่งแอมโมเนียเป็นตัวตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลงให้เป็นไนเตรท โดยไนไตรท์เป็นตัวกลางของกระบวนการ (Timmons and Losordol. 1994) ดังนั้นปริมาณไนไตรท์ในน้ำจึงมีปริมาณสูงเช่นกัน (ภาพที่ 4.25)



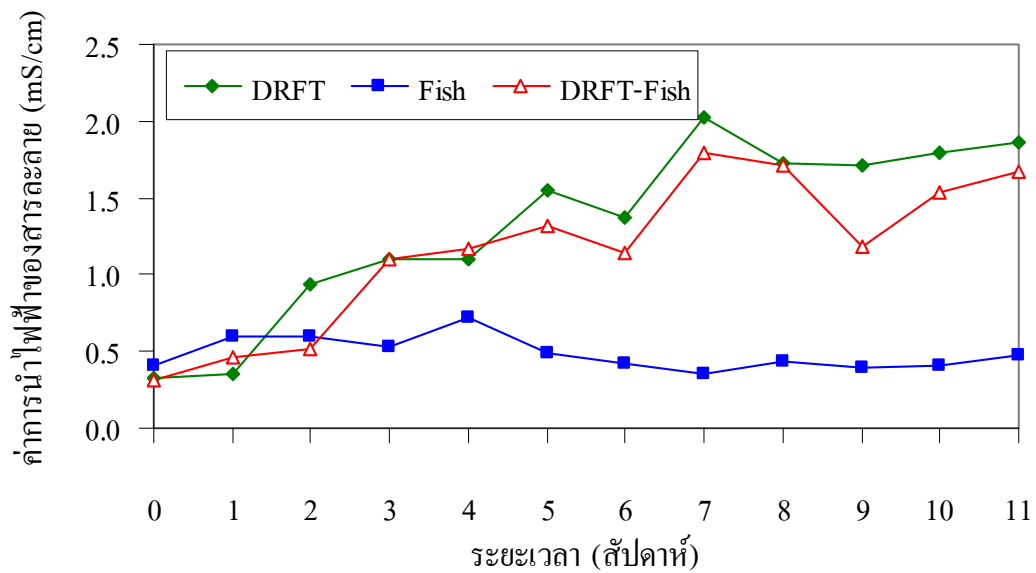
ภาพที่ 4.19 อุณหภูมิของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



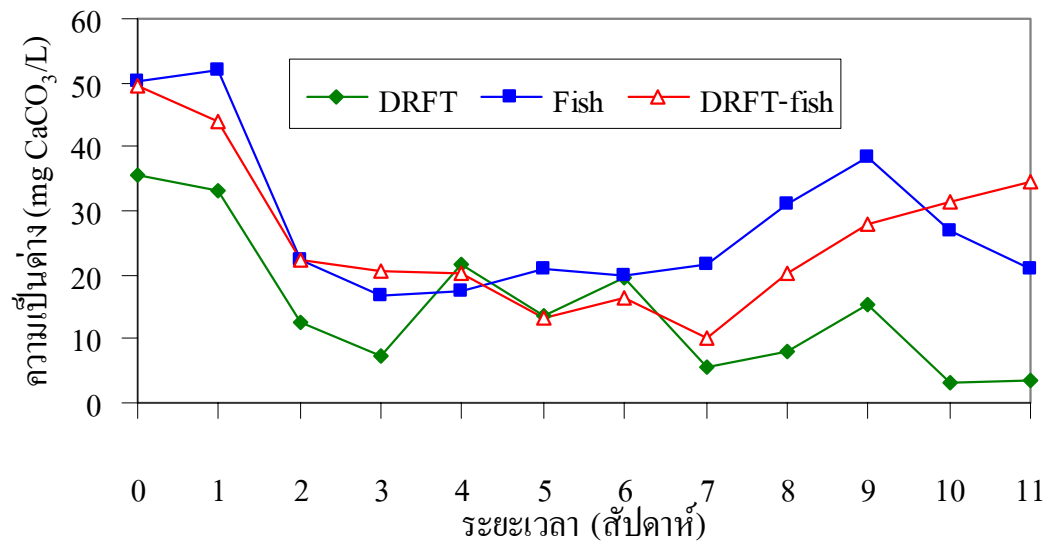
ภาพที่ 4.20 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



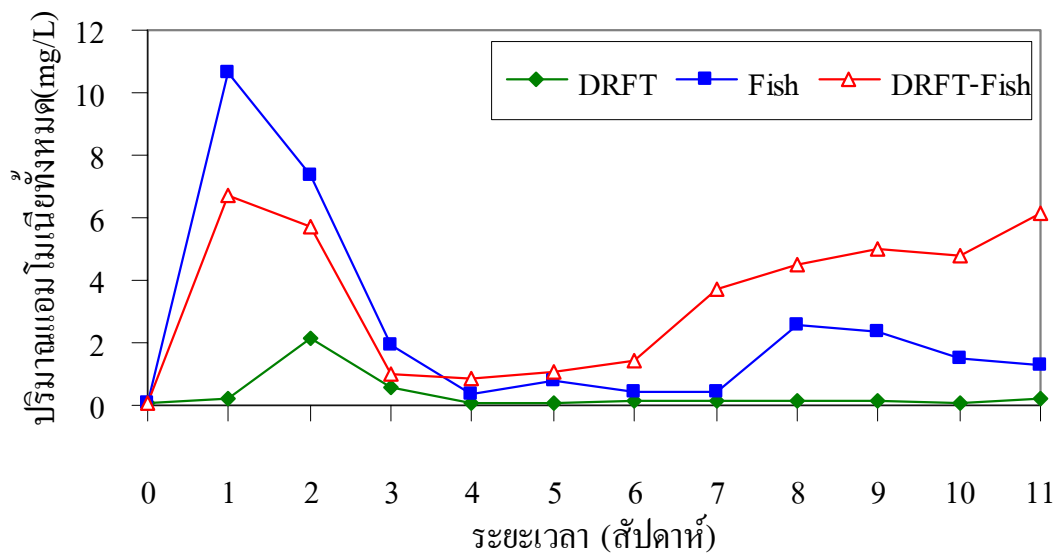
ภาพที่ 4.21 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



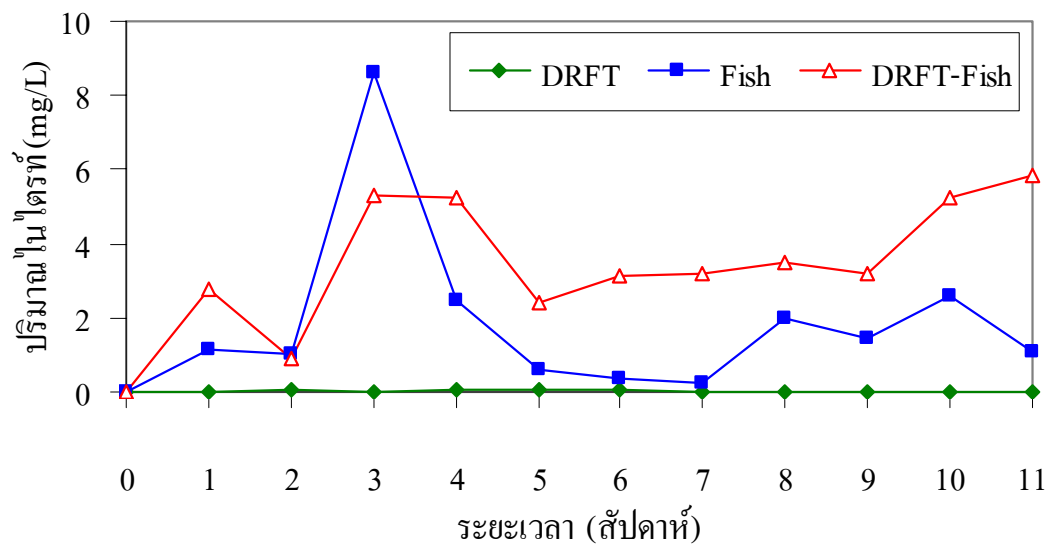
ภาพที่ 4.22 ค่าการนำไฟฟ้าในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



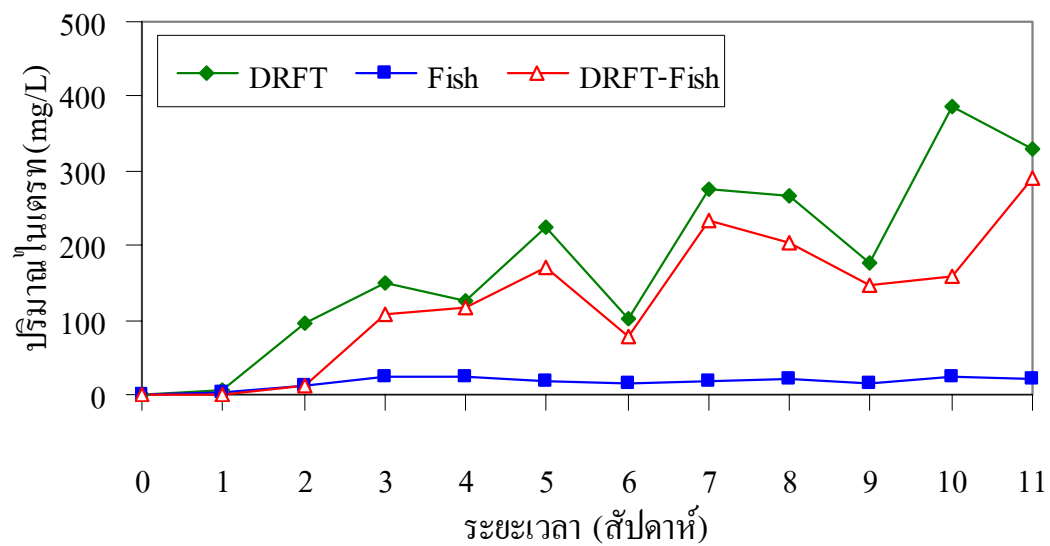
ภาพที่ 4.23 ความเป็นด่างในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



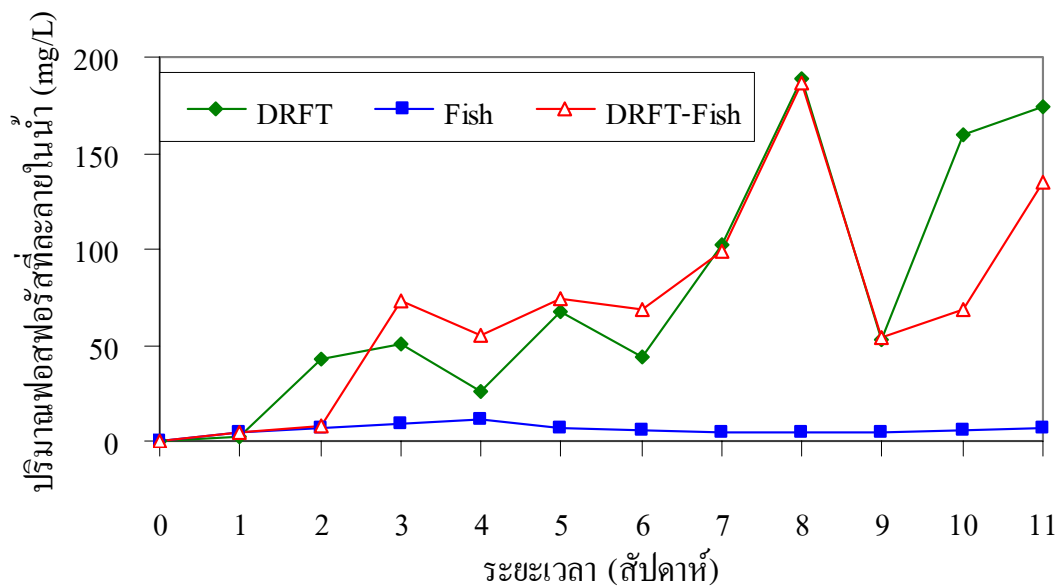
ภาพที่ 4.24 ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



ภาพที่ 4.25 ปริมาณไนไตรท์ในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



ภาพที่ 4.26 ปริมาณไนเตรทในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish



ภาพที่ 4.27 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish

4.2.3 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำของผักบั้งจีนและผักโขม

จากการศึกษาประสิทธิภาพของผักบั้งจีนและผักโขมในการบำบัดน้ำที่ได้จากการเลี้ยงปลาของระบบ DRFT-Fish พบว่าระบบ DRFT-Fish สามารถบำบัดแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเฉลี่ยร้อยละ 11.65, 5.25, 16.79 และ 3.94 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) จากภาคผนวกภาพที่ ง.1 แสดงให้เห็นว่าระบบ DRFT-Fish มีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย และไนเตรตดีที่สุด มีค่ามากกว่าการทดลองที่ 1 ในขณะที่มีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำต่ำกว่าการทดลองที่ 1 แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำที่ลดลงหลังจากจากโต๊ะปลูก พบว่ามีการบำบัดเฉลี่ย 3.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณมากกว่าการทดลองที่ 1 ที่มีค่าการบำบัดเพียง 0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวกตารางที่ ง.2)

ความสม่ำเสมอของการบำบัดแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสฟอรัสในน้ำร้อยละ 75.00, 25.00, 58.33 และ 33.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) จากภาคผนวกภาพที่ ง.2 แสดงให้เห็นว่าระบบ DRFT-Fish มีความสม่ำเสมอของการบำบัดไนเตรตเพิ่มขึ้นจากการทดลองที่ 1

ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ
เฉลี่ย (%) และความสม่ำเสมอของการบำบัดน้ำของ (%) ผักบู่จีนและผักโขมระบบ
DRFT-Fish ตลอดจนการทดลอง

□	พิสัย	% การบำบัดน้ำ ¹	% ความสม่ำเสมอของการบำบัด
แอมโมเนีย	0.64-36.82	11.65±3.81	75.00
ไนโตรที่	2.08-7.89	5.25±1.70	25.00
ไนเตรท	0.15-73.97	16.79±9.61	58.33
ฟอสฟอรัส	0.65-11.08	3.94±2.41	33.33

หมายเหตุ : ¹ = ข้อมูลจากค่าเฉลี่ยสัปดาห์ที่มีการบำบัดตลอดการทดลอง 12 สัปดาห์

4.2.4 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

โครงสร้างของระบบ DRFT-Fish ในการทดลองที่ 2 มีปัญหาหลายจุดเริ่มจาก

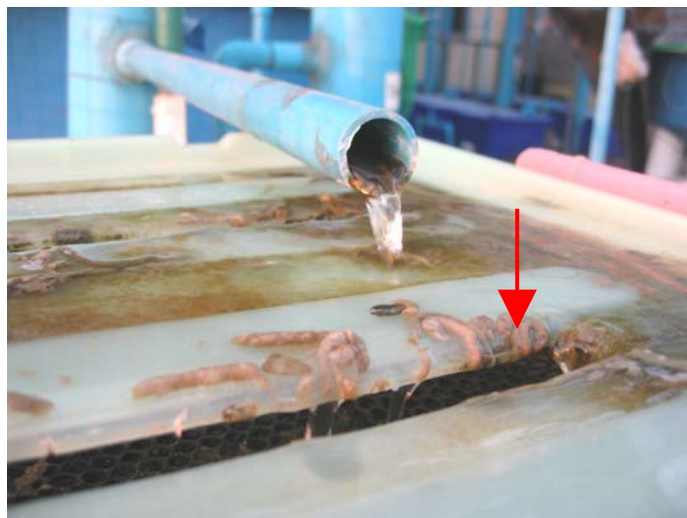
4.2.4.1 จำนวนการถ่ายตะกอนของถังตกตะกอนทุก 4 ชั่วโมงเป็นเวลา 10 วินาที จำนวนครั้งค่อนข้างมาก แต่ตะกอนยังสะสมอยู่เพราะระยะเวลาในการดูดตะกอนแต่ละครั้งออกไป ทำให้ตะกอนส่วนหนึ่งไหลไปยังถังชีวภาพและสะสมอยู่บนโต๊ะปลูก (ภาพที่ 4.28, 4.29) ปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียเนื่องจากการถ่ายตะกอนต่อวันมีปริมาตร 25 ลิตร ดังนั้นในการทดลองที่ 2 จึงปรับปรุงเป็นตั้งเวลาอัตโนมัติ ทุก 6 ชั่วโมงครั้งละ 20 วินาที

4.2.4.2 การถ่ายตะกอน ปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสีย 25 ลิตรต่อวัน ถือเป็นการถ่ายน้ำประจำวัน ช่วยลดปัญหาการสะสมของเกลือได้บางส่วน

4.2.4.3 ถังชีวภาพ ขนาดของใยกรอง และจำนวนของไบโอบอลน้อยไป เนื่องจากพบตะกอนขนาดใหญ่จำนวนมากในรางบนโต๊ะปลูก และบริเวณรากพืชมีจำนวนมากเช่นเดิม และมีการสะสมของปริมาณไนโตรที่สูง ดังนั้นในการทดลองที่ 2 เปลี่ยนขนาดของถังให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพิ่มปริมาณใยกรอง และไบโอบอล เพื่อช่วยลดปริมาณตะกอน และเพิ่มพื้นที่ผิวให้แบคทีเรีย

4.2.4.4 ระบบจะทำงานโดยใช้ปั๊มในการสูบน้ำเพื่อให้มีการไหลเวียนน้ำอยู่ตลอดเวลา เมื่อเกิดไฟดับระบบหยุด เนื่องจากปั๊มไม่ทำงานทำให้เกิดน้ำล้นออกจากระบบ ในการทดลองที่ 3 จึงมีการติดลูกลอยที่ท่อของทางออกถังตกตะกอน เพื่อช่วยลดปริมาณน้ำที่สูญเสียจากน้ำล้นได้

4.2.4.5 การปลูกผักเพื่อบำบัดน้ำจากการเลี้ยงปลาในการทดลองที่ 2 พบว่าผลผลิตผักบู่จีนในระบบ DRFT-Fish เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปลูกที่ฟาร์มทั่วไปพบว่ามีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แสดงว่าผักบู่จีนสามารถเจริญเติบโตได้ดี และทนต่อสภาพของคุณภาพน้ำ ทั้งในเรื่องของตะกอนที่เกาะอยู่บริเวณราก และปริมาณธาตุอาหารที่มีปริมาณต่ำ จึงเลือกผักบู่จีนเป็นผักทดลองในการทดลองที่ 3



ภาพที่ 4.28 ลักษณะของตะกอนแขวนลอยบนถึงชีวภาพในระบบ DRFT-Fish



ภาพที่ 4.29 ลักษณะของตะกอนในรางบนโต๊ะปลูกในระบบ DRFT-Fish