

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 นิยามและความหมาย.....	3
2.2 การเลี้ยงปลาแบบทิม (ปลานิลแดง)	4
2.3 การทำงานของระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)	5
2.4 ระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (aquaponic system)	6
2.5 การเจริญเติบโตของปลาและผลผลิตของพืชในระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืช	11
2.6 การจัดการคุณภาพน้ำในระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน.....	12
2.7 ประสิทธิภาพการใช้น้ำและการบำบัดน้ำของระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน.....	21
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 การทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลาแบบทิมพร้อมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT.....	23
3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดผักที่เหมาะสมกับระบบการเลี้ยงปลาพร้อมกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การทดลองที่ 3 การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT.....	39
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	
4.1 การทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT.....	48
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดผักที่เหมาะสมกับระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT	66
4.3 การทดลองที่ 3 การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT	78
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	93
บรรณานุกรม.....	95
ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก ก. สารละลายธาตุอาหาร.....	103
ภาคผนวก ข. โรงเรือนทดลอง.....	105
ภาคผนวก ค. วิธีการวิเคราะห์.....	107
ภาคผนวก ง. ประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอของการบำบัดน้ำ.....	111
ภาคผนวก จ. ข้อมูลปริมาณการแพร่รังสีของดวงอาทิตย์.....	116
ประวัติผู้เขียน.....	118

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราส่วนพื้นที่การเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน.....	8
2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิด <i>Nitrosomonas</i> (NS) และ <i>Nitrobacter</i> (NB)	15
2.3 อัตราส่วนของแอมโมเนียอิสระในน้ำที่ระดับ pH และอุณหภูมิต่างๆ ในน้ำจืด.....	19
4.1 การเจริญเติบโตของปลาทั้งที่เลี้ยงในระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ค่าเฉลี่ยจาก 30 ตัว)	48
4.2 การเจริญเติบโตของคะน้าที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.....	49
4.3 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและคาร์บอนคะน้าที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish	51
4.4 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนของคะน้าที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.	52
4.5 ปริมาณไนโตรเจนในใบคะน้าที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.....	53
4.6 พิสัยและค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในระบบ DRFT, Fish และระบบ DRFT-Fish.....	56
4.7 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเฉลี่ย (%) และความสม่ำเสมอของการบำบัดน้ำของคะน้าระบบ DRFT-Fish ตลอดการทดลอง.....	62
4.8 การเจริญเติบโตของปลาทั้งที่เลี้ยงในระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ค่าเฉลี่ยจาก 30 ตัว)	66
4.11 ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่และผลผลิตรวมของผักบุ้งจีนและผักโขมที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.....	67
4.10 พิสัยและค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในระบบ DRFT, Fish และระบบ DRFT-Fish.....	70
4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำเฉลี่ย (%) และความสม่ำเสมอของการบำบัดน้ำของผักบุ้งจีนและผักโขมระบบ DRFT-Fish ตลอดการทดลอง.....	76
4.12 การเจริญเติบโตของปลาทั้งที่เลี้ยงในระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ค่าเฉลี่ยจาก 40 ตัว)	78
4.13 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.....	80
4.14 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและคาร์บอนผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.....	81
4.15 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในรากผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish.....	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 ปริมาณไนเตรทในผักนึ่งจืดที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish จากรอบการปลูก 8 ครั้ง.	83
4.17 พิสัยและค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในระบบ DRFT, Fish และระบบ DRFT-Fish.	85
4.18 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (%) และความสม่ำเสมอของการบำบัดน้ำของผักนึ่งจืดระบบ DRFT-Fish ตลอดการทดลอง.	91
ก.1 องค์ประกอบธาตุอาหารในสารละลายสูตร KMITL2 ปริมาณ 20 ลิตร.	104
ง.1 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (%) ตลอดการทดลองที่ 1.	114
ง.2 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (%) ตลอดการทดลองที่ 2.	115
ง.3 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (%) ตลอดการทดลองที่ 3.	116

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โตะปลูกพืชในระบบ DRFT.	6
2.2 ระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (aquaponic system)	7
3.1 แบบจำลองของระบบ Fish.	25
3.2 ระบบการเลี้ยงปลาทัติม	25
3.3 ถังกรองชีวภาพและถังเก็บน้ำ.	26
3.4 แบบจำลองระบบ DRFT.	27
3.5 โตะปลูกผักคะน้าแบบไม่ใช้ดินระบบ DRFT.	27
3.6 ถาดปลูกที่ทำจากโฟมขึ้นรูปเป็นราง (ก) และแผ่นปลูก (ข)	28
3.7 ถังสารละลายในระบบ DRFT.	28
3.8 แบบจำลองระบบ DRFT-Fish.	29
3.9 แบบจำลองของระบบ Fish.	34
3.10 ระบบการเลี้ยงปลาทัติม	34
3.11 ถังกรองชีวภาพและถังตกตะกอน (ก) ลักษณะของปั๊มดูดตะกอนที่เชื่อมต่อกับ วาล์วเปิด-ปิดของถังตกตะกอน (ข)	35
3.12 แบบจำลองระบบ DRFT.	36
3.13 โตะปลูกผักบุ้งจีนและผักโขมแบบไม่ใช้ดินระบบ DRFT.	36
3.14 แบบจำลองระบบ DRFT-Fish.	37
3.15 โตะปลูกผักบุ้งจีนและผักโขม (ก) และระบบกรอง (ข) ของระบบ DRFT-Fish. ...	38
3.16 แบบจำลองของระบบ Fish.	41
3.17 ระบบการเลี้ยงปลาทัติม	42
3.18 ลักษณะของถังตกตะกอน (ก) และถังชีวภาพ (ข) ของระบบการเลี้ยงปลาทัติม ..	42
3.19 แบบจำลองระบบ DRFT.	42
3.20 โตะปลูกผักบุ้งจีนแบบไม่ใช้ดินระบบ DRFT.	43
3.21 แบบจำลองระบบ DRFT-Fish.	44
3.22 ระบบ DRFT-Fish.	44
3.23 ระบบกรองของระบบ DRFT-Fish.	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.1 ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ของคะน้ำที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish. . . .	50
4.2 อาการเป็นพิษ (necrosis) ของใบคะน้ำที่ปลูกในระบบ DRFT-Fish (ก), (ข).	50
4.3 ลักษณะรากคะน้ำที่ปลูกในระบบ DRFT (ก) และระบบ DRFT-Fish (ข)	51
4.4 อุณหภูมิของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	57
4.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	57
4.6 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish . . .	58
4.7 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish	58
4.8 ความเป็นด่างในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish	59
4.9 ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish . .	59
4.10 ปริมาณไนโตรเจนในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish	60
4.11 ปริมาณไนเตรทในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish	60
4.12 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	61
4.13 สัญลักษณ์บอกปริมาณน้ำในถังเลี้ยงปลาของระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish. .	63
4.14 ลักษณะด้านบนของถังตกตะกอนและทางเข้าท่อของระบบ DRFT-Fish.	64
4.15 บริเวณท่อ PVC เชื่อมระหว่างถังตกตะกอนทั้ง 2 ถัง.	64
4.16 ลักษณะของตะกอนในรางบนโต๊ะปลูกในระบบ DRFT-Fish.	65
4.17 ลักษณะของรากคะน้ำที่ปลูกในระบบ DRFT-Fish.	65
4.18 ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ของผักบุ้งจีนและผักโขมที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์.	67
4.19 อุณหภูมิของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	71
4.20 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	71
4.21 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish. . .	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.22 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	72
4.23 ความเป็นด่างในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	73
4.24 ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish. ...	74
4.25 ปริมาณไนโตรเจนในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	74
4.26 ปริมาณไนเตรทในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	75
4.27 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	77
4.28 ลักษณะของตะกอนแขวนลอยบนถังชีวภาพในระบบ DRFT-Fish.	77
4.29 ลักษณะของตะกอนในรางบนโต๊ะปลูกในระบบ DRFT-Fish.	80
4.30 ผลผลิตพืชเฉลี่ยต่อพื้นที่ของผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบ DRFT และระบบ DRFT-Fish เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์.	86
4.31 อุณหภูมิของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	86
4.32 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	87
4.33 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish. ...	87
4.34 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	88
4.35 ความเป็นด่างในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	88
4.36 ปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish. ...	89
4.37 ปริมาณไนโตรเจนในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	89
4.38 ปริมาณไนเตรทในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	90
4.39 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำในระบบ DRFT ระบบ Fish และระบบ DRFT-Fish.	92
4.40 ลักษณะของถังตกตะกอน (ก) และท่อ PVC ที่เชื่อมระหว่างถัง (ข)	92
4.41 การเพิ่มปริมาณออกซิเจนในโต๊ะปลูก.	