การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ; การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม
เพื่อการทำนาปรัง

นายปิยะวัฒน์ พรหมรักษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WATER MANAGEMENT FOR INTEGRATED FARMING; REUSE OF WATER FROM *Macrobrachium rosenbergii* FARMING FOR DOUBLE-CROP FIELD

Mr.Piyawat Promraksa

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ; การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง
โดย	นายปิยะวัฒน์ พรหมรักษา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(นายวิรัตน์ ขาวอุปถัมภ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา : การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ; การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง (WATER MANAGEMENT FOR INTEGRATED FARMING; REUSE OF WATER FROM *Macrobrachium rosenbergii* FRAMING FOR DOUBLE-CROP FIELD) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี, อ.ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์: รศ. ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล. 123 หน้า

การศึกษาการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ ดำเนินการโดยการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรังในช่วงฤดูแล้ง เปรียบเทียบกับการใช้น้ำ จากอ่างเก็บน้ำมาปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในพื้นที่บ้านนาวี ตำบลสงเปลือย อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ เริ่มศึกษาเดือนกุมภาพันธ์ 2551 และสิ้นสุดเดือนมิถุนายน 2551 โดยดำเนินการจัดทำแปลง และเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ ตะกอนดิน การตรวจวัดการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว ความแตกต่างของการใช้น้ำของทั้งสองระบบ ต้นทุนและผลตอบแทนที่ได้จากการแปลงศึกษา

การศึกษาพบว่า นาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าองค์ประกอบคุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ, pH, alkalinity, COD, BOD, TOC, TKN, total phosphorus และตะกอนดินสูงกว่านาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ โดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหารที่ละลายในน้ำ และดิน ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัส ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเกิดจากการได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีการจัดการน้ำและกิจกรรมการเลี้ยง เช่น การให้อาหาร การเติมปูนมาร์ล มีผลทำให้การเจริญเติบโต (ความสูง และการแตกกอ) ในแต่ละช่วงอายุข้าวสูงกว่า นาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าประมาณ 5 % ในปริมาณน้ำที่ใช้เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนพบว่า การปลูกข้าวมีต้นทุนการผลิตเท่ากันคือ 925 บาท แต่ถ้ารวมบ่อเลี้ยงกุ้งพบว่ามีการลงทุนที่สูงคิดเป็นเงินประมาณ 34,025 บาท ผลตอบแทนของนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำคิดเป็นเงินสุทธิ 3,436.58 บาท ส่วนนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งคิดเป็นเงินสุทธิ 3,647.126 บาท และสามารถมีรายได้จากกุ้งคิดเป็นรายได้สุทธิ 25,690 บาท (กรณีไม่หักทุนค่าก่อสร้างบ่อเลี้ยง) จะเห็นได้ว่านาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังจากการใช้น้ำมวลเดียวกัน และสามารถจัดเป็นแปลงต้นแบบแก่เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาได้

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต ปิยะวัฒน์ พรหมรักษา

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5087112420 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : WATER MANAGEMENT/ INTEGRATED FARMING/ DOUBLE-CROP FIELD / *Macrobrachium rosenbergii*/ WATER QUALITY

PIYAWAT PROMRAKSA: WATER MANAGEMENT FOR INTEGRATED FARMING; REUSE OF WATER FROM *Macrobrachium rosenbergii* FARMING FOR DOUBLE-CROP FIELD.) ADVISOR: ASSOC. PROF. THAVIVONGSE SRIBURI, Ph.D., CO - ADVISOR: ASSOC. PROF.SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D., 123 pp.

Water management for integrated farming, a reuse of water from *Macrobrachium rosenbergii* farm for double-crop field was investigates in area can to applied to earn a living for benefit in the dry season for any purposes, by keep water quality' data from nature of a river basin (NR) to change for a plot to experiment and study water quality in *Macrobrachium rosenbergii* culture (PR), and changed water for using to practice agriculture. To study compare water quality, sediment and productivity in a plot to research.

The results indicated that water quality from shrimp farming, for example pH, alkalinity, COD, TKN and phosphate was higher than those of water from reservoir. Soil quality of the field with water from shrimp farming, for example pH, ammonia-N, TKN and TP was also higher than that of field from reservoir's water. For growth, height and number of shoot of rice growing in the field with water from shrimp farm were higher that those from the field with reservoir water. The rice production from the field with water from shrimp farm was also higher that that from the field with reservoir water. It is clear that water used by giant freshwater prawn grow-out could be reused for off-season rice growing. The farmers could also get more benefit from shrimp production and rice production at the same time.

Field of Study : Environmental Science Student's Signature : .....

Academic Year : 2008 Advisor's Signature : .....

Co-Advisor's Signature : .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ“การบริหารจัดการทรัพยากรในพื้นที่ลุ่มน้ำแบบบูรณาการอย่างยั่งยืน โดยใช้หลักการการจัดการดิน น้ำและประชากร (Land-Water-Population Management (LWPM) Concept): กรณีศึกษาลุ่มน้ำพองและลุ่มน้ำยัง”ของสถาบันวิจัยสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวงศ์ ศรีบุรี เป็นหัวหน้าโครงการ ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วน

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวงศ์ ศรีบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อแนะนำ และให้โอกาสได้ศึกษาในเรื่องที่สนใจ จนมีผลงานให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังได้กรุณาให้ข้อคิดต่างๆและทักษะในการทำงาน ตลอดจนอบรมสั่งสอนการดำเนินชีวิตในสังคม

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง อาจารย์ วิรัตน์ ขาวอุปถัมภ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิดเห็นเสนอแนะ และช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือในการออกภาคสนาม คุณประชิต ศรีเสน ที่อนุเคราะห์พื้นที่เพื่อการศึกษาวิจัย คุณเสรี ดอนเหนือ คุณอารียา รัตนวรรณชัย ที่ให้ข้อแนะนำวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างจนสำเร็จ

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา คุณพ่อบุญเสริม คุณแม่ปวีณา พรหมรักษา คุณพ่อไล้ คุณแม่ประสงค์ ขยันกิจ คุณลุงบุญเลิศ ขยันกิจ ตลอดจนภรรยาและลูกๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้เกิดความมุ่งมั่นในการทำงาน ให้โอกาส และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างอย่างดียิ่งเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี..... 4

2.1.1 แนวคิดของการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ..... 4

2.1.2 กุ้งก้ามกราม และการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม..... 6

2.1.3 คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ..... 16

2.1.4 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1..... 25

2.1.5 หลักสำคัญการทำนา..... 26

2.1.6 การเจริญเติบโตของต้นข้าว..... 30

2.1.7 ธาตุอาหารของข้าว..... 31

2.1.8 แหล่งธาตุอาหารหลัก-เสริม และการให้อาหาร/การใส่ปุ๋ย..... 35

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 44

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 46

3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย..... 46

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี..... 48

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัย..... 51
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 53
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 54
4.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการศึกษาวิจัย..... 54
4.1.1 ปริมาณน้ำที่ใช้การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและปลูกข้าวนาปรัง..... 54
4.2 คุณภาพน้ำของแปลงทดลอง..... 55
4.2.1 อุณหภูมิ..... 55
4.2.2 ความเค็ม..... 57
4.2.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)..... 57
4.2.4 อัลคาร์ไลนิตี้ (Alkalinity)..... 59
4.2.5 ปริมาณ BOD..... 61
4.2.6 ปริมาณ COD..... 63
4.2.7 ปริมาณ TOC..... 65
4.2.8 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)..... 67
4.2.9 ปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน (TKN) และฟอสฟอรัส (Total Phosphorus)..... 69
4.3 คุณภาพดิน..... 73
4.3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)..... 73
4.3.2 ปริมาณสารอาหาร (แอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสฟอรัส)..... 76
4.4 การเจริญเติบโตของข้าว..... 84
4.4.1 การเจริญเติบโตด้านความสูง..... 84
4.4.2 การเจริญเติบโตด้านการแตกกอ..... 86
4.5 ผลผลิต..... 88
4.5.1 จำนวนเมล็ดต่อรวง..... 88
4.5.2 น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อรวง..... 89

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5.3 จำนวนรวงต่อตารางเมตร..... 90
4.5.4 น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อตารางเมตร..... 90
4.6 ต้นทุนและผลตอบแทน..... 91
4.6.1 ต้นทุนการผลิต..... 91
4.6.2 ผลตอบแทน..... 92
4.7 แรงจูงใจต่อการส่งเสริม และสนับสนุนอาชีพ..... 94
4.8 การประกอบอาชีพเกษตรกรรมในอดีตกับรูปแบบการศึกษาวิจัยในพื้นที่ศึกษา..... 97
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 99
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 99
5.1.1 ปริมาณน้ำ..... 99
5.1.2 คุณภาพน้ำและดิน..... 99
5.1.3 การเจริญเติบโต..... 101
5.1.4 ผลผลิต..... 101
5.1.5 ต้นทุน..... 101
5.1.6 ผลตอบแทน..... 102
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 103
รายการอ้างอิง..... 104
ภาคผนวก..... 111
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 123

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และปลูกข้าวนาปรัง.....	55
4.2	ค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	56
4.3	ค่าความเค็มของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	57
4.4	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.	58
4.5	ค่า Alkalinity ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	60
4.6	ปริมาณ BOD ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	62
4.7	ค่า COD ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	64
4.8	ค่า TOC ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	66
4.9	pH ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	68
4.10	TKN ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	70
4.11	Phosphorus ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	72
4.12	pH ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	75
4.13	แอมโมเนีย (NH_4) ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	78
4.14	ไนเตรท (NO_3) ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	80
4.15	ฟอสฟอรัส (PO_4) ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย.....	83
4.16	แสดงผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตของข้าวด้านความสูง ของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2).....	85
4.17	แสดงผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตของข้าวด้านการแตกกอ ของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2).....	87
4.18	แสดงผลผลิตข้าวนาปรัง.....	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

4.19 แสดงต้นทุนการผลิตของรูปแบบทดลองคือ รูปแบบ 3.2 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง และรูปแบบ 3.2 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังเพื่อการทำนาปรัง..... 93

4.20 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.2 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.2 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีคิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงจำนวนเงิน 19,000 บาท..... 93

4.21 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.2 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.2 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีไม่คิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงจำนวนเงิน 19,000 บาท..... 94

4.22 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.2 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.2 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีคิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงจำนวนเงิน 19,000 บาท คิดผลตอบแทนที่ได้ในรูปตัวเงินในอัตรา (บาทต่อไร่)..... 96

4.23 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.2 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.2 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีไม่คิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงจำนวนเงิน 19,000 บาท คิดผลตอบแทนที่ได้ในรูปตัวเงินในอัตรา (บาทต่อไร่)..... 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน.....	46
3.2	แสดงพื้นที่ทำการเกษตรของนายประชิต ศรีเสน เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัย เรื่อง การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการโดยใช้รูปแบบการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง.....	47
3.3	ผังระบบการจัดการน้ำในแปลงทดลอง จากด้านบน แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) น้ำที่นำมาใช้ต้องผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและมีการถ่ายเทลงมาสู่แปลงนาข้าวเพื่อการเพาะปลูกข้าวต่อไป และแปลงข้าวนาปรังที่มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (NP2) โดยแปลงปลูกข้าวนาปรัง จะนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาใช้โดยตรง.....	50
3.4 (A)	ภาพตัดขวางแปลงศึกษาวิจัยระบบแปลงทดลอง; แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) ได้รับน้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) โดยหัวลูกศรบ่อบอกทิศทางการไหลของน้ำ.....	51
3.4 (B)	ภาพตัดขวางแปลงศึกษาวิจัยระบบแปลงทดลอง; แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ลำพะยัง (NP2) ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยตรง (NR) โดยหัวลูกศรบ่อบอกทิศทางการไหลของน้ำ.....	51
4.1	เปรียบเทียบค่าอัลคาร์ไลนิตี้ (Alkalinity) ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.....	60
4.2	เปรียบเทียบค่า BOD ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.....	62
4.3	เปรียบเทียบค่า COD ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม.....	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.4 เปรียบเทียบค่า TOC ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม..... 66

4.5 เปรียบเทียบค่า pH ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม..... 68

4.6 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen) (mg/l) ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม..... 70

4.7 เปรียบเทียบค่า Phosphorus (mg/l) ของคุณภาพน้ำที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติ บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม..... 72

4.8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตะกอนดิน ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)..... 76

4.9 ปริมาณแอมโมเนีย (mg/kg) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)..... 78

4.10 ปริมาณไนเตรท (mg/kg) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)..... 81

4.11 ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/kg) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)..... 83

4.12 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวภายในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)..... 86

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.13 การเจริญเติบโตด้านการแตกกอของต้นข้าวภายในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)..... 88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรกรรมเป็นงานที่สำคัญ และมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศที่เป็นเกษตรกร ในปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมากของประเทศส่วนใหญ่ยังคงใช้น้ำฝนหรือใช้น้ำจากแม่น้ำลำธารตามที่มีเป็นหลัก เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในด้านการจัดการน้ำอย่างเป็นระบบ ปีใดที่มีฝนตกโดยเฉลี่ยดีตลอดฤดูกาลเพาะปลูก การเพาะปลูกในปีนั้นได้รับผลดี แต่ถ้าหากปีใดมีปริมาณฝนตกน้อยหรือไม่มีฝนตกในเวลาที่พืชต้องการ การเพาะปลูกในปีนั้นก็จะได้รับความเสียหายหรือไม่ได้รับผลิตผลดีเท่าที่ควร เป็นเหตุให้เกษตรกรในหลายพื้นที่รับความเดือดร้อนเพราะมีน้ำไม่เพียงพอสำหรับทำนา ปลูกพืชไร่ และใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549)

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ทำให้เกษตรกรในพื้นที่นั้นๆ ต้องดิ้นรนเพื่อเอาตัวรอดจากปัญหา มีการอพยพย้ายถิ่นไปหางานทำในเขตเมือง ดังนั้นเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงควรมีกรณีศึกษาเพื่อสร้างต้นแบบ การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ เป็นการนำทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประชาชนในพื้นที่มีแหล่งศึกษาเรียนรู้ และนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ มีการสร้างอ่างน้ำขนาดเล็กที่มีน้ำจำกัดในช่วงหน้าแล้ง ไม่เพียงพอต่อการทำนาที่ต้องการน้ำมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดว่า การจัดการน้ำแบบบูรณาการโดยใช้น้ำร่วมกับกิจกรรมเกษตรอื่น เช่น การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และการทำนาข้าว น่าจะเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้น้ำของเกษตรกรได้ถูกต้อง เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจะใช้เวลาเลี้ยง 8 เดือน ถ้าเริ่มต้นเลี้ยงตอนช่วงหน้าฝน เกษตรกรก็จะมีน้ำเก็บสำรองไว้ใช้ตอนทำนาปรังได้ การถ่ายเทน้ำ ช่วงทำนาปรังจากบ่อกุ้ง จะทำให้ธาตุอาหารที่สะสมในบ่อถูกนำมาใช้ในการปลูกข้าวได้ ซึ่งน่าจะทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้น ตลอดจนเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากแนวทางการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิง

บูรณาการ เป็นการทำการเกษตรที่มีความสัมพันธ์และเกื้อหนุนกันโดยธรรมชาติ อันได้แก่ ดิน น้ำ และผลผลิต เพื่อการใช้ประโยชน์ทรัพยากรในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาไปสู่ความยั่งยืน (สัมพันธ์ เตชะอธิก และคณะ, 2544)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การศึกษาแนวทางการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการในรูปแบบของการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรังได้ดำเนินการในพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ มีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณเทียบระหว่างการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทำนาปรัง ปริมาณปุ๋ย การเจริญเติบโตของต้นข้าว ปริมาณผลผลิต และผลตอบแทนที่ได้เพิ่มขึ้นของข้าวนาปรัง

2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในเชิงของคุณภาพเทียบระหว่างการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ คุณภาพน้ำและดินที่เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบ เช่น น้ำที่ระบายจากบ่อเลี้ยงกุ้ง น้ำในอ่างเก็บน้ำและน้ำในนาข้าวทั้งสองแปลงการทดลอง

3) เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับการศึกษาในพื้นที่อื่นประกอบการเสนอแนะในเชิงเศรษฐกิจ/สังคม ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ได้นำไปใช้งาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองในพื้นที่จริงโดยใช้พื้นที่ของ นาย ประชิต ศรีเสน เกษตรกรบ้านนาวี เลขที่ 20/1 หมู่ 7 ตำบลสงเปลือย อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อศึกษาการจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงหน้าแล้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ การทดลองบางส่วน ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตะกอนดิน ได้นำมาศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการของ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถพัฒนาเป็นต้นแบบของการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นแก่เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาโครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์

2) เป็นแนวทางในการใช้น้ำเพื่อการผลิตข้าว โดยอาศัยน้ำจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี

ทรัพยากรน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการน้ำที่มีอยู่ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า โดยเฉพาะการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการซึ่งเป็นงานที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกร ช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการเพาะปลูกพืชได้อย่างสมบูรณ์ตลอดทั้งปี เกษตรกรมีผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม เป็นการสร้างโอกาส สร้างรายได้ของประชาชน ชุมชนท้องถิ่นที่เพิ่มขึ้นทางด้านการประกอบอาชีพของประชาชน เพื่อที่เป็นแรงจูงใจทางด้านเศรษฐกิจที่จะลดการย้ายถิ่นของประชากรในหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยว ทั้งยังครอบคลุมถึงมิติด้านระบบนิเวศวิทยา เป็นการลดความแห้งแล้งในพื้นที่ ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ มีความชุ่มชื้นในพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อคุณภาพของดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน และยกระดับความสามารถทางเศรษฐกิจของประเทศได้อย่างมีเสถียรภาพ (มิ่งสรรพ์ ขาวสะอาด, 2544)

2.1.1 แนวคิดของการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2544) ที่อธิบายดังนี้

1) เป็นกิจกรรมที่มีความเชื่อมโยงกันและสัมพันธ์กัน ระหว่างการจัดการทรัพยากรน้ำ และการทำการเกษตรเชิงบูรณาการ การวางแผนอย่างเป็นระบบเป็นสิ่งสำคัญของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีอยู่อย่างจำกัด

2) การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ คือ การทำกิจกรรมทางการเกษตรที่มีความหลากหลายอยู่ในแปลงเดียวกัน เช่น ปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ ทำประมง ทำให้เกิดการเกื้อกูลกันภายในระบบและพึ่งพาปัจจัยภายนอกน้อยที่สุด

3) เกิดกิจกรรมทางการเกษตรผสมผสานหลายๆอย่างระหว่างพืช สัตว์ คน และสภาพแวดล้อมที่สมดุลและเกื้อกูลกัน ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการเอื้ออำนวยในการดำรงชีวิต

ให้ยั่งยืน โดยได้ผลตอบแทนทางปริมาณและคุณภาพของผลผลิต การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่คุ้มค่าในระยะเวลายาวนาน

4) "การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ" สร้างความสัมพันธ์ ระหว่างมนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการและกำหนดระดับความพอเพียง สมดุลให้กับเกษตรกรผู้ผลิตและสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยการผลิตให้สามารถเกื้อกูลกันได้ หากทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยการผลิต ถูกทำลายหรือขาดความสมบูรณ์ในการเกื้อกูลระบบเกษตรก็จำเป็นจะต้องนำปัจจัยหรือเทคโนโลยีภายนอกเข้ามาเป็นปัจจัยการผลิตบางส่วนเพื่อป้องกันความเสี่ยงของการอยู่รอดในเรื่องรายได้

5) เนื่องจาก "การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ" เป็นกิจกรรมที่มีการสนับสนุนเกื้อกูลซึ่งกันและกัน ดังนั้นผลที่ได้อีกประการหนึ่งคือ การลดต้นทุนการผลิต ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และสามารถรักษาสภาพแวดล้อมให้อยู่ในสภาพที่ดี

การศึกษา"การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ มีการศึกษาหลายรูปแบบ วัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อการใช้ทรัพยากรน้ำในการประกอบอาชีพให้เกิดประโยชน์สูงสุด สำหรับงานศึกษาวิจัย การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการ โดยการใช้รูปแบบ การใช้น้ำจากการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง ได้ทบทวนการศึกษาวิจัยเรื่องนี้จากหลายพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการศึกษาวิจัยที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในพื้นที่จริงแก่เกษตรกร

เนื่องจากพื้นที่ที่กำหนดเป็นพื้นที่ศึกษาวิจัย ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตชลประทาน มีแหล่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังเพียงพอต่อการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ตลอดทั้งปี แต่เกษตรในพื้นที่ส่วนใหญ่จะทำการเกษตรเฉพาะช่วงฤดูฝน คือการทำนาปี ช่วงเดือน มิถุนายน – พฤศจิกายน ของทุกปี หลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรในพื้นที่จะอพยพเข้าเมืองเพื่อไปขายแรงงาน ทิ้งพื้นที่ทำการเกษตร ไม่มีการใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง เพราะเกรงว่าผลผลิตที่ได้ไม่คุ้มกับการลงทุน

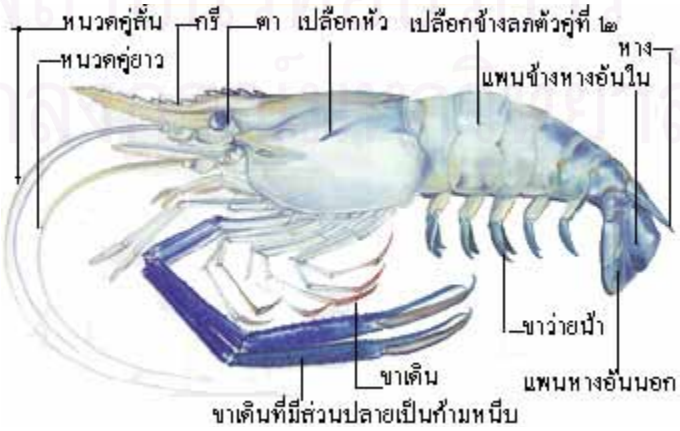
ดังนั้น ปัญหาดังกล่าว จึงเป็นปัญหาที่ควรมีการแก้ไข เพื่อเป็นการวางรากฐานของการพึ่งตนเอง และการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่า นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน การคิดต้นแบบเพื่อศึกษาวิจัยด้านการใช้น้ำ โดยรูปแบบการใช้น้ำที่นำมาศึกษาคือ การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามร่วมกับการปลูกข้าวในช่วงฤดูแล้ง โดยเริ่มจากการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ตั้งแต่ช่วงฤดูฝน (สิงหาคม - ตุลาคม) ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเสี่ยงของการรอดตายของลูกกุ้งก้ามกรามน้อย เพราะอุณภูมิไม่มีการ

เปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก กุ้งก้ามกรามมีการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 6 - 8 เดือน โดยเริ่มมีการจับกุ้งเพื่อขาย หรือบริโภคในครัวเรือนได้ ตั้งแต่กุ้งมีอายุ 3 เดือน เป็นต้นไป โดยในช่วงที่กุ้งมีอายุ 3 - 4 เดือนนั้น จะคัดเลือก กุ้งตัวผู้ที่ไม่มีการเจริญเติบโตออก (กุ้งจิ๊กโก๋) และกุ้งตัวเมียที่มีการตั้งท้อง นำออกขาย หรือ บริโภคในครัวเรือนได้ เพราะกุ้งเหล่านี้จะมีการเจริญเติบโตน้อยมาก ส่วนกุ้งที่เก็บไว้ในบ่อควรเป็นกุ้งตัวผู้ มีก้ามสีเหลือง เพราะสามารถเจริญเติบโตได้ดี และขายได้ในราคาที่สูง ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะเชื่อมโยงกับ ช่วงฤดูแล้ง ที่ในพื้นที่ศึกษาพื้นที่ทำนาถูกทิ้งร้าง ดังนั้น ถ้ามีการใช้การเลี้ยงกุ้งควบคู่กับการปลูกข้าวในช่วงฤดูแล้ง (ข้าวนาปรัง) จะเป็นต้นแบบของการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการถ่ายเทน้ำเพื่อปรับสภาพแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของกุ้งอยู่เสมอ ฉะนั้นการนำน้ำที่ได้จากการถ่ายเทจากบ่อเลี้ยงกุ้งมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวในช่วงฤดูแล้ง น่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในพื้นที่ได้

2.1.2 กุ้งก้ามกรามและการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งน้ำจืดขนาดใหญ่พบทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทย และเป็นสัตว์น้ำที่เป็นความต้องการของผู้บริโภค ขายได้ราคาดี มีชื่อสามัญ Giant Freshwater Prawn ชื่อวิทยาศาสตร์ *Macrobrachium rosenbergii* de Man และมีชื่อที่รู้จักกันหลายชื่อคือ กุ้งนาง กุ้งหลวง กุ้งก้ามเกลี้ยง กุ้งแห กุ้งใหญ่ และภาคใต้เรียกแม่กุ้ง (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2541) เป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

ลักษณะทั่วไปของกุ้งก้ามกราม



2.1.2.1 ลักษณะทั่วไปของกุ้งก้ามกราม

ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของกุ้งก้ามกราม กุ้งก้ามกรามมีลำตัวเป็นปล้อง ส่วนหัวและอกคลุมด้วยเปลือกชิ้นเดียวกัน ส่วนของลำตัวมีลักษณะเป็นปล้องๆมี 6 ปล้องกรีมีลักษณะโค้งขึ้นมีลักษณะหยักเป็นฟันเลื่อยโดยด้านบนมีจำนวนระหว่าง 13-16 ซี่ด้านล่างมีจำนวนระหว่าง 10-14 ซี่โคนกรีกว้างและหนากว่า ปลายกรียาวถึงแผ่นฐานหนวดคู่ที่ 2 กุ้งก้ามกรามมีหนวด 2 คู่ หนวดคู่แรกส่วนของโคนหนาแบ่งเป็น 3 ข้อปล้อง ปล้องที่ 3 แยกเป็นเส้นหนวด 2 เส้น หนวดคู่ที่สองยาวกว่าหนวดคู่ที่หนึ่งแบ่งเป็น 5 ข้อปล้องความยาวของแผ่นฐานหนวดคู่ที่สองยาวเป็น 3 เท่าของความกว้างแผ่นฐานหนวดคู่ที่สองขาเดินของกุ้งก้ามกรามมี 5 คู่ โดยขาคู่หนึ่งและที่สอง ตรงปลายมีลักษณะเป็นก้าม ส่วนคู่ที่สามสี่ ห้าตรงปลายมีลักษณะเป็นปลาย แหลมธรรมดา ขาเดินคู่ที่สองที่มีลักษณะเป็นก้ามนั้นถ้าเป็นกุ้งตัวผู้จะมีลักษณะใหญ่มากโดยทั่วๆไปส่วนของก้ามทำหน้าที่ในการจับอาหาร ป้อนเข้าปากและป้องกันศัตรู ขาว่ายของกุ้งก้ามกรามมี 5 คู่ส่วนแพนหางมีลักษณะแหลมตรงปลายด้านข้างเป็นแพนออกไป 2 ข้าง ลักษณะของสี สีของกุ้งก้ามกรามโดยทั่วไปมีสีน้ำเงินอมเหลืองโดยเฉพาะขาเดินคู่ที่เป็นก้ามและส่วนของลำตัวมีสีน้ำเงินเข้ม ปลายขามักเป็นชมพูอมแดง แพนหางตอนปลายมีสีชมพูอมแดงทั่ว ๆ ไป

2.1.2.2 การแพร่กระจาย

กุ้งก้ามกรามมีถิ่นกำนิดในทวีปเอเชีย พบทั่วไปในประเทศไทย พม่า เวียดนาม เขมร มาลาเซีย บังกลาเทศ อินเดีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และเคยมีรายงานว่าพบในมหาสมุทรอินเดีย ในประเทศไทยกุ้งก้ามกรามแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด เช่น ภาคกลางพบอาศัยอยู่ในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกงแม่น้ำท่าจีน แม่น้ำปราณบุรี และแม่น้ำนครนายก เช่นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา นนทบุรี ปทุมธานี อยุธยา ชัยนาท อ่างทอง นครสวรรค์ ราชบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสาครสมุทรสงคราม ภาคตะวันออกพบที่แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำระยอง จ.ระยอง และแม่น้ำเวฬุ จ.ตราด ส่วนภาคเหนือเคยพบกุ้งก้ามกรามที่แม่น้ำเมย ซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำสาละวิน อำเภอแม่สอด จ.ตาก นอกจากนี้ยังพบในที่ที่มีทางน้ำไหลขึ้นลงติดต่อกับทะเลในภาคใต้พบที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปัตตานี ทะเลสาบสงขลา พัทลุง ชุมพร ระนอง นครศรีธรรมราช ประจวบคีรีขันธ์

2.1.2.3 ความแตกต่างระหว่างกุ้งเพศผู้และเพศเมีย

กุ้งก้ามกรามที่ยังมีขนาดเล็กสามารถแยกเพศโดยดูลักษณะของขาว่ายน้ำคู่ที่สอง ถ้าเป็นกุ้งเพศเมียตรงปลายขาว่ายน้ำคู่ที่สอง ตรงปล้องสุดท้ายแยกออกเป็นแขนง 3 อัน โดยอันเล็กสุดอยู่ด้านใน ถ้าเป็นกุ้งเพศผู้ปลายขาว่ายคู่ที่สองแยกเป็นแขนง 4 อัน กุ้งที่มีขนาดโตสามารถแยกเพศผู้เพศเมีย โดยกุ้งที่ขนาดโตเต็มวัยตัวผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าตัวเมียนอกจากนี้ก้ามของตัวผู้มีขนาดใหญ่กว่าของตัวเมียอย่างเห็นได้ชัดเจน แต่เปลือกหุ้มตัวส่วนท้องของตัวผู้จะแคบกว่าของตัวเมีย ลักษณะอื่น ๆที่ใช้แยกเพศกุ้งขนาดปานกลางหรือขนาดใหญ่ ได้แก่ ช่องเปิดสำหรับน้ำเชื้อของตัวผู้และช่องเปิดสำหรับไข่ของตัวเมียโดยตัวผู้ช่องเปิดอยู่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ห้าส่วนตัวเมียช่องเปิดอยู่โคนขาคู่ที่สาม

2.1.2.4 ระบบสืบพันธุ์ และการผสมพันธุ์วางไข่

กุ้งก้ามกรามตัวผู้ต่อมผลิตน้ำเชื้อมีลักษณะเป็นพูแบน 2 พูขนาดกว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ที่ปลายเชื่อมติดกัน ตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนส่วนที่เป็นตับและตับอ่อนและอยู่ด้านล่างของหัวใจ ส่วนท้ายของต่อมผลิตน้ำเชื้อแต่ละพูมีท่อนำน้ำเชื้อมาบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ห้า และส่งต่อมายังถุงเก็บน้ำเชื้อซึ่งมีช่องเปิดออกภายนอกที่โคนขาเดินคู่ที่ห้าทั้ง 2 ข้าง น้ำเชื้อของกุ้งก้ามกรามเพศผู้ไม่เคลื่อนไหว มีลักษณะคล้ายดอกเห็ดขนาดกว้างประมาณ 7.5 ไมครอน และมีหางเล็ก ๆ ยาวประมาณ 12.5 ไมครอน น้ำเชื้อตัวผู้จะถูกผลิตที่ต่อมผลิตน้ำเชื้อและนำมาเก็บที่โคนขาเดินคู่ที่ห้าโดยมีผนังบางๆ หุ้มอยู่ในถุงเก็บน้ำเชื้อหนึ่ง ๆ จะพบถุงน้ำเชื้อประมาณ 2 ถุงกุ้งก้ามกรามเพศเมียรังไข่อยู่ตำแหน่งเดียวกับต่อมผลิตน้ำเชื้อของตัวผู้ลักษณะเป็นพูแบน ๆ 2 พูเชื่อมติดกันทางด้านท้ายมีขนาดใหญ่จนบังส่วนของตับและตับอ่อนได้ทั้งหมดในช่วงมีไข่รังไข่จะขยายใหญ่คลุมส่วนหัว อก และหัวใจ ท่อนำไข่ทั้งสองข้างเป็นท่อโค้งมีช่องเปิดออกภายนอกที่โคนขาเดินคู่ที่สาม

กุ้งก้ามกรามสามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้ตลอดปี การผสมพันธุ์จะเกิดเมื่อตัวเมียลอกคราบและเปลือกยังอ่อนอยู่ตัวผู้จะเข้าผสมโดยให้น้ำเชื้อตัวผู้ซึ่งมีลักษณะคล้ายสารเหนียวไปติดอยู่กับส่วนหน้าอกระหว่างขาเดินของตัวเมีย ตัวเมียจะวางไข่ภายใน 2-3 ชั่วโมง หลังการผสมพันธุ์ ไข่ที่ปล่อยออกมาจะถูกผสมกับเชื้อตัวผู้ที่ติดอยู่ที่ส่วนอกแล้วไข่จะถูกนำไปเก็บอยู่บริเวณส่วนท้องระหว่างขาว่ายน้ำ โดยขาว่ายน้ำจะทำหน้าที่โบก พัดน้ำให้ไหลผ่านเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่ไข่ ไข่ที่ติดขาว่ายน้ำในระยะแรกๆ มีสีเหลืองอมส้มมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 - 0.8 มม. มีรายงานว่าไข่มีการพัฒนาไปจนมีอวัยวะครบทุกส่วนภายในเปลือกไข่ขณะเดียวกันถ้า

สังเกตจากภายนอกจะเห็นสีของไข่เปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งระยะสุดท้ายเปลี่ยนเป็นสีเทาดำ และรูปร่างของกุ้งพับงอภายในเปลือกไข่สามารถมองเห็นด้วยตาได้ชัดเจนใช้เวลาประมาณ 17-21 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำหลังจากนั้นจึงจะฟักเป็นตัว

2.1.2.5 **การเตรียมและการจัดระบบการเลี้ยง**

รูปแบบของบ่อและการก่อสร้างบ่อเลี้ยง ต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่ตั้งของฟาร์ม สภาพภูมิอากาศ รวมถึงทิศทางลม แหล่งน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม มีหลักที่สำคัญต่อการจัดการรูปแบบของบ่อ (นิรนาม, 2548) ดังนี้

- บ่อเลี้ยงมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อสะดวกในการจัดการ และการจับผลผลิต
- ขนาดของบ่ออนุบาลและบ่อเลี้ยงควรมีขนาด 1-5 ไร่
- พื้นบ่อต้องอัดแน่นและเรียบซึ่งจะช่วยให้สะดวกในการจับกุ้ง
- ความลึกของบ่อเลี้ยงควรอยู่ในช่วง 0.80-1.20 เมตร บ่อที่ตื้นเกินไปจะทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงเกินไปในช่วงฤดูแล้ง และอาจทำให้เกิดวัชพืชน้ำและสาหร่ายเส้นใย
- ประตูระบายน้ำออก ต้องสามารถปล่อยน้ำได้เร็ว สะดวก และควบคุมระดับน้ำได้ง่าย ควรอยู่ใต้ทิศทางลมเพื่อช่วยให้ระบายของเสียได้ดี
- แนวบ่อด้านยาวของบ่อเลี้ยงต้องขนานไปกับทิศทางลม เพื่อให้ปริมาณออกซิเจนในอากาศละลายน้ำได้ดี ช่วยให้ออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น
- ความลาดเอียงของพื้นบ่อ พื้นประตูน้ำออกจะต่ำกว่าบ่อและพื้นของคลองระบายน้ำออกก็ต้องต่ำกว่าพื้นของประตูระบายน้ำออกด้วยเพื่อระบายน้ำในบ่อได้หมด

2.1.2.6 **การเตรียมบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**

การเตรียมบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อผลผลิตของกุ้งก้ามกราม ต้องมีการจัดการในการเตรียมบ่อกุ้งที่ดี เพื่อลดปัญหาที่ก่อให้เกิดกับกุ้งได้ เช่น โรค ศัตรูของกุ้งที่มีอยู่ในบ่อเลี้ยง (นิรนาม, 2548 ก) มีวิธีการ เริ่มจากการตากบ่อไว้นาน 1-2 อาทิตย์ เพื่อกำจัดเชื้อโรคที่อยู่บริเวณก้นบ่อ และเป็นการทำให้หน้าดินในบ่อกุ้งมีคุณภาพที่ดีขึ้นเหมาะต่อการ

เลี้ยงกุ้งก้ามกรรม การลงปูนขาวในอัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ก่อนการนำน้ำเข้าบ่อเลี้ยง

สำหรับบ่อที่มีการเลี้ยงมาหลายรอบแล้ว หลังจากจับกุ้งจากการเลี้ยงรอบที่ผ่านมา ควรตากบ่อให้แห้ง ปรับสภาพบ่อโดยเอาเลนกลางบ่อออก ปรับระดับบ่อให้เหมาะสม ความลึกของบ่อสำหรับเลี้ยงกุ้งก้ามกรามประมาณ 1.20 เมตร สูบน้ำที่พักมาแล้วจากบ่อพักน้ำผ่านผ้ากรอง เพื่อป้องกันสัตว์น้ำชนิดอื่นเข้าไปในบ่อ ให้ระดับน้ำในบ่อประมาณ 1.0 เมตร หว่านปูนโดโลไมท์ในอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ในเวลากลางวัน สำหรับดินที่มีพีเอชปกติ แต่ถ้าดินที่มีพีเอชเป็นกรดต้องเติมวัสดุปูนเพิ่มขึ้น หลังจากหว่านโดโลไมท์แล้วเปิดเครื่องให้อากาศตลอดทั้งคืน เพื่อให้น้ำในบ่อผสมกันดีทั่วบ่อ

2.1.2.7 **การเตรียมน้ำสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**

หลังจากตากบ่อและลงปูนขาวประมาณ 2-4 สัปดาห์ จึงปล่อยน้ำเข้าบ่อโดยการกรองด้วยอวนไนลอนหรือตะแกรงตาถี่เพื่อป้องกันศัตรูกุ้งที่ปนมากับน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไข่และตัวอ่อนของปลา ถ้าน้ำมาจากแหล่งน้ำที่ใช้มีคุณภาพดี ไม่มีการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลง ของเสียจากโรงงาน หรือบ้านเรือน ก็สามารถสูบน้ำเข้าบ่อได้เลย หลังจากนั้นกักน้ำไว้ 2-3 วัน เพื่อให้น้ำปรับสภาพที่เหมาะสมก่อน จึงปล่อยกุ้งลงเลี้ยง หรืออาจใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ใส่ในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ อาจจะใช้มูลสัตว์ เช่น มูลวัว ใส่ตะแกรงแล้วแช่น้ำไว้ในบ่อ ทั้ง 4 มุม ของบ่อเลี้ยงกุ้ง แล้วทิ้งไว้ประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดอาหารธรรมชาติพวกแพลงก์ตอนอุดมสมบูรณ์ก่อนปล่อยกุ้ง 1-2 วัน

การสูบน้ำโดยตรงจากแม่น้ำลำคลอง หรือคลองชลประทานเข้าไปในบ่อเลี้ยง ถ้าคุณภาพน้ำไม่ดีหรือในกรณีที่มีโรคระบาดเกิดขึ้นในบริเวณนั้น โอกาสที่กุ้งในบ่อจะป่วยหรือติดเชื้อโรคเป็นไปได้สูง บ่อพักน้ำนอกจากมีประโยชน์สำหรับเก็บกักน้ำไว้ใช้ตามต้องการ ยังทำหน้าที่ปรับคุณภาพน้ำที่สูบเข้าไปจากแม่น้ำลำคลองให้ดีขึ้น ได้แก่ ตกตะกอนลดความเป็นพิษของสารเคมีต่างๆ เช่น ยาปราบศัตรูพืชที่ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำ บ่อพักน้ำยังใช้เก็บกักน้ำขณะถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยงและขณะที่มีการจับกุ้ง น้ำที่ออกมาจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะมีตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์มากถ้าปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยตรง จะสร้างปัญหาแก่ชุมชนที่ต้องใช้น้ำร่วมกัน ในกรณีที่ชุมชนเหล่านั้นต้องใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคอาจทำให้เกิดปัญหากับผู้ประกอบอาชีพอื่นข้างเคียงได้ การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามแบบพัฒนาควรจะมีบ่อพักน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด และปรับระบบการเลี้ยงโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน ในบ่อพักน้ำจะมีการเลี้ยงปลา

น้ำจืดที่กินพืชอาจจะมีหลายชนิด เช่น ปลานิล ปลาทับทิม ปลาตะเพียน ปลาเหล่านี้จะทำหน้าที่บำบัดสารอินทรีย์ที่หลงเหลือจากบ่อเลี้ยงกุ้ง จะทำให้น้ำในบ่อพักน้ำดีขึ้น และเมื่อคุณภาพน้ำดีขึ้นน้ำเหล่านี้ก็พร้อมที่จะนำมาใช้ได้อีกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากเป็นการใช้น้ำประหยัดและมีประสิทธิภาพแล้ว บ่อพักน้ำยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม แม่น้ำลำคลองให้อยู่ในสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด การมีบ่อพักน้ำเพื่อรองรับน้ำที่ระบายออกจากบ่อกุ้งในขณะที่เลี้ยงหรือจับกุ้ง จะทำให้ฟาร์มมีมาตรฐานการผลิตเพื่อการส่งออกซึ่งสามารถผ่านการรับรองจากกรมประมง เพราะในอนาคตการส่งออกผลิตภัณฑ์เกษตรใดๆ ก็ตาม เงื่อนไขของการรักษาสิ่งแวดล้อมจะถูกตั้งขึ้นมาโดยประเทศผู้ซื้อกุ้ง ผลิตภัณฑ์ใดๆ ก็ตามที่กระบวนการผลิตมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะถูกกีดกันทางการค้าซึ่งจะเป็นข้ออ้างของประเทศผู้ซื้อ

การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีอัตราการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นและมีการให้อาหารวันละ 2-3 มื้อ ย่อมมีของเสียที่เกิดจากอาหารที่หลงเหลือและจากการขับถ่ายของกุ้งมากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ โดยแบคทีเรียส่วนมากต้องการใช้ออกซิเจน ในขณะที่กุ้งก้ามกรามก็ต้องการออกซิเจนในระดับที่เหมาะสมเพื่อการเจริญเติบโต และสุขภาพที่แข็งแรงตามปกติการมีเครื่องให้อากาศบ่อละเครื่องจะเป็นการป้องกันการขาดออกซิเจนในระหว่างการเลี้ยง โดยเฉพาะตั้งแต่ประมาณเที่ยงคืนจนถึงตอนเช้าในช่วงท้ายๆของการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณแพลงก์ตอนพืชอย่างหนาแน่น หรือในช่วงเวลาที่อากาศมืดครึ้มติดต่อกันหลายวัน ถ้าไม่มีเครื่องให้อากาศอาจจะมีปัญหาการขาดออกซิเจนได้ เครื่องให้อากาศโดยเฉพาะที่ใช้เครื่องยนต์มีแขนยาวใบพัดตีน้ำเป็นจำนวนมากที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งเรียกว่า “เครื่องตีน้ำ” จะทำให้คุณภาพน้ำและสภาพต่างๆ ในบ่อดีขึ้น กุ้งจะมีการเจริญเติบโตรวดเร็วกว่าบ่อที่ไม่มีอากาศซึ่งมีระดับออกซิเจนที่ต่ำกว่า โอกาสการเน่าเสียของบ่อที่มีเครื่องให้อากาศจะน้อยกว่าและช้ากว่าการเลี้ยงแบบดั้งเดิมที่ไม่มีเครื่องให้อากาศ

2.1.2.8 การเลือกพันธุ์กุ้งก้ามกราม

การเลือกพันธุ์กุ้งก้ามกรามที่ดีควรมีการว่ายน้ำ แข็งแรง ลำตัวใส และเป็นกุ้งที่คว่ำมาแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ขึ้นไป (อายุประมาณ 25-30 วันขึ้นไป) และได้มีการปรับสภาพให้อยู่ในน้ำจืดไม่น้อยกว่า 1-2 วัน การปล่อยกุ้งที่คว่ำสองสามวันลงเลี้ยง พบว่าส่วนใหญ่ได้อัตราการรอดต่ำ (นิรนาม, 2548 ก)

2.1.2.9 **การปล่อยพันธุ์กุ้งก้ามกราม**

การปล่อยลูกกุ้งก้ามกรามลงบ่อ นิยมทำเวลาเช้าหรือเย็น โดยนำถุงบรรจุพันธุ์กุ้งมาแช่ในบ่อที่จะเลี้ยงประมาณ 20 นาที เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำในถุงและน้ำในบ่อให้เท่ากัน แล้วเปิดปากถุงออก จากนั้นตักน้ำในบ่อมาผสมกับน้ำในถุงอย่างช้าๆ ก่อนปล่อยพันธุ์กุ้งลงบ่อ เพื่อช่วยให้กุ้งสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพน้ำในบ่อเลี้ยง ทำให้มีอัตรารอดมากขึ้น (นิรนาม, 2548 ก)

2.1.2.10 **วิธีการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**

การนำลูกกุ้งก้ามกรามที่คว่ำแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ และได้รับการปรับสภาพให้อยู่ในน้ำจืดอย่างน้อย 1-2 วัน ไปอนุบาลในบ่อดินโดยใช้อัตราปล่อยประมาณ 80,000-160,000 ตัวต่อไร่ อนุบาลนานประมาณ 2-3 เดือน จนได้กุ้งขนาด 2-5 กรัมต่อตัว หลังจากนั้นจึงย้ายไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งโต โดยปล่อยในอัตรา 20,000-30,000 ตัวต่อไร่ หลังจากเลี้ยงในบ่อประมาณ 4 เดือน ก็ทยอยจับกุ้งบางส่วนที่โตได้ขนาดตลาดออกขายเดือนละครั้งและจับหมดทั้งบ่อเมื่อเลี้ยงประมาณ 6-10 เดือนขึ้นไป วิธีนี้มีข้อดี คือ อัตรารอดจะสูงไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็น เนื่องจากลูกกุ้งที่ผ่านการอนุบาลมาแล้วแข็งแรงและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในบ่อได้ดี แต่ข้อเสีย คือ ต้องใช้แรงงานในการเคลื่อนย้ายจากบ่ออนุบาลไปลงบ่อเลี้ยง (นิรนาม, 2548 ก)

2.1.2.11 **อาหารและการให้อาหาร**

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ความต้านทานโรค และอัตราการรอดตาย ซึ่งมีผลอย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตหรือปริมาณกุ้งที่จับได้และกำไรจากการลงทุน เนื่องจากต้นทุนส่วนใหญ่ (ประมาณ 50-60 %) เป็นต้นทุนค่าอาหาร ดังนั้นการเลือกอาหารที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อาหารต้องมีสารอาหารหรือคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วนเหมาะสมกับความต้องการของกุ้งและกุ้งสามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี การใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านการบดละเอียดเป็นผง มีกากหรือเยื่อใยต่ำซึ่งช่วยให้กุ้งสามารถย่อยอาหารและดูดซึมได้ดี เนื่องจากกุ้งมีลำไส้สั้นและตรง จึงทำให้กุ้งขับถ่ายเร็วแต่กินอาหารแบบกัดแทะช้าๆ กุ้งแต่ละวัยหรือช่วงอายุมีความต้องการสารอาหารต่างกัน จึงควรเลือกใช้อาหารให้เหมาะสม รวมทั้งวิธีการให้อาหารและสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกินและย่อยอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง (นิรนาม, 2548 ก)

อาหารธรรมชาติมีความจำเป็นสำหรับอัตรารอดและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งก้ามกราม ดังนั้นการเตรียมน้ำให้พร้อมก่อนปล่อยลูกกุ้ง ปัจจุบันนี้ควรใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ แม้ว่าปุ๋ย

คอก เช่น ปุ๋ยมูลไก่จะช่วยให้เกิดอาหารธรรมชาติได้ดีก็ตาม แต่การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการส่งออก ถ้ายังมีการใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยมูลไก่ในการเตรียมน้ำอาจจะมีความเสี่ยงไม่เฉพาะในเรื่องยาตกค้างที่อาจจะติดมากับมูลไก่ เช่น ยาในกลุ่มไนโตรฟูแรนส์ซึ่งยังมีปัญหาในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ในบ้านเรา นอกจากนั้นการใช้มูลสัตว์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอาจจะเป็นข้อรังเกียจหรือข้ออ้างของผู้ซื้อโดยเฉพาะจากประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และประเทศอื่นๆ ควรใช้ปุ๋ยสูตร 15-20-0 ไร่ละ 2 กิโลกรัม และใช้อาหารเบอร์ 1 ไร่ละ 2 กิโลกรัม รำละเอียดไร่ละ 2 กิโลกรัม ผสมน้ำ 10 ส่วน หมักทิ้งไว้ 1 คืน นำไปสาดให้ทั่วบ่อและเปิดเครื่องให้อากาศเพื่อผสมให้เข้ากันทั่วบ่อ รอจนสีน้ำสวยและมีสัตว์หน้าดินซึ่งจะเป็นอาหารธรรมชาติสำหรับลูกกุ้งอาจจะใช้เวลานาน 2-3 วัน

สำหรับช่วงการให้อาหารในระยะ 30 วันแรกควรให้อาหารวันละ 4 มื้อ เช่น 6.00 น., 12.00 น., 16.00 น. และ 20.00 น. ปริมาณอาหารสำหรับลูกกุ้ง 100,000 ตัว ให้อาหาร 1 กิโลกรัม/วัน หลังจากนั้นค่อยๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยไปเรื่อยๆ ที่อายุ 30 วัน ลูกกุ้ง 100,000 ตัว ให้อาหารประมาณ 4 กิโลกรัม/วัน ปริมาณอาหารอาจมากหรือน้อยกว่าระดับนี้ก็ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารธรรมชาติในบ่อและอัตรารอดของลูกกุ้ง หลังจาก 30 วัน ควรให้อาหารวันละ 3 มื้อ เวลา 6.00 น., 12.00 น. และ 16.00 น. ลักษณะการให้อาหารจะแตกต่างกับการเลี้ยงกุ้งทะเล เช่น กุ้งกุลาดำที่ตามปกติอยู่ในช่วงเดือนแรกจะให้อาหาร 3-4 ครั้ง/วัน แต่เมื่อกุ้งมีอายุเพิ่มขึ้นจะให้อาหารเพิ่มเป็น 4-5 ครั้ง/วัน สำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามส่วนใหญ่เกษตรกรยังคงให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 6.00 น. และ 18.00 น. ตั้งแต่เริ่มปล่อยลูกกุ้งจนกระทั่งจับ แต่ในการเลี้ยงแบบพัฒนาที่กล่าวมานี้จะให้อาหารระยะแรกถี่กว่าช่วงที่กุ้งโต เพราะให้ความสำคัญกับอัตรารอดของลูกกุ้งระยะแรก ส่วนในระยะที่กุ้งโตขึ้นการให้อาหารวันละ 3 ครั้งอยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องให้จำนวนมากเท่ากับกุ้งกุลาดำ เนื่องจากกุ้งก้ามกรามกินอาหารช้ากว่ากุ้งกุลาดำและกุ้งขาวมาก

2.1.2.12 ข้อควรระวังในการให้อาหาร

ถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำโดยเฉพาะในตอนเช้า เมื่ออุณหภูมิน้ำต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส ควรลดปริมาณอาหารและอาจจะเลื่อนเวลาการให้อาหารออกไปอีก เช่น เลื่อนเวลาออกไปเป็น 7.00 น. หรือมากกว่านั้น นอกจากอุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อการกินอาหารของกุ้งแล้ว ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำ กุ้งจะกินอาหารลดลงเช่นเดียวกัน ในกรณีที่สีน้ำในบ่อเข้มจัด ปริมาณออกซิเจนจะลดต่ำลงมากในตอนเช้า อาจจะต้องเลื่อนเวลาการให้อาหารออกไปจนกว่าจะเริ่มมีแสงแดดมากพอ เพื่อให้แพลงก์ตอนพืชสังเคราะห์แสงเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ จะทำให้กุ้งกิน

อาหารดีกว่า สำหรับกุ้งที่มีขนาดใหญ่จะกินอาหารลดลงเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับน้ำหนักตัว เช่นกุ้งขนาดน้ำหนัก 50 กรัม กินอาหาร 1.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่วนกุ้งหนัก 100 กรัมกินอาหารเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวในระหว่างการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามควรจะมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญๆ เพราะจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในการประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะนั้น และเป็นแนวทางในการจัดการด้านอื่นๆด้วย คุณสมบัติของน้ำที่ควรจะให้ความสำคัญ ได้แก่

2.1.2.12.1 **ออกซิเจน**

ตามปกติปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำทั่วไปรวมทั้งกุ้งก้ามกรามไม่ต่ำกว่า 4 พีพีเอ็ม (มิลลิกรัม/ลิตร) แต่โดยทั่วไปเกษตรกรจะไม่มีเครื่องวัดปริมาณออกซิเจน จะใช้การสังเกตเท่านั้น เช่น กุ้งลอยตอนกลางคืนแสดงว่าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ หรือกุ้งขึ้นมาตามขอบบ่อมาก แสดงว่าปริมาณออกซิเจนต่ำ เป็นต้น การสังเกตพฤติกรรมเหล่านี้เป็นสิ่งที่ดี แต่ถ้าจะให้การเลี้ยงได้ผลตามที่ต้องการแล้ว สำหรับฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ควรจะมีอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณออกซิเจนเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ เมื่อใดที่ปริมาณออกซิเจนในตอนเช้าก่อนมีแสงแดดคือประมาณไม่เกิน 6.30 น. ต่ำกว่า 4 พีพีเอ็ม ควรลดปริมาณอาหารที่ให้มื้อนั้น ถ้าสีน้ำเข้มจัดควรจะถ่ายน้ำเพิ่มขึ้นเพื่อลดปริมาณแพลงก์ตอน จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในตอนเช้าของวันต่อมาสูงขึ้น ในวันที่ท้องฟ้ามืดครึ้ม ไม่มีแสงแดด ควรเปิดเครื่องให้อากาศตลอดเวลา และรอบความเร็วของเครื่องยนต์ไม่ควรต่ำกว่า 80 รอบ/นาที เพราะการเปิดเครื่องให้อากาศหรือเครื่องตีน้ำรอบช้าเกินไป แม้จะมีจำนวนใบพัดตีน้ำจำนวนมาก ไม่ทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นมาก แต่ในทางตรงกันข้ามจำนวนใบพัดตีน้ำมีไม่มาก แต่รอบความเร็วมากพอทำให้ได้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่า

2.1.2.12.2 **พีเอช**

ระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตมีค่าระหว่าง 7.5-8.5 พีเอชตอนเช้าไม่ควรต่ำกว่า 7.5 และตอนบ่ายไม่ควรเกิน 8.5 ถ้าพีเอชตอนเช้าต่ำกว่า 7.5 กุ้งจะมีอัตรารอดต่ำและโตช้า ควรเติมวัสดุปูนเพิ่มพีเอช แต่ถ้าพีเอชตอนบ่ายสูงเกิน 8.5 กุ้งจะโตช้า เนื่องจากไม่ลอกคราบ เปลือกจะสาก และมักพบมีซูโอแทมเนียมตามผิวตัว พีเอชของน้ำตอนบ่ายที่สูงมักมีความสัมพันธ์กับสีน้ำที่เข้มจากปริมาณแพลงก์ตอนที่มีอย่างหนาแน่น ดังนั้นควรจะควบคุมไม่ให้สีน้ำเข้มจัด โดยการควบคุมปริมาณอาหาร และมีน้ำเปลี่ยนถ่ายพอเพียง นอกจากนั้นควรใช้

จุลินทรีย์เติมลงไปช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์และทำให้พื้นบ่อสะอาด สีน้ำจะไม่เข้มมาก โดยทั่วไปจะนิยมเติมจุลินทรีย์ทุกๆ 7-10 วัน เช่นเดียวกับการเติมโดโลไมท์ทุกๆ 10 วัน

2.1.2.13 การจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง

การเปลี่ยนถ่ายน้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง เนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตโดยการลอกคราบ การถ่ายน้ำใหม่ช่วยให้กุ้งลอกคราบและยังช่วยให้น้ำมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง สำหรับกุ้งอายุ 1-2 เดือนแรก อาจไม่จำเป็นต้องมีการถ่ายน้ำ เนื่องจากปริมาณอาหารที่ให้ยังน้อยอยู่ น้ำจึงยังมีคุณสมบัติดี แต่เมื่อกุ้งโตขึ้น (อายุมากกว่า 2 เดือนขึ้นไป) ควรมีการถ่ายน้ำ เดือนละ 2-4 ครั้ง ครั้งละประมาณหนึ่งในสามถึงครึ่งบ่อ ขึ้นอยู่กับสภาพน้ำ แต่ถ้าใช้อาหารสด เช่น ปลาเป็ด เป็นส่วนผสม ต้องมีการถ่ายน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำเสียได้ง่าย (นิรนาม, 2548 ก)

2.1.2.14 การถ่ายเทน้ำในบ่อ

การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามนั้นต้องมีการตรวจสภาพน้ำในบ่อเป็นประจำ โดยเฉพาะน้ำในบ่อที่เขียวจัด จะทำให้เกิดภาวะการขาดออกซิเจนซึ่งทำให้กุ้งตายได้ง่าย การแก้ไขต้องกระทำโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างรีบด่วน นอกจากนี้การถ่ายน้ำยังมีส่วนสัมพันธ์กับอายุขนาดของกุ้ง การเจริญเติบโตโดยน้ำใหม่จะกระตุ้นให้กุ้งลอกคราบ สำหรับการเลี้ยงช่วง 1-2 เดือนแรกอาจไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่ใช้วิธีเพิ่มระดับน้ำทุกสัปดาห์ หลังจากนั้นในเดือนที่ 3 และถัดมาอาจมีการถ่ายเปลี่ยนน้ำเดือนละ 2-4 ครั้งโดยถ่ายน้ำครั้งละ 1 ใน 3 หรือ 1 ใน 2 ของน้ำในบ่อขึ้นอยู่กับสภาพน้ำในบ่อทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับช่วงฤดูกาล

การถ่ายเทน้ำอาจจะทำควบคู่กับการใช้โซ่ลากก้นบ่อ 2-3 ครั้ง ต่อการถ่ายเทน้ำแต่ละครั้งเพื่อกำจัดของเสียก้นบ่อ ในกรณีก้นบ่อมีเศษอาหารและของเสียหมักหมมมาก วิธีนี้จะไม่เหมาะสมและเป็นอันตรายต่อกุ้ง การระบายน้ำก้นบ่อให้มากที่สุดอาจเสริมด้วยการดูดเลนหลังจากเลี้ยงกุ้งได้ 4-5 เดือนโดยทำ 1-2 เดือนต่อครั้ง ในช่วงที่ทำการสูบน้ำควรลดปริมาณอาหารที่ให้ลดลง 1-2 วัน เพราะกุ้งบางส่วนได้น้ำใหม่จะลอกคราบทำให้อ่อนแอไม่กินอาหารในวันนั้นๆท คุณค่าทางอาหารของอาหารกุ้งควรมีโปรตีน 20% หรือระหว่าง 17-25% การเพิ่มหรือลดอาหารที่ให้ต่อวัน ควรกระทำโดยการตรวจสอบการกินอาหารของกุ้งในแต่ละวันเสียก่อนว่าเหลือหรือไม่ ถ้าหมดจะต้องให้เพิ่มมากขึ้นแต่ต้องไม่มากเกินไปจนเหลือและเน่าเสีย การตรวจสอบการกระทำ

หลังจากให้อาหารไปแล้ว 2-3 ชั่วโมง สำหรับฝนตกหรือมีอาการเปลี่ยนแปลงมากๆ หรือมีหมอกลง ไม่ควรให้อาหารหรืออาจจะให้ในปริมาณ

2.1.2.15 **ระยะเวลาเลี้ยงและการจับ**

ระยะเวลาเลี้ยงกุ้งขึ้นอยู่กับที่ตลาดต้องการ โดยทั่วไปหลังจากเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ประมาณ 4 – 6 เดือน ก็เริ่มคัดขนาดและจับกุ้งบางส่วนขายได้แล้ว และทยอยจับเดือนละครั้ง เมื่อเห็นว่ากุ้งเหลือน้อยก็จับทั้งหมด (รวมระยะเวลาการเลี้ยงทั้งหมดประมาณ 8 – 12 เดือน) การจับกุ้งให้ได้ผลดีควรลดระดับน้ำในบ่อเหลือประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วใช้อวนลากโดยใช้อวนที่มีขนาดช่องตา 4 เซนติเมตร เพื่อให้กุ้งขนาดเล็กหลุดออกได้และลดการบอบช้ำ ที่ตีนอวนมีตะกั่วถ่วง สำหรับเชือกคร่าวบนเวลาลากอาจใช้ไม้ไผ่ค้ำไว้โดยเสียบไว้กับทุ่นลอย การจับกุ้งนิยมทำในช่วงเช้าเพราะอากาศไม่ร้อน (นิรนาม, 2548 ก)

2.1.3 **คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต การเกิดโรค และศัตรูของสัตว์น้ำ การจัดการคุณภาพน้ำที่ดีก็จะทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตที่ดี ปราศจากโรค และศัตรู ดังนั้นควรคำนึงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพน้ำต่อไปนี้

2.1.3.1 **อุณหภูมิ** (Temperature)

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง ระดับความร้อน ที่ทำให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากแสงที่ส่องผ่านลงในแหล่งน้ำ และมีการเปลี่ยนจากพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2536) อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัตว์น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม และอุณหภูมิยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ความหนาแน่นของแหล่งน้ำ การละลายของธาตุอาหารและก๊าซในน้ำ (นันทนา คชเสนี, 2536) โดยปกติอุณหภูมิของแหล่งน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ และรูปแบบของการใช้ประโยชน์ของที่ดิน และปริมาณแสงที่ส่องผ่าน สำหรับประเทศไทยในเขตร้อนโดยเฉพาะประเทศไทยอุณหภูมิของแหล่งน้ำจะผันแปรอยู่ในช่วง 28 – 32 องศาเซลเซียส (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528) ในเขตร้อนจะมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในฤดูร้อนและฤดูหนาว ส่วนใหญ่อุณหภูมิของอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำจะอยู่ในช่วง 28 – 32 องศาเซลเซียส (ยนต์ มุสิก, มปป.) ผลที่เกิดจากการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแหล่งน้ำอย่างกะทันหันทำให้สัตว์น้ำตายได้ (thermal death) โดยเฉพาะสัตว์น้ำวัยอ่อนและการฟักไข่ของสัตว์น้ำ อุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจทำให้การกินอาหารของปลาหยุดชะงัก การเจริญเติบโตช้าลง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากเกินไปจะทำให้ปลากระวนกระวาย มีอาการลอยหัว อ่อนเพลีย และยังส่งผลต่อการฟักไข่ของปลาและกุ้งเกิดเป็นตัวเร็วขึ้น แต่มักจะอ่อนแอและมีอัตราการตายสูง ส่วนอุณภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้การฟักไข่ของปลาและกุ้งเป็นตัวช้าและอัตราการรอดตายก็จะสูงขึ้นเช่นกัน (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2538)

2.1.3.2 **ความเป็นกรดเป็นด่าง** (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH, percentage of hydrogen ion concentration) ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) เป็นปัจจัยสำคัญในสภาพแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกลางมีค่า pH เท่ากับ 7 สภาพเป็นกรด มีค่า pH ต่ำกว่า 7 ความเป็นกรด คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) และสภาพความเป็นด่าง ค่า pH สูงกว่า 7 ความเป็นด่าง คือ ความเข้มข้นของไฮโดรอกซิลอิออน (OH^+) (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2538) ช่วง pH ที่เหมาะสมแก่สัตว์น้ำจะอยู่ระหว่าง 6.5 – 9.8 ถ้าค่า pH สูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ค่า pH มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำ พืชสามารถใช้ธาตุอาหารได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับระดับ pH ของน้ำ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2538) น้ำที่มี pH สูงกว่า 9.5 จะส่งผลให้ปลาหลายชนิดไม่แพร่พันธุ์ และอาจตายได้ถ้าค่า pH สูงกว่า 11 น้ำที่มีค่า pH สูงก๊าซพิษจะเกิดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ความต้านทานต่อสารพิษต่ำ ส่วนน้ำที่มี pH ต่ำ พิษของสารไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ทองแดงและโลหะหนักจะมีความรุนแรงขึ้น และจะทำให้มีผลผลิตต่ำ สัตว์น้ำอ่อนแอไม่กินอาหาร เป็นโรค ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 4 สัตว์น้ำอาจตายได้ (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2538) (สุมาลี พิตรากูล, 2532) อ้างถึง Clarke ในปี 1954 ว่าสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ระหว่าง 3.2 – 10.5 สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ระหว่าง 8.0 – 8.4 และสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบและลำธารมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ระหว่าง 6.5 – 8.0 อย่างไรก็ตามในแหล่งน้ำแต่ละแห่งมีค่า pH ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะพื้นดิน ปริมาณน้ำฝน รวมถึงการใช้ประโยชน์ของที่ดิน (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

2.1.3.3 **ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ** (DO; Dissolved Oxygen)

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO; Dissolved Oxygen) การหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ สามารถใช้เป็นตัววัดได้ว่าแหล่งน้ำนั้นมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมากน้อยเพียงใด ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ และปริมาณเกลือแร่ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำ ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำจืดอยู่ระหว่าง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 6.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 35 องศาเซลเซียส ในสภาพความกดดัน 1 บรรยากาศ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528) ปริมาณออกซิเจนจะละลายได้ดีและมีปริมาณมากเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ถ้าอุณหภูมิสูงจะละลายได้น้อย โดยทั่วไปความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำและเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (นันทนา คชเสนี, 2536) และถ้าปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำมีน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลาตายได้ (Boyd, C.E. 1982)

2.1.3.4 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

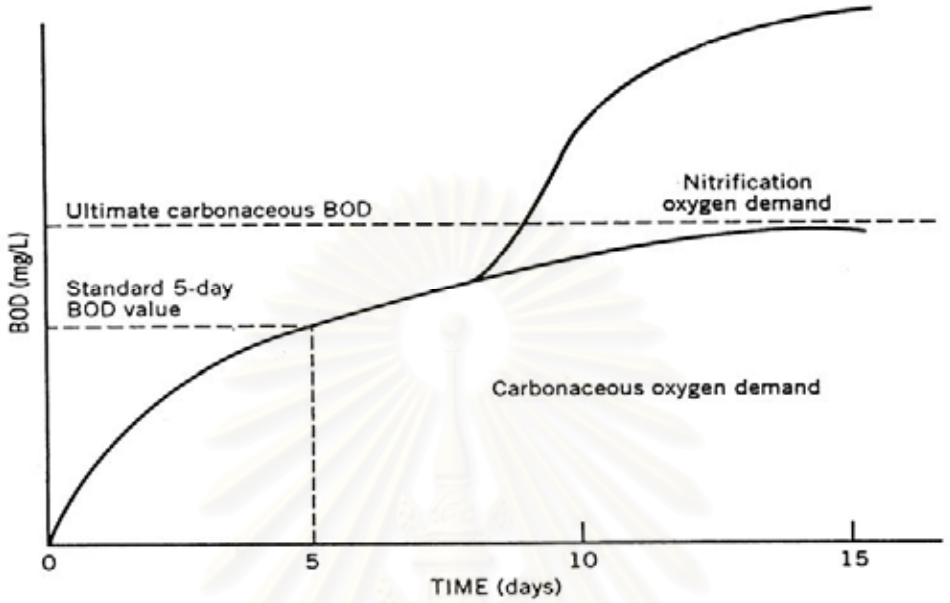
คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน สภาวะมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณ BOD คือ 20°C และเวลา 5 วัน (BOD_5) ค่า BOD จะบ่งบอกถึงลักษณะของน้ำเสียว่ามีสารอินทรีย์มากน้อยเพียงใด และทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดในรูปของการกำจัด BOD (BOD removal) นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการทำ stream survey เพื่อทราบถึงความสกปรกของแม่น้ำลำคลองต่างๆ

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำแสดงได้ดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการออกซิไดซ์สารประกอบคาร์บอน ดังสมการที่1

$$\text{Organic C} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + SO_4^{2-} + NO_3^- \quad \text{.....(1)}$$

ส่วนขั้นที่สองเป็นการออกซิไดซ์ NH_3 ไปเป็น NO_2^- และ NO_3^- ตามลำดับ โดยพวก nitrifying bacteria ซึ่งเป็น autotrophic bacteria แบคทีเรียพวกนี้มีการแบ่งตัวที่ 20°C น้อยมาก ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียพวกนี้ใช้ในช่วงเวลา 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่า BOD

จึงน้อยมากด้วยหลังจาก 10 วันไปแล้ว แบคทีเรียเหล่านี้จึงจะมีจำนวนมากพอที่จะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ NH_3 เพื่อเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- ในที่สุด



รูปที่ 1 ค่า BOD ที่เกิดจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

การวิเคราะห์ค่า BOD ที่นิยมกันทั่วไปเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปทั้งหมดในเวลา 5 วันโดยแบคทีเรียในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์นี้จะเป็นสารอินทรีย์จำพวกคาร์บอน ไม่ใช่สารประกอบอินทรีย์อื่นๆหรือสารอนินทรีย์ใดๆ ในการวิเคราะห์ BOD นั้น ตัวอย่างน้ำทิ้งจะต้องมีแบคทีเรียที่แข็งแรงและมีปริมาณมากพอที่จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีในน้ำทิ้งนั้นๆได้ ถ้ามีน้อยหรือไม่มีเลย ต้องหาแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งนั้นๆได้มาใส่ มิฉะนั้นผลของการวิเคราะห์จะผิดพลาดหรือหา BOD ไม่ได้เลย การวิเคราะห์ทำได้โดยหาปริมาณออกซิเจนที่เริ่มต้น (DO_0) แล้วแช่น้ำตัวอย่างไว้ที่ 20°C เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาตรวจหาปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ (DO_5) ผลต่างที่ได้คือปริมาณ BOD เนื่องจากปริมาณออกซิเจนอิ่มตัว (saturated oxygen concentration)ในน้ำมีปริมาณต่ำ ตัวอย่างเช่น ที่ 20°C มีปริมาณ 9 มก./ล. และยิ่งมีปริมาณน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นถ้ามีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูง จะต้องทำการเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนวิเคราะห์ปริมาณ BOD ผลการทดลองที่ยอมรับได้จะต้องมีปริมาณ DO_5 ไม่ต่ำกว่า 1 มก./ล. และผลต่าง DO_0 และ DO_5 ไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล. การหาค่า BOD ของน้ำแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 Direct method

ใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกน้อยคือ มีค่า BOD_5 ไม่เกิน 7 มก./ล. ส่วนใหญ่เป็นน้ำจากแม่น้ำ วิธีนี้ไม่ต้องทำให้ตัวอย่างเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้ใช้ตัวอย่างน้ำมาหาค่า BOD โดยตรง

วิธีที่ 2 Dilution method

ใช้กับตัวอย่างน้ำที่มีความสกปรกมากเช่น น้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม น้ำเหล่านี้จะมีค่า BOD_5 เกิน 7 มก./ล. ดังนั้นถ้าไม่ทำให้เจือจางลงปริมาณออกซิเจนในตัวอย่างจะไม่พอที่จะใช้ย่อยสารอินทรีย์ในน้ำ ค่า DO_5จะเป็นศูนย์ การเจือจางอาจใช้แบบ %mixture หรือ direct pipetting (ตารางที่ 1) ลงสู่ขวด BOD โดยตรงได้ การเลือกใช้ dilution เท่าใดสำหรับน้ำทิ้งนั้นๆ เราควรจะทราบค่า BOD โดยประมาณก่อน ซึ่งส่วนมากจะประมาณจากค่า COD (คือประมาณ 60 % ของ COD) แล้วพิจารณาค่า dilution ที่จะใช้ตามตารางที่ 1 ตัวอย่างเช่น ถ้าน้ำทิ้งมีค่า COD 1000 มก./ล. ค่า BOD โดยประมาณจะเท่ากับ 600 มก./ล. จากตารางควรเลือกใช้ 1.0 % mixture แล้วจึงเลือก % ตัวอย่าง เจือจางที่สูงกว่าและต่ำกว่าที่อยู่ติดกันอีก 2 อัน เพื่อให้ครอบคลุมค่า BOD ที่ต้องการทราบ

2.1.3.5 COD (Determination of Chemical Oxygen Demand)

ค่า COD หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ เพื่อใช้ในการ oxidize สารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยที่สารอินทรีย์เกือบทั้งหมด (95-100 %) จะถูก oxidize โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรง (Strong oxidizing agent) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ดังสมการที่ 1

$$C_nH_aO_bN_c + (n + a/4 - b/2 - 3/4c)\ O_2 \longrightarrow nCO_2 + (a/2 - 3/2c)\ H_2O + NH_3 \ldots\ldots (1)$$

จะเห็นว่าสมการการเกิดปฏิกิริยาของ COD คล้ายกับ BOD คือสารอินทรีย์ในน้ำจะถูก oxidize จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ต่างกันตรงที่ BOD นั้นใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย ส่วน COD ใช้ตัวเติมออกซิเจน (oxidizer) ดังกล่าวแล้ว โดยปกติค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD ทั้งนี้เพราะสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูก oxidize อย่างสมบูรณ์โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการดูดซึมทางชีวะ (biological assimilation) ของสารเหล่านั้น เช่น กลูโคส ลิกนิน เซลลูโลส โดยเฉพาะ

ถ้าน้ำเสียนั้นมีสารอินทร์ที่ไม่สามารถถูก oxidize ทางชีวะปนอยู่ด้วย จะทำให้ค่า COD สูงกว่าค่า BOD มาก ในกรณีที่น้ำเสียมีสารอินทรีย์บางพวกเช่น straight-chain aliphatic compound, aromatic hydrocarbon, pyridine และ betaine ปะปนอยู่ ซึ่งสารเหล่านี้จะไม่ถูก oxidize ทางเคมีค่า COD จะน้อยกว่าค่า BOD อิออนของสารอินทรีย์บางตัว เช่น halogen (F^-, Cl^-, Br^-), NO^{2-}, S^{2-} และ Fe^{2+} มีผลทำให้ค่า COD มีค่ามากกว่าความเป็นจริง การหาค่า COD จะรู้ผลในเวลาไม่เกิน 3 ชม. ดังนั้นจึงเหมาะในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียเพราะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ทันท่วงที และใช้ในการประเมินค่า BOD อย่างคร่าว ๆ

Strong oxidizing agent ที่ใช้ในการหาค่า COD มีด้วยกันหลายตัวคือ potassium permanganate, ferric sulfate, potassium iodate และ potassium dichromate การหาค่า COD โดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ผลที่น่าเชื่อถือและแน่นอน หลักการของวิธีนี้คือ สารอินทรีย์คาร์บอนจะถูก oxidized โดยโปแตสเซียมไดโครเมตในสภาวะที่เป็นกรดอย่างรุนแรง ดังนั้นจึงใช้การ reflux เพื่อป้องกันการระเหยสูญหายของสารเคมี จากนั้นจึงไทเทรตหาปริมาณโปแตสเซียม-ไดโดรเมตที่เหลืออยู่ด้วย ferrous ammonium sulfate โดยใช้ ferroin เป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาที่เกิดเป็นดังนี้

$$3\text{Org.carbon} + 2\ Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 3CO_2 + 4Cr^{3+} + 8\ H_2O \quad \text{..... (2)}$$

$$Cr_2O_7 + 6Fe^{2+} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad \text{..... (3)}$$

มีการเติม $AgSO_4$ เป็นตัว catalyst เพื่อเร่งปฏิกิริยาการออกซิไดส์ของพวกกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ (straight chain aliphatic) นอกจากนี้ $AgSO_4$ ที่ใส่ไปจะไปทำปฏิกิริยากับ Cl^-, Br^- หรือ I^- ได้ แต่ $AgSO_4$ เป็น catalyst ที่ไม่ได้ผลในการออกซิไดส์สารประกอบพวก aromatic และ pyridine สารรบกวนที่สำคัญคือ Cl^- จึงต้องใส่ $HgSO_4$ ลงไปก่อนเพื่อไปจับกับ Cl^- ให้อยู่ในรูปของ mercuric chloride complex โดยวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีค่า COD ตั้งแต่ 50 มก/ล. ขึ้นไปได้และแน่นอน

การ Reflux มี 2 วิธี คือ แบบเปิด (Open Reflux) และแบบปิด (Closed Reflux) ทั้งสองวิธีการมีหลักการเหมือนกัน ต่างกันตรงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และแบบปิดสารอินทรีย์ที่ระเหยจะสามารถถูกออกซิไดส์ได้มากกว่าระบบเปิด เพราะมีเวลาในการสัมผัสกับสารออกซิไดส์ได้นานกว่า

2.1.3.6 TOC (Total Organic Carbon)

การวิเคราะห์ปริมาณ TOC (Total Organic Carbon) ใช้เครื่องมือ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) คือ เครื่องมือตรวจวิเคราะห์สารด้วยระบบโครมาโทกราฟีของเหลวที่มีสมรรถนะสูง โดยอาศัยการกระจายตัวระหว่างเฟส 2 เฟส โดยเฟสหนึ่งอยู่กับที่ (Stationary phase) คือ คอลัมน์และเฟสหนึ่งเคลื่อนที่ (Mobile phase) เมื่อสารตัวอย่างถูกฉีดเข้าไปในระบบผ่านเข้าคอลัมน์เกิดการแยกออกเป็นสารแต่ละชนิด โดยจะออกจากคอลัมน์ด้วยเวลาที่ไม่เท่ากัน และสารแต่ละชนิดที่แยกออกมาได้จะไหลต่อเนื่องไปสู่ตัวตรวจวัดซึ่งมีหลายชนิดให้เลือกใช้ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่เหมาะสมของสารที่แยกได้ตัวอย่างเช่น UV, Fluorescence, Refractometer หรือ Mass spectrometer Detector เป็นการวิเคราะห์โดยการวัด carbondioxide ที่ได้จากการ oxidation ของ organic carbon ในตัวอย่างหลังจากที่ตัวอย่างได้ acidified และถูก purged เอา TIC ออกแล้ว sodium persulfate (Na2S2O8) ซึ่งเป็น strong oxidizer จะถูกเติมเข้าไปเพื่อทำ ปฏิกิริยากับ organic carbon ในตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เปลี่ยนเป็น carbondioxide เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ carbondioxide จะถูก purged ออกจาก solution ไปสะสมไว้ใน trapping และเข้าสู่ขั้นตอนการ desorbed และถูก purged เข้าสู่ detector เช่นเดียวกัน TIC ผลที่ได้จะถูกวัดออกมาเป็นมวลของ carbon ในรูปของ carbondioxide ซึ่งจะ equivalent กับมวลของ organic carbon ในสารตัวอย่างเริ่มต้น

2.1.3.7 **ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร**

2.1.3.7.1 **ไนโตรเจน** (Nitrogen)

ไนโตรเจนในน้ำมี 3 รูปแบบที่สำคัญ คือ ไนเตรท (Nitrate; NO_3^-) ไนไตรท์ (Nitrite; NO_2^-) และแอมโมเนีย (NH_3) โดยไนไตรท์เป็นสภาวะรูปหนึ่งของไนโตรเจนในวัฏจักรไนโตรเจน โดยไนไตรท์สามารถถูกรีดิวส์ไปเป็นแอมโมเนียในสภาวะไร้ออกซิเจนด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Nitrication (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2540) ไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปของไนไตรท์ และแอมโมเนีย ส่วนไนเตรทเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำหรือสัตว์น้ำ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

ในบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ไนโตรเจนมาจากโปรตีนในอาหารสำเร็จรูป ซึ่งในความเป็นจริงแล้วปริมาณไนโตรเจนในอาหารเพียง 20-30% เท่านั้นที่ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของกุ้ง ส่วนที่เหลือซึ่งมีจำนวนมากก็จะถูกสะสมเป็นสารอินทรีย์อยู่ในดินตะกอน

บริเวณก้นบ่อ เมื่อสารอินทรีย์เกิดการย่อยสลายก็จะปล่อยแอมโมเนียไนโตรเจนออกมาซึ่งมีอิทธิพลต่อขบวนการต่างๆภายในบ่อ เราจะเจอปริมาณแอมโมเนียสูงหลังจากเกิดการบูมของแพลงก์ตอน แอมโมเนียจากดินตะกอนจะมาจากขบวนการแอมโมนิฟิเคชั่นหลังจากแพลงก์ตอนเน่าเปื่อย ในธรรมชาติแอมโมเนียจะเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทโดยขบวนการไนตริฟิเคชั่นสุดท้าย

ไนเตรทก็จะถูกกำจัดออกจากบ่อโดยขบวนการดีไนตริฟิเคชั่น ขบวนการที่กล่าวถึงทั้งหมดจะเกี่ยวข้องกับชนิดของแบคทีเรียที่เจอในบ่อ ดังนั้นจึงวางแผนการศึกษาเพื่อประเมินค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์สูงจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เพื่อที่จะนำผลการศึกษามาอธิบายเกี่ยวกับการควบคุมปริมาณไนโตรเจนภายในบ่อไม่ให้มากจนเกินไปและสามารถนำไปปรับใช้กับการเลี้ยงกุ้งในรุ่นต่อๆไป

2.1.3.7.2 **แอมโมเนีย** (Ammonia)

ส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และกระบวนการย่อยสลาย (Decomposition) สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำ แอมโมเนียที่พบในน้ำมี 2 รูป คือ อัลอิอนแอมโมเนีย (Un-ionized ammonia, NH_3) และแอมโมเนียอิออน (Ammonium ion, NH_4^+)ความเป็นพิษของแอมโมเนียที่มีต่อสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากสัตว์น้ำไม่สามารถขับแอมโมเนียที่สะสมภายในร่างกายออกสู่ภายนอกได้ นอกจากนี้แอมโมเนียยังสามารถทำลายเหงือกสัตว์น้ำได้อีกด้วย ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนออกซิเจนเข้าสู่ภายในร่างกายลดลง โดยปกติแล้วแอมโมเนียอิออน (NH_4^+ไม่เป็นพิษต่อกุ้ง เพราะไม่สามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้ การเกิดแอมโมเนียทั้ง 2 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับความสมดุลของอุณหภูมิกับ pH โดย pH จะเป็นปัจจัยสำคัญกว่าอุณหภูมิ วามเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำสูงขึ้น อัลอิออนแอมโมเนียจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia) ไม่ควรเกิน 1 มิลลิลกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

2.1.3.7.3 **ไนไตรต์** (Nitrite)

เป็นสารตัวกลางที่ได้จากขบวนการ Nitrification ของแอมโมเนีย โดยมีแบคทีเรียชนิด *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrobactor* sp. เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำความเป็นพิษของไนไตรท์ในกุ้ง *Penaeus monodon* ระยะ zoae ที่ 24 ชม. Lethal Concentration (LC-50)

เท่ากับ 13.20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลไนไตรท์มีไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (Chen and Chin, 1988)

2.1.3.7.4 **ไนเตรท** (Nitrate)

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในวัฏจักรไนไตรเจน ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำอาจเพิ่มเป็น 2.26-4.52 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา และอาจเพิ่มสูงถึง 500 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงแบบปิดหมุนเวียน เป็นที่ยอมรับว่าระดับของไนเตรทสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรเกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ความเป็นพิษของไนเตรทในกุ้งกุลดำระยะวัยรุ่นที่ความเค็มต่าง ๆ กัน พบว่า ระดับปลอดภัยที่ 15, 25, และ 35 ส่วนในล้าน เท่ากับ 145, 158, 232 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ (Tsai and Chen, 2002)

2.1.3.7.5 **ฟอสฟอรัส** (Phosphorus; PO_4^{3-})

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ โดยทั่วไปฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดิน ซึ่งจะปล่อยออกมาในรูปที่ละลายน้ำโดยการชะล้าง พืชและสัตว์จะนำเอาไปใช้ในการเจริญเติบโต และเมื่อพืชและสัตว์ตายลงปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในร่างกายก็จะถูกย่อยสลายกลับลงสู่พื้นดิน ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พบมากในรูปของออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ปัจจุบันปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีทางการเกษตร ยาฆ่าแมลง และยากำจัดศัตรูพืชหลายชนิดมีส่วนประกอบของฟอสฟอรัสอยู่ด้วย แต่จะทำให้เกิดปัญหาตามมาคือ ธาตุอาหารฟอสฟอรัสทำให้เกิดไซยาโนแบคทีเรีย ซึ่งจะทำให้มีการแพร่พันธุ์และเจริญเติบโตของพืชน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชมากเกินไป ซึ่งจะสร้างสารพิษออกมาจนเป็นอันตรายและทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดน้อยลง หรือมีการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็วซึ่งจะเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดภาวะเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำหรือเรียกว่า Eutrophication ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อผลผลิตในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำคือ 0.2 ppm. (สุภาพร สุกสีเหลือง, 2538) ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณอาหารธรรมชาติมากเกินไป และในแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการควบคุมและป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำจึงได้กำหนดมาตรฐานเกณฑ์คุณภาพน้ำโดยไม่ควรจะมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.3.7.6 **โพแทสเซียม** (K)

ธาตุโพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้ มีกำเนิดมาจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปอนุมูลบวก หรือโพแทสเซียมไอออน เท่านั้นที่พืชจะดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ถ้าธาตุโพแทสเซียมยังคงอยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกมาเป็นอนุมูลบวกพืชก็ยังดึงดูด ไปใช้เป็นประโยชน์อะไรไม่ได้ อนุมูลโพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน หรือดูดยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวก็ได้

2.1.4 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า (grass) อยู่ในวงศ์ Graminea ในสกุล Oryza มีทั้งหมด 20 ชนิด (species) มีลำต้นเป็นไม้ล้มลุก (herbaceous หรือ non-woody plant) และส่วนใหญ่เป็นพืชหญ้าล้มลุกที่มีอายุได้เพียงปีเดียว (annual grass) มีใบเป็นชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) มีรากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) สามารถจะเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน (tropical zone) ซึ่งเป็นเขตมรสุม แต่ก็มีความสามารถเจริญเติบโตได้ดี แม้ในเขตอบอุ่น (temperate zone) ข้าวที่มนุษย์เราได้นำมาปลูกไว้เพื่อใช้บริโภคนั้นอาจแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวก คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* L) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaverrima* Steud) ข้าวอื่นนอกจากข้าว 2 สกุลนี้แล้ว อาจจัดไว้เป็นพวกข้าวป่า (wild rice) (จำรัส โปร่งศิริวัฒนา, 2534)

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นข้าวเจ้า ได้จากการผสม 3 ทาง ระหว่างสายพันธุ์ IR13146-158-1 และสายพันธุ์ IR15314-43-2-3-3 กับ BKN6995-16-1-1-2 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท เมื่อ พ.ศ. 2525 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ CNTBR82075-43-2-1 คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตรมีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 9 กันยายน 2536 เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อแสง ความสูงเฉลี่ย 113 เซนติเมตร ทรงกอตั้งตรง ฟางแข็ง คอรวงสั้น รวงยาว แน่น ระแง้ดี มีความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรค ใบหงิก (จู๋) โรคใบไหม้ ตอบสนองต่อปุ๋ย ไนโตรเจน (N) สูง มีอายุการเก็บเกี่ยว 120 วัน

2.1.5 หลักสำคัญในการทำนา

ขบวนการทำนาอาจแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการนวดข้าว หลังจากนั้นข้าวเปลือกจะถูกนำไปกักเก็บหรือนำไปสีหรือเข้าสู่วิถีการตลาดต่อไป สำหรับวิธีการปลูกข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ วิธีแรก เป็นการปลูกด้วยเมล็ดโดยตรงซึ่งได้แก่ การทำนาหยอด และการทำนาหว่าน วิธีที่สอง เป็นการเพาะเมล็ดในที่หนึ่งก่อนแล้วจึงนำต้นอ่อนไปปลูกในที่อื่น ซึ่งได้แก่ การทำนาดำ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูก

- เป็นที่ราบลุ่ม สามารถควบคุมระดับน้ำได้ดี
- ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงถึงปานกลางและสามารถอุ้มน้ำได้ดี
- ดินมีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.0-6.5
- ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร
- อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตประมาณ 20-33 องศาเซลเซียส
- มีแสงแดดจัด
- มีน้ำเพียงพอสำหรับใช้ตลอดฤดูปลูก

ที่มา ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต กาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.5.1 การเตรียมดิน

2.1.5.1.1 การไถดะ เป็นการไถครั้งแรกตามแนวยาวของพื้นที่กระทงนา (กรณีที่แปลงนาเป็นกระทงย่อยๆ หลายกระทงในหนึ่งแปลงนา) เมื่อไถดะจะช่วยพลิกดินเพื่อให้ดินชั้นล่างได้ขึ้นมาสัมผัสอากาศ ออกซิเจน และเป็นการตากดินเพื่อทำลายวัชพืช โรคพืชบางชนิด การไถดะจะเริ่มทำเมื่อฝนตกครั้งแรกในปีฤดูกาลใหม่ หลังจากไถดะจะตากดินเอาไว้ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์

2.1.5.1.2 **การไถแปร** หลังจากที่ตากดินเอาไว้พอสมควรแล้ว การไถแปรจะช่วยพลิกดินที่กลบเนื่องจากเกิดจากการไถดะพลิกขึ้นมาอีกครั้ง เพื่อทำลายวัชพืชที่ขึ้นใหม่ และเป็นการย่อยดินให้มีขนาดเล็กลง จำนวนครั้งของการไถแปรจึงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัชพืช ลักษณะดินและระดับน้ำ ในพื้นที่ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนด้วย แต่โดยทั่วไปแล้วจะไถแปรเพียงครั้งเดียว

2.1.5.1.3 **การคราด** เพื่อเอาเศษวัชพืชออกจากกระทงนา และย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงอีก จนเหมาะแก่การเจริญของข้าว ทั้งยังเป็นการปรับระดับพื้นที่ให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อสะดวกในการควบคุม ดูแลการให้น้ำ

2.1.5.2 **การปลูก**

การปลูกข้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง ได้แก่ การทำนาหยอดและนาหว่าน และ การเพาะเมล็ดในที่หนึ่งก่อน แล้วนำต้นอ่อนไปปลูกในที่อื่นๆ ได้แก่ การทำนาดำ

2.1.5.2.1 **การทำนาหยอด**

การทำนาหยอด เป็นวิธีการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำฝน หยอดเมล็ดข้าวแห้งลงไปในดินเป็นหลุมๆ หรือโรยเป็นแถวแล้วกลบฝังเมล็ดข้าว เมื่อฝนตกลงมาดินมีความชื้น

พอเหมาะ เมล็ดก็จะงอกเป็นต้น นิยมทำในพื้นที่ข้าวไร่ หรือนาในเขตที่การกระจายของฝนไม่แน่นอน แบ่งเป็น 2 สภาพ ได้แก่

- นาหยอดในสภาพข้าวไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่มักเป็นที่ลาดชัน เช่น ที่เชิงเขา เป็นต้น ปริมาณน้ำฝนไม่แน่นอน สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่สามารถเตรียมดินได้ จึงจำเป็นต้องหยอดข้าวเป็นหลุม

- นาหยอดในสภาพที่ราบสูง เช่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขาหรือหุบเขา การหยอดอาจหยอดเป็นหลุมหรือใช้เครื่องมือหยอด หรือโรยเป็นแถวแล้วคราดกลบ นาหยอดในสภาพนี้ให้ผลผลิตสูงกว่านาหยอดในสภาพไร่มาก

2.1.5.2.2 **การหว่านข้าวแห้ง**

แบ่งตามช่วงระยะเวลาของการหว่านได้ 3 วิธี คือ

ก) การหว่านหลังขี้ไถ ใช้ในกรณีที่ฝนมาล่าช้าและตกชุก มีเวลาเตรียมดินน้อย จึงมีการไถดะเพียงครั้งเดียวและไถแปรอีกครั้งหนึ่ง แล้วหว่านเมล็ดข้าวลงหลังขี้ไถ เมล็ดพันธุ์อาจเสียหายเพราะหนู และอาจมีวัชพืชในแปลงนามาก

ข) การหว่านคราดกลบ เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด จะทำหลังจากที่ไถแปรครั้งสุดท้ายแล้วคราดกลบ จะได้ต้นข้าวที่งอกสม่ำเสมอ

ค) การหว่านไถกลบ มักทำเมื่อถึงระยะเวลาที่ต้องหว่าน แต่ฝนยังไม่ตกและดินมีความชื้นพอควร หว่านเมล็ดข้าวหลังขี้ไถแล้วไถแปรอีกครั้ง เมล็ดข้าวที่หว่านจะอยู่ลึกและเริ่มงอกโดยอาศัยความชื้นในดิน

2.1.5.2.3 **การหว่านข้าวงอก (หว่านน้ำตม)** เป็นการหว่านเมล็ดข้าวที่ถูกเพาะให้รากงอกก่อนที่จะนำไปหว่านในที่ที่มีน้ำท่วมขัง เพราะหากไม่เพาะเมล็ดเสียก่อน เมื่อหว่านแล้วเมล็ดข้าวอาจเน่าเสียได้ การเพาะข้าวทอดกล้า ทำโดยการเอาเมล็ดข้าวใส่กระบุง ไปแช่น้ำเพื่อให้เมล็ดที่มีน้ำหนักเบาหรือลีบลอยขึ้นมาแล้วคัดทิ้ง แล้วนำเมล็ดถ่ายลงในกระบุงที่มีหญ้าแห้งกรุไว้หมั่นรดน้ำเรื่อยไป อย่าให้ข้าวแตกหน่อ แล้วนำไปหว่านในที่นาที่เตรียมดินไว้แล้ว วิธีการการปลูกข้าวโดยการหว่านข้าวแห้งหรือหว่านสำรวย

2.1.5.3 **การใส่ปุ๋ย**

ข้าวที่ปลูกในช่วงฝนแล้ง เป็นการปลูกข้าวล่าช้ากว่าฤดูกาลมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใส่ปุ๋ยช่วยเร่งให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตได้เต็มที่ จึงจะทำให้ได้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกับการทำนาดำตามฤดูกาลปกติ

2.1.5.3.1 **การใส่ปุ๋ยครั้งที่** 1

ในพื้นที่ดินเหนียวให้ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0, 18-22-0 หรือ 20-20-0 สูตรใดสูตรหนึ่งในอัตราไร่ละ 25 กก. ในดินทรายให้ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 ในอัตราไร่ ละ 25 กก. โดยใส่ปุ๋ยหลังจากข้าวงอกแล้ว 5-6 วัน

2.1.5.3.2 **การใส่ปุ๋ยครั้งที่** 2

ให้ใส่ปุ๋ยหลังจากข้าวงอกแล้ว 40-45 วัน โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต หรือแอมฮมเนียมคลอไรด์ไร่ละ 25-30 กก. หรือปุ๋ยยูเรียไร่ละ 10-15 กก. ในการใส่ปุ๋ยควรจะคำนึงถึงว่าดินจะต้องเปียกแฉะหรือมีน้ำขังไม่ควรเกิน 20 เซ็นติเมตร ถ้าหากดินแห้งหรือระดับน้ำมาก กว่านี้ ให้เลื่อนการใส่ปุ๋ยออกไปมิฉะนั้นจะทำให้การใช้ปุ๋ยไม่มีประสิทธิภาพ เกิดการสูญเสียปุ๋ย ทำให้ต้นข้าวได้รับปุ๋ย ไม่พอเพียง ผลผลิตจะต่ำ

2.1.5.4 **การเก็บเกี่ยว**

หลังจากที่ข้าวออกดอกหรือออกรวงประมาณ 20 วัน ชาวนาจะเร่งระบายน้ำออกเพื่อเป็นการเร่งให้ข้าวสุกพร้อมๆ กัน และทำให้เมล็ดมีความชื้นไม่สูงเกินไป จะสามารถเก็บเกี่ยวได้หลังจากระบายน้ำออกประมาณ 10 วัน ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว เรียกว่าระยะพลับพลึง คือสังเกตที่ปลายรวงจะมีสีเหลือง กลางรวงเป็นสีตองอ่อน การเก็บเกี่ยวในระยะนี้จะได้เมล็ดข้าวที่มีความแข็งแกร่ง มีน้ำหนัก และมีคุณภาพในการสี

2.1.5.4.1 **การนวดข้าว** หลังจากตากข้าว ชาวนาจะขนเข้ามาในลานนวด จากนั้นก็นวดเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง บางแห่งใช้แรงงานคน บางแห่งใช้ควายหรือวัวย่ำ แต่ปัจจุบันมีการใช้เครื่องนวดข้าวมาช่วยในการนวด

2.1.5.4.2 **การเก็บรักษา**

- เมล็ดข้าวที่นวดฝัดทำความสะอาดแล้วควรตากให้มีความชื้นประมาณ 14% จึงนำเข้าเก็บในยุ้งฉาง ยุ้งฉางที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

- อยู่ในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก การใช้ลวดตาข่ายกั้นให้มีร่องระบายอากาศกลางยุ้งฉางจะช่วยให้การถ่ายเทอากาศดียิ่งขึ้น คุณภาพเมล็ดข้าวจะคงสภาพดีอยู่นาน

- อยู่ใกล้บริเวณบ้านและติดถนน สามารถขนส่งได้สะดวก

- เมล็ดข้าวที่จะเก็บไว้ทำพันธุ์ ต้องแยกจากเมล็ดข้าวบริโภค โดยอาจบรรจุกระสอบ มีป้ายบอกวันบรรจุ และชื่อพันธุ์แยกไว้ส่วนใดส่วนหนึ่งในยุ้งฉาง เพื่อสะดวกในการขนย้ายไปปลูก

- ก่อนนำข้าวเข้าเก็บรักษา ควรตรวจสภาพยุ้งฉางทุกครั้ง ทั้งเรื่องความะอาดและสภาพของยุ้งฉาง ซึ่งอาจมีร่องรอยของหนูกัดแทะจนทำให้นกสามารถรอดเข้าไปจิกกินข้าวได้ รูหรือร่องต่าง ๆ ที่ปิดไม่สนิทเหล่านี้ต้องได้รับการซ่อมแซมให้เรียบร้อยก่อน

2.1.6 **การเจริญเติบโตของต้นข้าว**

การเจริญเติบโตของต้นข้าวตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดจนถึงขั้นที่แก่เก็บเกี่ยวได้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะ การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ และระยะการเจริญเติบโตทางด้านเมล็ด การแบ่งระยะการเจริญเติบโตของข้าวอาจแตกต่างกันในรายละเอียดตามชนิดของพันธุ์ข้าวและวิธีการปลูก อย่างไรก็ตาม วงจรชีวิต (life circle) ของข้าวจะมีกระบวนการและลำดับขั้นตอนในการเจริญเติบโตที่แน่นอน กล่าวคือ เริ่มงอก

จากเมล็ดเจริญเป็นต้นอ่อน หลังจากนั้นจะแตกกอออกรวง มีการผสมเกสรเจริญเติบโตเป็นเมล็ด และเมล็ดแก่พอที่จะขยายพันธุ์หรือเก็บเกี่ยวได้ (อัมมาร สยามวาลา และวิโรจน์ ณ ระนอง, 2533)

2.1.7 ธาตุอาหารของข้าว

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับข้าวมีอยู่ 16 ธาตุ ถ้าขาดธาตุอาหารเหล่านี้เพียงชนิดเดียว การเจริญเติบโตของข้าวจะหยุดชะงัก และแสดงอาการขาดธาตุอาหารชนิดนั้น ในที่นี้ธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวจะกล่าวถึงเฉพาะ ธาตุอาหารหลัก และธาตุเสริมประโยชน์ เท่านั้น

2.1.7.1 ธาตุอาหารหลัก

ธาตุอาหารหลักเป็นธาตุอาหารที่พืชมีความต้องการเป็นปริมาณมากเพื่อนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ถ้าขาดธาตุอาหารหลัก พืชไม่เจริญเติบโตและแสดงอาการขาดธาตุนั้นๆ สามารถจะแก้ได้ด้วยการเติมธาตุอาหารที่ขาดแคลนลงไปในดินให้พืชดูดดึงไปใช้ประโยชน์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติ โดยทั่วไปแล้วดินมักจะขาดธาตุเหล่านี้เสมอ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักให้กับดิน ซึ่งธาตุอาหารหลักประกอบด้วย 3 ธาตุ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

2.1.7.2 ไนโตรเจน (N)

ไนโตรเจน (N) นับเป็นธาตุอาหารหลักของพืช มีความสำคัญและมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน (Amio acid) โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และครอโรฟิล สารเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาโบลิซึม (Metabolism) ของพืช ทำให้พืชสร้างใบ แตกกอ ความสูง และการเจริญเติบโตทางลำต้น รวมทั้งทำให้ใบพืชมีสีเขียว (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543) รูปที่เป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่ข้าวสามารถดึงดูดไปใช้ได้คือ แอมโมเนีย (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-) และรูปของยูเรีย หรือ เอมีน ($R\text{-}NH_2$) ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่ได้รับจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ น้ำฝน จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินและการใส่ปุ๋ยให้กับดิน อาจได้มาจากปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีการสูญเสียจากดินได้ง่าย โดยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ Denitrification leaching และ Runoff เป็นต้น รวมทั้งระเหยสู่บรรยากาศในรูปของแก๊สต่างๆ และมักพบการขาดไนโตรเจนในดินที่ปลูกพืช

โดยทั่วไป เพราะพืชส่วนใหญ่โดยเฉพาะข้าวมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมาก และในดินนาเองมีปริมาณไม่เพียงพอ (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511)

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อข้าว คือ ในระยะแรก ทำให้ข้าวตั้งตัวเร็ว ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ทำให้ข้าวมีสีเขียว ช่วยควบคุมการออกดอก เพิ่มปริมาณโปรตีน โดยไนโตรเจนจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตให้เป็นโปรตีน และทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น ช่วยลดความเป็นพิษของอลูมิเนียม แมงกานิส ที่ละลายออกมามากในดินกรด และมีบทบาทสำคัญในการแตกกอของต้นข้าว ทั้งนี้ในระยะแรกของการเจริญเติบโต (Early growth stage) ต้นข้าวจะดูดดึงไนโตรเจนเพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้น และช่วงระยะหลังการเจริญเติบโต (Later growth stage) ไนโตรเจนที่ถูกดูดดึงจะนำไปใช้สำหรับการสร้างเมล็ด (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; อรรถวุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981; Mikkelsen, 1970; Yoshida, 1981)

ไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อความสูง ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต (จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด) และน้ำหนักแห้งของข้าวรุ่นหลักเพิ่มขึ้น (สมศักดิ์ ศิริพานิชเจริญ, 2535; Mikkelsen, 1970) เมื่อดินนาขาดไนโตรเจนมีผลกระทบต่อข้าว คือ บริเวณใบของต้นข้าวจะยาวและกว้างกว่าปกติ แต่ใบบางลง ใบจึงอ่อนและโค้ง สังเกตสีเหลืองที่ปลายใบอ่อนและเส้นกลางใบ การแตกกอและการเจริญทางด้านความสูงจะหยุดชะงักลง และถ้าขาดไนโตรเจนมากๆ ต้นข้าวทั้งต้นจะเหลือง ผอม ใบเล็กแหลม ไม่มีการแตกกอ หากเกิดขึ้นในระยะตั้งท้องจะทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง และน้ำหนักเมล็ดจะน้อยลงส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ลดน้อยลง (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; ยงยุทธ โอสถสภา, 2547; Yoshida and Ancajas, 1969) หากได้รับไนโตรเจนปริมาณมากเกินไปตั้งแต่ระยะแรกนั้นส่วนตำต้นจะเจริญเติบโตได้เร็ว แต่รากเจริญเติบโตช้า ลำต้นสูงชะลูด มีสีเขียวจัด แตกกอมาก ลำต้นอ่อนแอและทำให้ล้มง่าย ความต้านทานต่อโรคและเมล็ดลดลง ข้าวสุกแก่และเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่าปกติ เพราะไนโตรเจนจะทำให้ข้าวเจริญเติบโตไปเรื่อยๆ ผลผลิตข้าวที่ได้จะน้อยกว่าปกติ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมากกว่า ส่งผลให้ต้นข้าวไม่ออกดอกอีกด้วย (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981)

2.1.7.3 **ฟอสฟอรัส** (P)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในดินส่วนใหญ่มีธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช อีกทั้งฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถูกตรึงหรือเปลี่ยนรูปได้ง่าย กลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืชลดลง ในดินจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ

ของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม พื้นที่ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยทั่วไปจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยเฉลี่ยประมาณ 0.06% ขณะที่ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนและโปรแทสเซียมเป็น 0.14 และ 0.83% ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ฟอสฟอรัสในดินปรากฏในรูปของสารประกอบที่เรียกว่า ออโธฟอสเฟต หรือเมื่อมีการแตกตัวออกไป จะเรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ฟอสฟอรัสในสารละลายดินเป็นไอออนของกรดออโธฟอสฟอริก (H_3PO_4) รูปของแอนไอออนจึงมีได้สองแบบขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลายดิน กรณีที่ pH ของดินต่ำกว่า 6.8 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในรูป คือ $H_2PO_4^-$ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพืชดูดดึงไปใช้ได้ง่ายที่สุด และ pH ของดิน ระหว่าง 6.8-7.2 จะอยู่ในรูป HPO_4^{2-} มาก ซึ่งพืชดูดดึงได้ช้ากว่ารูป $H_2PO_4^-$ แต่ถ้า pH ของดินสูงกว่า 7.2 จะมี PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ซึ่งพืชดูดดึงไปใช้ได้ยาก เมื่อพืชดูดดึงฟอสเฟตไอออนเข้าไปในเยื่อพืชแล้วจะไม่ผ่านกระบวนการรีดักชั่นเพื่อเปลี่ยนรูปเหมือนไนเตรตหรือซัลเฟต แต่คงอยู่ในรูปของฟอสเฟตเหมือยเดิมในสองสภาพ คือ อนินทรีย์ฟอสเฟต และองค์ประกอบในสารอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม พืชต้องการฟอสฟอรัส 0.3 – 0.5 % (โดยน้ำหนักแห้ง) เพื่อให้การเจริญเติบโตในระยะวัฒนภาค (Vegetative stage) เป็นไปตามปกติ สำหรับระดับที่ถือว่าเป็นพิษ คือ สูงกว่า 1% (โดยน้ำหนักแห้ง) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544; ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของพลังงาน (ATP) ในพืช มีความสำคัญต่อการสร้างอาหารในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ฟอสฟอรัสช่วยในการสร้างดอก การผสมเกสร การติดเมล็ด การสร้างความแข็งแรงของรากและลำต้น การสุกของผลผลิตของพืช สำหรับบทบาทหน้าที่ของฟอสฟอรัสต่อข้าว คือ ต้นข้าวต้องการฟอสฟอรัสในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต เนื่องจากช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของรากข้าวในส่วนของรากฝอย รากแขนงและลำต้น วึ่งทำให้ลำต้นไม่ล้มง่าย ช่วยเร่งการเจริญเติบโตทำให้ออกดอกได้เร็ว ช่วยดูดดึงโพแทสเซียม และควบคุมสมดุลไนโตรเจนของราก และทำให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพดีขึ้น (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; Yoshida, 1981)

การขาดฟอสฟอรัสของพืช พืชจะมีใบสีเขียวเข้ม ปลายใบสีม่วง ลำต้นแคระแกรน ไม่ออกดอก ใบเสื่อมอายุและร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตเมล็ดต่ำ สำหรับในข้าวจะมีลำต้นแคระแกรน มีทรงพุ่มแตกต่างจากต้นข้าวปกติ การพัฒนาการของรากจะเป็นไปอย่างช้า ทำให้ต้นข้าวล้มง่าย ใบด้านล่างๆ ของข้าวเริ่มมีสีม่วงแกมเขียว การแตกกอจะลดลง การสุกแก่จะช้ากว่าปกติ เพราะออกดอกช้า ส่งผลกระทบต่อการสร้างเมล็ดทำให้เมล็ดที่ได้มีขนาดเล็ก

และน้ำหนักเบา โดยทั่วไปแก้ปัญหาโดยการใช้ปุ๋ยสูตรเดี่ยว ซูเปอร์ฟอสเฟต หรือทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต หรือปุ๋ยผสม สูตรที่มีธาตุอาหารเป็นตัวอย่างที่มีปริมาณสูง เช่น 12-24-6 เป็นต้น (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; Barry and Miller, 1989 อ้างใน ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) แต่ถ้าต้นข้าวได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป จะส่งผลต่อการดูดซึมธาตุสังกะสี (Zn) ลดลง การแตกกอลดลง ส่วนต่างๆ ของต้นข้าวจะมีสีเหลือง โดยเริ่มปรากฏระหว่างเส้นใบใกล้กับปลายใบ ทำให้ข้าวสุกแก่ช้าและผลผลิตต่ำ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981)

2.1.7.4 **โพแทสเซียม** (K)

โพแทสเซียม เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแร่และหิน เป็นวัตถุต้นกำเนิดของดินหลายชนิด ในดินโดยทั่วไปมีธาตุโพแทสเซียมกระจายทั่วไปทั้งดินชั้นบนดินชั้นล่างและพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลัก และมีความสำคัญสำหรับพืชอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอนุมูลของเกลือที่ละลายได้ ไม่เกิดการแปรสภาพเป็นสารประกอบอื่นๆ และสามารถเคลื่อนที่ได้ในพืช ในทำนองเดียวกับไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และพบว่าดินนาบางพื้นที่มีองค์ประกอบของดินเป็นแร่ดินเหนียวประเภทอิลไลต์หรือมอลต์มอริลโลไนต์ ซึ่งเป็นแหล่งที่สำคัญของโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยจะดูดซับโพแทสเซียมไว้ และสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ดินเหล่านี้จึงมีความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียม จึงจำเป็นไม่ต้องให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินนาเหล่านี้ ปุ๋ยที่ใช้จึงเป็นปุ๋ยสูตร 16-20-0 เป็นต้น (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544)

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สำคัญในโครงสร้างของเอนไซม์ที่สำคัญมากกว่า 30 ชนิด โพแทสเซียมทำให้กระบวนการต่างๆ ในต้นข้าวสมบูรณ์ขึ้น ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตทำให้ต้นข้าวแข็งแรงไม่ล้ม สามารถต้านทานโรคและแมลงได้ดีขึ้น ช่วยสร้างคาร์โบไฮเดรตทำให้เมล็ดข้าวสมบูรณ์ มีเมล็ดขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักดี และส่งเสริมการพัฒนาการของรากข้าวช่วยให้รากดูดน้ำได้ดีขึ้น ส่งผลให้ต้นข้าวสามารถทนแล้งได้ดี (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981) นอกจากนี้ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ จำเป็นต่อการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารและสารบางชนิดในการควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543)

โพแทสเซียมมีผลอย่างเด่นชัดเกี่ยวกับจำนวนดอกและเปอร์เซ็นเมล็ดดีต่อรวงข้าว โดยรวงจะนำไปสร้างดอก สร้างเมล็ด และทำให้ละอองเกสรแข็งแรงมากกว่าการแตกกอ ซึ่งมีผลสอดคล้องกับอิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมที่เติมลงในดินนามีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิตของข้าว

เพิ่มขึ้น คือ จำนวนรวงต่อตารางเมตร เปอร์เซ็นเมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น (Mondal, Dasmahapatra and Chatterju, 1982) โดยที่โพแทสเซียมจะช่วยให้ใบธงของข้าวสามารถดำเนินกิจกรรมทางกระบวนการทางสรีรวิทยาได้ดี มีผลทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น (Ishizuka and Tanaka, 1951; Kiuchi and Ishizaka, 1961) รวมทั้งความสูงของต้นข้าวจะเพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ไม่มีผลต่อการแตกกอของข้าว (Feng and Saldana, 1978; Ismunadji and Parlohasdjono, 1979)

ต้นข้าวที่ขาดโพแทสเซียมจะมีอาการใบเป็นสีเหลือง และน้ำตาลเข้มคล้ายสนิมที่ปลายใบและขอบใบ โดยเริ่มจากปลายใบเข้าสู่กลางใบ จนในที่สุดส่วนที่เป็นสีน้ำตาลจะแห้งและเหี่ยว ต้นข้าวจะเตี้ย แคระแกรน ความต้านทานต่อโรคและแมลงลดลง ลำต้นอ่อนและหักล้มง่าย รวงข้าวสามารถโผล่จากกาบใบได้บางส่วนเท่านั้น เมล็ดข้าวมีขนาด และจำนวนต่อรวงลดลง รวมทั้งมีน้ำหนักเบาผิดปกติ โดยทั่วไปดินนาที่เป็นดินเหนียวจะมีธาตุโพแทสเซียมอยู่มากเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว แต่ถ้าเป็นดินทรายจะขาดโพแทสเซียม เพราะดินทรายไม่สามารถยึดติดกับอนุภาคของดินได้ดีเท่ากับดินเหนียว เนื่องจากดินทรายมีอินทรียวัตถุต่ำ ในการปลูกข้าวในนาที่เป็นดินทรายจึงจำเป็นที่จะต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความเป็นพิษเนื่องจากเหล็กอีกด้วย หากต้นข้าวได้รับธาตุโพแทสเซียมมากเกินไป จะทำให้การสุกแก่ของข้าวช้ากว่าปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981)

2.1.8 แหล่งธาตุอาหารหลัก-เสริม และการให้อาหาร/การใส่ปุ๋ย

แหล่งธาตุอาหารของข้าวตามปกติแล้ว มักจะนึกถึงปุ๋ยเคมี ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักสูง และอยู่ในรูปที่ส่มารถใช้ประโยชน์ได้ทันที ขณะเดียวกันน้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม มีองค์ประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก และธาตุเสริมประโยชน์ของข้าวล้วนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวได้

2.1.8.1 ธาตุอาหารหลัก

ก) ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic Fertilizer)

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้มาจากธรรมชาติ จากเศษซากพืช และสัตว์ที่ตายแล้ว ตลอดจนสิ่งขับถ่ายออกมาจากสัตว์ การหมักขยะหรือการไถกลบพืชสด หรือพืชตระกูลถั่วจนเน่า

เปื่อย ปุ๋ยที่ได้มาจากอินทรีย์สารที่ผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีต่างๆ และก่อนนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อพืชจะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางชีวภาพเสียก่อน ปุ๋ยอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ตามความหมายของพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 นั้นเน้นความหมายหนักไปในลักษณะของปุ๋ยหมักกล่าวคือ เป็นปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์วัตถุซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้เป็นชิ้น สับ บด หมัก ร่อน หรือวิธีการอื่น แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยอิทรีย์ในดิน Hayes และ Swift (1978) รายงานว่า สารอินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินตามกระบวนการฮิวมิฟิเคชั่น (humification) ทำให้เกิดชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กลงจนเป็นสารที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้อีก เรียกว่า ฮิวมัส (humus) ซึ่งมีความหมายถึง สารอินทรีย์ (organic material) ในดินนั่นเอง (Stevenson, 1982) ฮิวมัสเป็นสารที่มีสีดำหรือสีน้ำตาลดำ ไม่มีรูปพรรณสัณฐาน (amorphous) มีโครงร่างไม่แน่นอน และมีสภาพเหมือนกับคอลลอยด์ดิน (soil colloid) ซึ่งมีผลทำให้ค่าความจุแคตไอออน (CEC) ในดินสูงขึ้น นอกจากนี้สารฮิวมัสยังประกอบด้วยกลุ่มคาร์บอกซี่ (carboxy : COOH) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ที่มีอยู่ในดิน ซึ่งกระบวนการต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม (ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, 2529) ในช่วงระหว่างการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวยังมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้

ปุ๋ยอินทรีย์มีลักษณะ 2 ประการคือ

1) มีลักษณะเป็นปุ๋ย คือสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้กับดิน เป็นปุ๋ยที่มีธาตุอารอยู่ครบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจนที่สำคัญที่สุด

2) เป็นวัสดุปรับปรุงดิน คือ ทำให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินดีขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน คือ ช่วยให้เกิดเม็ดดินโดยอินทรีย์สารจะช่วยเพิ่มความเสถียรของเม็ดดิน ทำให้ดินระบายอากาศ และดูดยึดน้ำได้อย่างเหมาะสม จึงทำให้สามารถช่วยลดการพังทลายและการถูกชะล้างของดินได้ ทำให้ดินมีความหนาแน่นพอเหมาะจึงทำให้ดินไถพรวนได้ง่ายและมีสภาพเหมาะแก่การเจริญเติบโตของรากพืช ในด้านของการช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน คือปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่ม ซีอีซี (Cation Exchange Capacity, CEC) แก่ดิน ทำให้ดินสามารถดูดซับธาตุอาหารไว้ได้มาก เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์เมื่อถูกย่อยสลายแล้วจะได้ฮิวมัสซึ่งมีประจุลบ ดังนั้น จึงสามารถดูดซับธาตุอาหารประเภทประจุบวก เช่น แอมโมเนีย โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ได้มากยิ่งขึ้น และยังเพิ่มความจุบัฟเฟอร์ (buffer

capacity) แก่ดิน ทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงในด้านความเป็นกรด เป็นด่าง ความเค็ม ความเป็นพิญจากยากำจัดศัตรูพืชและโลหะหนักที่ใส่ลงไปในดิน ให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป

ปุ๋ยอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

- ปุ๋ยคอก คือ มูลสัตว์ต่างๆ เช่น วัว ควาย หมู เป็ด ไก่ ค้างคาว ที่นำมาใส่ให้กับดิน ปริมาณธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยคอกนั้นไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุของสัตว์ และวิธีการเลี้ยงตลอดจนการเก็บรักษาอีกด้วย ปุ๋ยคอกเมื่อใส่ลงในดินแล้วจะสลายตัวได้ง่ายและรวดเร็วให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม หลังจากที่สลายตัวเต็มที่แล้วก็จะเหลือสารอินทรีย์ที่สลายตัวยากตกค้างในดิน สารอินทรีย์ส่วนนี้เองที่ช่วยให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี การสลายตัวของปุ๋ยคอกนั้นจะสลายตัวได้รวดเร็วในระยะแรกและค่อยๆช้าลงในเวลาต่อมา ในปีแรกปุ๋ยคอกอาจจะสลายตัวประมาณ 50% การสลายตัวจะเพิ่มขึ้นเป็นโดยประมาณ 65% ในปีที่สองและหลังจากนั้นการสลายตัวจะค่อยๆ ช้าลงและจะเหลือสารอินทรีย์ที่คงทนต่อการสลายตัวอยู่ประมาณ 30 % ด้วยเหตุที่ปุ๋ยคอกเป็นอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวค่อนข้างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับอินทรีย์วัตถุชนิดอื่น เช่น ฟางข้าว หรือพืชสด และเมื่อสลายตัวแล้วจะเหลืออินทรีย์วัตถุที่คงทนต่อการสลายตัวไม่มากนัก ดังนั้นการที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของดินโดยการใส่ปุ๋ยคอกนั้นจำเป็นต้องใส่ในปริมาณมากและใส่อย่างต่อเนื่องทุกปี จึงจะได้ผล

- ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยที่ได้จากการนำสารอินทรีย์ต่างๆ เศษพืช ซากสัตว์ มากองรวมกันเพื่อให้สลายตัวโดยจุลินทรีย์กลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ในการนำสารอินทรีย์มาหมักนั้นอาจมีการปุ๋ยคอกดินและปุ๋ยเคมีด้วยก็ได้ นอกนี้อาจมีการรดน้ำและกลับกองเศษพืชนั้นเพื่อเร่งระยะเวลาในการหมักให้เร็วขึ้น

- ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบคลุกเคล้าพืชลงไปในดินในขณะที่ยังสดอยู่ พืชเหล่านี้อาจจะเป็นปุ๋ยพืชตระกูลถั่ว เพราะสามารถเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก้ดินได้มากกว่าพืชอื่นๆ โดยปกติพืชที่ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดนี้ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ หรือเมื่อถึงระยะเวลาที่เหมาะสมจะถูกไถกลบลงไปในดินโดยไม่ได้หวังเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชมาใช้ประโยชน์ การไถกลบพืชเพื่อทำปุ๋ยพืชสดนั้น ควรจะทำเมื่อพืชมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด โดยทั่วไปจะไถกลบเมื่อพืชออกดอกประมาณ 50 % และหลังจากไถกลบพืชลงไปในดินแล้วพืชก็จะเริ่มสลายตัวให้ธาตุไนโตรเจนแก่ดิน ดังนั้นหลังจากไถกลบพืชลงดินแล้วประมาณ 10-15 วัน ควรจะปลูกพืชตามเลยทันที เพื่อไม่ให้ธาตุอาหารที่ได้จากการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดสูญหายไป

2.1.8.2 **ความสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน**

ปัจจุบันสภาพพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทยส่วนใหญ่มีปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน คือ ดินมีความสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากดินส่วนใหญ่มีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์ วจนานวัช, 2528) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ก่อให้เกิดผลดีในการช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินให้ดีขึ้น ทั้งนี้จากความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับอินทรียวัตถุ กล่าวคือ

1) ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุให้แก่พืช โดยเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัส ธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาช้าๆ ให้พืชนำไปใช้ได้ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโต (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2527ก)

2) ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกไว้ให้พืชได้ใช้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย เนื่องจากเมื่อปุ๋ยอินทรีย์ถูกจุลินทรีย์ดินย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุต่างๆ ออกมาในรูปอนินทรีย์เหลือแต่ฮิวมัสซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนคงทนต่อการสลายตัว และเป็นคอลลอยด์ที่มีประจุ ผลดีด้านนี้จะช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้นกล่าวคือ ไอออนของธาตุอาหารพืชที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี บางส่วนที่ยังไม่ถูกพืชดูดดึงไปใช้ประโยชน์จะถูกคอลลอยด์ดูดซับเอาไว้ไม่ให้สูญหายไปจากดินโดยง่ายเมื่อมีการชะล้าง และพืชก็สามารถดูดไปใช้ได้เมื่อต้องการ (วิโรจน์ วจนานวัช, 2528) นอกจากนี้การเพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคทไอออน (CEC) ของดินยังช่วยทำให้ดินมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้มากขึ้น (ยงยุทธ์ โอสถสภา, 2528)

3) ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งธาตุอาหารประจุลบ ธาตุที่อยู่ในรูปอนุมูลประจุลบจะสูญเสียจากดินโดยการชะล้างได้ง่าย เนื่องจากดินมีประจุลบเป็นส่วนใหญ่มีแต่คอลลอยด์พวก อนินทรีย์และอินทรีย์บางส่วนสามารถดูดซับไอออนประจุลบได้บ้าง ธาตุอาหารพืชในรูปประจุลบก็มีความสำคัญเช่นเดียวกับธาตุอาหารในรูปประจุบวก ปุ๋ยอินทรีย์จึงนับเป็นแหล่งสำคัญ และเป็นแหล่งใหญ่ที่ให้ธาตุอาหารในรูปประจุลบคือ ไนเตรท ฟอสเฟต ซัลเฟต โมลิบเดต และคลอไรด์ เป็นต้น

4) ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยเพิ่มประโยชน์ของฟอสเฟตในดินกรดและดินแคลคาเรียส การเน่าเปื่อยของอินทรีย์สารโดยการกระทำของจุลินทรีย์ดินนั้นจะมีกรดเกิดขึ้น กรดเหล่สนี้จะช่วยละลายสารประกอบฟอสเฟตซึ่งอยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้บ้าง (El-Baruni และ Olsen, 1997) โดยทั่วไปปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 5 ถึง 30 เท่านั้น ส่วนที่เหลือจะถูกตรึงอยู่ในดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอตเฟส และฟอสเฟตในดิน โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ กล่าวคือ กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการสลายของปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากจะละลายสารประเภทฟอสเฟตบางส่วนที่ละลายค่อนข้างยากแล้ว อนุมูลอินทรีย์ยังช่วยป้องกันการตกตะกอนของอนุมูลฟอสเฟตที่ละลายได้ โดยเข้าทำปฏิกิริยากับเหล็ก และอลูมินัมไอออนอันเป็นตัวการในการตรึงฟอสเฟตไว้บางส่วน ซึ่งไอออนของเหล็ก อลูมิเนียมมีอยู่อย่างจำกัดมากในสารละลายดินในช่วงที่มี pH 3-9 (Struthers และ Sieling, 1950) นอกจากนี้อนุมูลฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่กับแร่ดินเหนียวจะถูกอนุมูลของกรดอินทรีย์เข้าแทนที่ได้บางส่วนแล้วปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากยิ่งขึ้น (Dalton และคณะ, 1952)

2.1.8.2.1 **ปุ๋ยชีวภาพ** (Biofertilizers)

หมายถึง สารพาหนะหรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่มีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน ละลายสารประกอบฟอสเฟต หรือย่อยสลายเซลลูโลส สารนี้อาจใช้สำหรับคลุกเมล็ดใส่ลงในดินหรือกองปุ๋ยหมักต่างๆ เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และเร่งขบวนการทางจุลชีววิทยาซึ่งจะมีผลให้ธาตุอาหารต่างๆ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น หรือปุ๋ยชีวภาพในอีกความหมายเป็นจุลินทรีย์ที่นำมากระตุ้นเพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต หรือเพิ่มความต้านทานของโรคพืช ช่วยทดแทนปุ๋ยเคมีในพืชตระกูลถั่ว ใส่ครั้งเดียวตลอดชีวิตพืช ช่วยสร้างความสมดุลของธาตุอาหารพืช ใช้เพียงปริมาณที่เล็กน้อย ราคาถูก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในดินทั่วๆไปถ้ามีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อยู่แล้ว แสดงว่าในดินชนิดนั้นๆจะมีปุ๋ยชีวภาพอยู่บ้างในปริมาณต่างๆกัน ดินที่มีลักษณะทางชีวภาพที่ดีจึงหมายถึง ดินที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ในการเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับพืช ดังนั้นวิธีการที่จะช่วยปรับปรุงดินได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งก็คือ การใส่ปุ๋ยชีวภาพ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2545) สำหรับปุ๋ยชีวภาพมีหลายชนิด ได้แก่

1) ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Rhizobium) ประกอบด้วยไรโซเบียมสายพันธุ์ไทยที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงสามารถใช้ได้กับพืชตระกูลถั่วทุกชนิด ไรโซเบียมเป็น

กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบที่อาศัยอยู่ในดิน และบริเวณรากพืชตระกูลถั่วแบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (Symbiotic) โดยไรโซเบียมและถั่วร่วมกันสร้างปมที่บริเวณรากเพื่อใช้เป็นโครงสร้างสำหรับตรึงไนโตรเจนในอากาศให้แก่พืชตระกูลถั่ว

2) ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 1 (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) ประกอบด้วยแบคทีเรีย (Bacteria) ที่สามารถตรึงไนโตรเจน และสามารถสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช 3 ตระกูล ไดแก่ Azotobacter, Azospirillium และ Beijinckia โดยเชื้อเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนสร้างฮอร์โมน ส่งเสริมการเจริญของขนรากอ่อน ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี เพิ่มความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้กับข้าวโพดและข้าวฟ่าง

3) ปุ๋ยชีวภาพไมโครไรซ่า (Microrhiza) ประกอบด้วยเชื้อไมโครไรซ่าสายพันธุ์ไทยอย่างน้อย 25 สปอร์ต่อกรัม ไมโครไรซ่าเป็นเชื้อราที่เข้าอาศัยอยู่ในดิน และบริเวณรอบๆ รากพืชโดยไมโครไรซ่าจะไม่ทำอันตรายต่อพืช ลักษณะการอยู่อาศัยของเชื้อราร่วมกับพืชเป็นแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiotic) เชื้อไมโครไรซ่ามีความสำคัญทางการเกษตร เช่นการปลูกป่า และพืชเศรษฐกิจต่างๆ และไมโครไรซ่าจะช่วยเพิ่มปริมาณราก และพื้นที่ผิวรากจึงช่วยทำให้พืชทนแล้ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารที่ละลายได้ยาก เช่น ฟอสฟอรัส (P) แคลเซียม (Ca) และจุลธาตุต่างๆ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อราในระบบรากได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

2.1.8.2.2 **ปุ๋ยเคมี** (Chemical Fertilizer)

ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยประเภทอนินทรีย์ เป็นสารเคมีเช่นเดียวกับเกลือแกง หรือโซเดียมคลอไรด์ ที่มีความจำเป็นต่อร่างกายของคนเรา ได้มาจากการผลผลิตหรือสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรมจากแร่ธาตุ และก๊าสที่ได้จากธรรมชาติ ดังนั้นปุ๋ยเคมีจึงเป็นสารประกอบทางเคมี ที่มีธาตุอาหารพืชจำพวกไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) โดยวัตถุประสงค์ที่จำเป็นต้องผลิตปุ๋ยเคมี เนื่องจากว่าธาตุอาหารในดินที่ใช้ทำการเพาะปลูกมีอยู่น้อยจนไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชที่ปลูกนั้น จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมให้ตามความจำเป็น หรือกล่าวอีกอย่างก็คือ ปุ๋ยเคมีผลิตมาเพื่อให้เกษตรกรนำมาใช้เพื่อปรับปรุงดินด้านการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับสภาวะความอุดมสมบูรณ์ขอดินและของชนิดพืชที่ปลูกนั้นๆ ได้ดีขึ้นนั่นเอง เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพทางด้านโภชนาการ เช่น โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภค (มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547)

ปุ๋ยเคมีประกอบด้วยสารเคมีที่มีคุณสมบัติละลายน้ำง่าย จึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปที่รากพืชดูดดึงขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ทันที พืชตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีได้เร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชนิดอื่นๆ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น นับว่าเป็นข้อดี คือ สามารถใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถให้ธาตุอาหารแก่ดินได้เพียงพอกับความต้องการพืช ทำให้ประหยัดทั้งแรงงานและธาตุอาหารที่ใส่ลงไปในดิน (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543; ยงยุทธ โอสถสภา, 2528)

ปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักมาก นับว่าเป็นข้อดี แต่ก็มีข้อเสียคือ มีราคาแพงและถ้าต้นข้าวได้รับในปริมาณมากเกิดอาการเฝือใบ และล้มง่าย เป็นต้น (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543) นอกจากนี้ยังมีข้อควรระวังที่สำคัญในการใช้ปุ๋ยเคมี คือ เมื่อใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะทำให้ดินแข็ง หมดสภาพความโปร่งและร่วนซุย เพราะปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติในด้านการปรับปรุงสภาพทางด้านกายภาพของดิน และเนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ง่าย จึงมีความเค็ม ถ้าใช้ไม่ระมัดระวัง เช่น ใส่ลงดินเป็นจำนวนมาก และปล่อยให้สะสมอยู่ที่โคนต้นหรือที่ใบมากเกินไป ก็จะเป็นอันตรายแก่พืช คือ ทำให้พืชมีใบไหม้ หรือต้นเหี่ยวเฉาตายได้ ถ้าใส่โดนเมล็ดพืชที่กำลังงอกก็จะทำให้ต้นอ่อนตายหรือเสียหายได้ง่าย อีกทั้งการใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมติดต่อกันเป็นเวลานานในการปลูกพืชจะทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547; สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2521) กรณีที่เป็นปุ๋ยผสมในกระบวนการปั้นเม็ดปุ๋ย จำเป็นอย่างยิ่งต้องผสมแม่ปุ๋ยกับอินทรีย์สารต่างๆ เช่น เปลือกถั่วและฝ้าย แกลบ ต้นยาสูบ กากเมล็ดฝ้าย และปลาป่นหรือเลือดไก่ เป็นต้น หรือดินและทราย หรืออาจเป็นกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมเกษตร และในบางครั้งมีการเติมวัสป้องกันการจับตัวของเม็ดปุ๋ยหรือวัสดุเคลือบเม็ดปุ๋ย ได้แก่ ผงไดอะตอม ดินเหนียวคาโอลิน และแร่จำพวกแป้งและผงชอล์ก (ยงยุทธ โอสถสภา, 2528; Anonymous, 1979)

ปุ๋ยเคมีที่ผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาดในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ แม่ปุ๋ย (Straight fertilizer หรือ Fertilizer carriers) และปุ๋ยผสม (Mixed fertilizer) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547; ยงยุทธ โอสถสภา, 2528; สถาบันวิจัยข้าว, 2544; สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2521)

แม่ปุ๋ยส่วนใหญ่ที่ผลิตออกมา ประกอบด้วย ปุ๋ยไนโตรเจน (Nitrogen carriers) ได้แก่ แม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยยูเรีย (46 %N) ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Phosphorus carriers) ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยท

ริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (45 %P_2O_5) หรือปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (46 % P_2O_5 และ 18 %N) และปุ๋ยโพแทสเซียม (Potassium carriers) ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้โพแทสเซียมเป็นหลัก เช่น ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) หรือปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรท (46 %K_2O และ 13 %N)

สำหรับปุ๋ยผสม คือ ปุ๋ยเคมีที่ได้จากการนำแม่ปุ๋ยตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกันเข้าเพื่อให้ได้ปุ๋ยผสมที่มีปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 8 กิโลกรัม ในปุ๋ยผสม 100 กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในรูปปุ๋ยผสมปั้นเม็ด หรือ ปุ๋ยคอมปาวด์ คือ ทุกเมล็ดของปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณของธาตุอาหารกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอการนำไปใช้จะง่ายและสะดวก

ปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักมาก นับว่าเป็นข้อดี แต่ก็มีข้อเสีย คือ มีราคาแพงและถ้าต้นข้าวได้รับในปริมาณมากเกิดอาการเฝือใบ และล้มง่าย เป็นต้น (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543) นอกจากนี้ยังมีข้อควรระวังที่สำคัญในการใช้ปุ๋ยเคมี คือ เมื่อใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ดินแข็ง หมดสภาพความโปร่งและร่วนซุย เพราะปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติในด้านการปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ง่ายจึงมีความเค็ม ถ้าใช้ไม่ระมัดระวัง เช่น ใส่ลงในดินจำนวนมาก และปล่อยให้สะสมอยู่ที่โคนต้นหรือที่ใบมากเกินไป ก็จะเป็นอันตรายแก่พืช คือ ทำให้พืชมีใบไหม้ หรือต้นเหี่ยวเฉาตายได้ ถ้าใส่โดนเมล็ดพืชที่กำลังงอกก็จะทำให้ต้นอ่อนตายหรือเสียหายได้ง่าย อีกทั้งการใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมติดต่อกันเป็นเวลานานในการปลูกพืชจะทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2547; สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2521) กรณีที่เป็นปุ๋ยผสมในกระบวนการปั้นเม็ดปุ๋ย จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการผสมแม่ปุ๋ยกับอินทรีย์สารต่างๆ เช่น เปลือกถั่วและฝ้าย แกลบ ต้นยาสูบ กากเมล็ดฝ้าย และปลาป่นหรือเลือดไก่ เป็นต้น หรือดินและทราย หรือเป็นกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และในบางครั้งมีการเติมวัสดุป้องกันการจับตัวของเม็ดปุ๋ยหรือวัสดุเคลือบเม็ดปุ๋ย ได้แก่ ผงไดอะตอม ดินเหนียวคาโอลิน และแร่จำพวกแป้งและผงซอล์ค (ยงยุทธ โอสถสภา, 2528; Anonymous, 1979) ซึ่งล้วนแล้วทำให้ปุ๋ยเคมีชนิดผสมมีโอกาสเสี่ยงในการปนเปื้อนธาตุพิษได้

2.1.8.2.3 ธาตุเสริม

ซิลิกอน (Si) ในดินจะอยู่ในรูปของซิลิกา (SiO_2) ซึ่งอาจเป็นผลึกหรืออสัญฐาน (Amorphous) และในรูปของซิลิกา (Silicate) ถูกดูดซับหรือตกตะกอนร่วมกับ Hydrous oxide ของ Al^{3+} Fe^{3+} และ Mn^{4+} ส่วนซิลิกาที่ข้าวสามารถดูดดึงไปใช้ได้ละลายอยู่ใน

สารละลายดินในรูปของกรดโมโนซิลิซิก (Monosilicic acid; $Si(OH)_4$) ซึ่งอยู่ในสมดุลกับ SiO_2 ในดิน (Yoshida, 1975) ดินนาเมื่อขังน้ำความเข้มข้นของซิลิกอนในสารละลายดินจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นหลังจากการขังน้ำเป็นระยะเวลานานขึ้นและอาจมีค่าต่ำกว่าในช่วงแรกของการขังน้ำ (Ponnamperuma, 1972; Yoshida, 1981) ปริมาณซิลิกอนที่เพิ่มขึ้นนั้นเกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยซิลิกอนที่ดูดซับกับ hydroxide ของเหล็ก และอะลูมินัม (Imaizumi and Yoshida, 1958) และการละลายได้ของซิลิกอนจะไม่ขึ้นอยู่กับ pH ช่วง 2-9 (Iler, 1979; Tisdale, Nelson and Beaton, 1985)

ซิลิกอน ไม่ได้จัดอยู่ในธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (Non essential nutrient) แต่จัดว่าเป็นธาตุเสริมประโยชน์สำหรับพืช (Beneficial nutrient) (Rahman, Kawamura and Kayama, 1998; Sommer, 1926; Yoshida, 1975) และเป็นธาตุที่ข้าวต้องการปริมาณมาก เพราะมีประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของข้าว รวมถึงมีบทบาทสำคัญทางสรีรวิทยา (Takahashi, Ma and Miyake, 1926; Yoshida, 1975) มีหน้าที่ทำให้ต้นข้าวสามารถต้านทานต่อโรค และแมลง เนื่องจากซิลิกอนจะตกผลึกในผนังเซลล์ชั้นนอก และเคลือบอยู่ตามผิวของใบหรือส่วนต่างๆ ของลำต้น ทำให้ผนังเซลล์หนาและแข็ง จึงเป็นอุปสรรคต่อการเข้าทำลายของโรค แมลง และไร เป็นต้น ทำให้ใบตั้งตรง (Erect leaves) ใบไม่ลู่ (Drooping) ถือว่าเป็นลักษณะดีของใบข้าวที่สามารถจะรับแสงแดดได้มากโดยไม่บังแสงแดดซึ่งกันและกัน ทำให้พื้นที่ใบในการรับแสงแดดมากขึ้นเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง อีกทั้งต้นข้าวมีความแข็งแรง การล้มของต้นข้าวลดลง ล้วนส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น (Imaizumi and Yoshida, 1958; IRRI, 1967; Takahashi, 1968) ช่วยลดปริมาณการสูญเสียน้ำจากใบเนื่องจากกระบวนการคายน้ำ (Transpiration) เพราะมี Cuticle ที่หนาขึ้น (Yoshida, 1975) ส่งเสริมให้ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีขึ้น เนื่องจากข้าวที่ตอบสนองปุ๋ยไนโตรเจนได้สูงมักจะมีปริมาณซิลิกอนในต้นสูงด้วย เพราะผลจากซิลิกอนที่ทำให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ข้าวสามารถสร้างแป้งและน้ำตาลได้มากขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพในการดูดดึงปุ๋ยขึ้นมาใช้จึงสูงขึ้นตามไปด้วย (Yoshida, Naveser and Ramirez, 1969)

ซิลิกอนมีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มในการช่วยเพิ่มการแตกกอของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (รัตนชาติ ช่วยบุดดา, 2544) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ma, Nishimura and Takahashi (1989) ที่พบว่า ซิลิกอนมีผลทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวเพิ่มขึ้น โดยอิทธิพลของซิลิกอนจะมีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวค่อนข้างชัดในช่วงหลังของการเจริญเติบโตของข้าว (reproductive) และข้าว

จะเริ่มดูดดึงซิลิกอนได้มากขึ้นหลังจากที่ผ่านระยะการแตกกอ (Tillering stage) (Kato and Owa, 1990) การใส่ซิลิกอนร่วมกับฟอสฟอรัสยังมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของจำนวนเมล็ดในรวง และจำนวนเมล็ดดีของข้าวสูงขึ้น ซึ่งทำให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว แสดงว่า การใส่ซิลิกอนร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสส่งเสริมให้ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (Friesen et al., 1994)

ซิลิกอนยังมีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบพวกซิลิเกตจะลดการตรึงฟอสฟอรัสในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูงโดย สารประกอบพวกซิลิเกตจะเข้าไปแทนที่ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงที่อนุภาคดินเหนียว ออกไซด์ของเหล็กและอลูมินัม ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531; สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; Takahashi, 1968)

ในทำนองเดียวกันซิลิกอนยังช่วยเพิ่ม Oxidation power ของรากพืช มีผลทำให้ลดความเป็นพิษของเหล็กและแมงกานิส โดยซิลิกอนจะทำปฏิกิริยากับอลูมินัมเกิดสารประกอบเชิงซ้อนในรูปของ Aluminosilicate ตกตะกอนบริเวณผนังเซลล์ของรากข้าว และมีผลยับยั้งการดูดดึงอลูมินัมที่มากเกินไป ทำให้การดูดดึงอลูมินัมในพืชลดลง (Hammond, Evans and Hodson, 1995) อีกทั้งยังช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กและแมงกานิสที่มากเกินไป เนื่องจากซิลิกอนจะส่งเสริมให้รากมีอำนาจในการออกซิไดซ์สูงขึ้น รากจึงสามารถออกซิไดซ์เหล็กและแมงกานิสให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษต่อข้าว (Tadano and Yoshida, 1978)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อพิศรา หงส์หิรัญ, (2550) ศึกษาระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามของ พบว่า น้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 28.6 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 4.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 8.14 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน เฉลี่ยเท่ากับ 0.2299 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน เฉลี่ยเท่ากับ 0.0538 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน เฉลี่ยเท่ากับ 0.0048 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออร์โธฟอสเฟต เฉลี่ยเท่ากับ 0.0067 มิลลิกรัมต่อลิตร

พลาวุธ น้อยเคียง, (2543) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในภาคตะวันออกของประเทศไทยพบว่า อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 25.6 – 35.5 องศาเซลเซียส ความเป็น

กรดเป็นด่าง (pH) มีค่าระหว่าง 6.9 – 9.6 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าระหว่าง 3.8 – 14.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียมีค่าระหว่าง 0.007 – 3.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์มีค่าระหว่าง 0 – 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนเตรทมีค่าระหว่าง 0.002 – 0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสเฟตมีค่าระหว่าง 0.01 – 8.67 มิลลิกรัมต่อลิตร

วรยศ ผุสดี, (2543) ศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามต่อข้าวพันธุ์กำแพงแสน 28 และคุณภาพดิน พบว่า น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำชลประทานในเกือบทุกด้าน ผลผลิตข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพิ่มขึ้นเชิงปริมาณแต่เพิ่มไม่มากพอที่จะยอมรับในทางสถิติ ผลกระทบของคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกามต่อคุณภาพดินในด้านการเกษตรพบว่า อยู่ในพิกัดที่ปลอดภัย และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

แสงระวี ศรีโมรา, (2544) ศึกษาการปลูกข้าวโดยใช้น้ำดีจากคลองชลประทานเพชรบุรีและน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่า แปลงที่ใช้น้ำเสียให้ผลผลิตข้าวที่สูงกว่าเนื่องจากในน้ำมีปริมาณธาตุอาหารที่สูงกว่า แต่ผลตกค้างของโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอทในส่วนต่างๆของต้นข้าวสูงเหมือนกันโดยเฉพาะเมล็ดข้าวที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานจึงไม่เหมาะที่จะนำน้ำเสียมาใช้ในการปลูกข้าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย

สำรวจและเก็บข้อมูลโดยการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ห้วยวังคำ) บ้านดงหมู ตำบลคุ้มเก่า บ้านนาวี ตำบลสงเปลือย อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการศึกษาวิจัย โดยลักษณะพื้นที่มีน้ำใช้ทำการเกษตรและอุปโภคบริโภคจากเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดความจุ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2,500 ไร่ ดังรูป 3.1 และผลจากการสำรวจได้กำหนดพื้นที่ทำการเกษตรของ นายประชิต ศรีเสน เกษตรกร บ้านนาวี หมู่ที่ 7 ตำบลสงเปลือย อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ (รูปที่ 3.2) เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัยเพื่อเป็นต้นแบบของการจัดการน้ำเพื่อการประกอบอาชีพในช่วงฤดูแล้ง โดยใช้เนื้อที่ 3 ไร่ และทำการศึกษาในช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน พ.ศ. 2551

รูปที่ 3.1 แสดงพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน

ที่มา: โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์

รูปที่ 3.2 แสดงพื้นที่ทำการเกษตรของนายประชิต ศรีเสน เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการศึกษาวิจัย เรื่อง การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการโดยใช้รูปแบบการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง

ที่มา: โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์

การเตรียม และวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมีของน้ำ และตะกอนดิน ได้ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในภาคสนาม ได้แก่

1) รถไถนา ใช้ในการเตรียมแปลงนา ในการศึกษาวิจัยมีการใช้งาน 3 ครั้ง คือ ช่วงแรกไถดะ ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 อาทิตย์ แล้วทำการไถแปร และช่วงสุดท้ายทำการคราดแปลงนาเพื่อเตรียมหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว

2) มุ้งเขียว ใช้ล้อมแปลงนาข้าวเพื่อป้องกันหนูที่จะเข้าทำลายตั้งแต่เริ่มหว่าน ไปจนถึงระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต

3) ตาข่ายกันนก เป็นตาข่ายสีดำที่ใช้ป้องกันนกเข้าทำลายในช่วงข้าวออกรวง เนื่องจากเป็นการศึกษาในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวไม่มีการปลูกข้าว สำหรับแปลงทดลองเป็นแหล่งดึงดูดของสัตว์ได้เป็นอย่างดี ทั้งนก และหนู เป็นต้น

4) ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพราะทนต่ออากาศที่ร้อนในช่วงฤดูแล้งได้ดี และดูดซึมธาตุไนโตรเจน ได้ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น

5) ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ยาว 3 เมตร 1 ท่อน ยาว 0.9 เมตร 1 ท่อนและ ยาว 1 เมตร 1 ท่อน ข้อต่อ ท่อ PVC ที่ใช้กับ ขนาด 6 นิ้ว 2 อัน ใช้ในการต่อท่อน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่แปลงนาข้าว

6) วัสดุ และอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม ได้แก่ กล่องโฟมใส่ตัวอย่าง ถุงพลาสติก ยางรัด เคียว ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ กระดาษฟรอยด์

7) กุ้งก้ามกราม เป็นสัตว์น้ำที่มีราคาดี และมีคุณค่าทางอาหาร แก่เกษตรกร หรือประชาชน ผลผลิตที่ได้สามารถเป็นรายได้และเป็นอาหารในช่วงฤดูแล้งได้

8) ปูนมาร์ล มูลวัว ใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิตของกุ้ง โดยการปรับค่าอัลคาร์ไลด์ให้อยู่ในช่วง 60-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนมูลวัวใช้ในการสร้างแพลงก์ตอนในช่วงแรกของการปล่อยลูกกุ้งก้ามกราม

9) อาหารกุ้งก้ามกราม

10) วัสดุ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกในภาคสนาม ได้แก่ เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม จอบ ป้ายกระดาษ สี ค้อน ตะปู ไม้บรรทัด เชือกฟาง เทปกาว ปากกา

เคมี ปากกา สายวัด เทปตลับวัดความยาว กระสอบปุ๋ย ไม้หลัก เป็นต้น ทำให้การตรวจวัดค่าแม่นยำมากขึ้น

11) เครื่อง DO Meter / pH Meter สามารถตรวจวัดค่าในภาคสนามได้ทันที

3.2.2 วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

1) ภาชนะใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดแก้ว ขวดพลาสติกขนาด 300 ซีซี สำหรับใส่ตัวอย่างน้ำ

2) วัสดุในห้องปฏิบัติการ เป็นเครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เช่น ขวดรูปชมพู่ (Erlenmayer Flask) กระบอกตวง (Cylinder) บิวเรต (Buret) บิกเกอร์ (Beaker) ปิเปต (Pipet) ถ้วยกระเบื้อง ตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5 มิลลิเมตร และช้อนตักสาร

3) เครื่องมือสำหรับการเตรียม และวิเคราะห์ตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH Meter) เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (Analytical Balance) เครื่องอบอุณหภูมิสูง (Oven) เตาแผ่ความร้อน (Hot Plate) เครื่องเขย่า (Shaker) เครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO Meter) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Phamacia Biotech รุ่น NovaspecII เครื่องอะตอมมิกแอบซอบชั่นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Analis 800 เครื่อง Microwave ยี่ห้อ Milestone รุ่น Ethos Sel

4) อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ โถดูดความชื้น กระดาษกรองสาร ช้อนตักสาร ครกบดตัวอย่าง ลูกยาง ตะแกรงร่อนตัวอย่าง แท่งแก้วและกระบอกฉีดน้ำกลั่น ในการทดลองใช้สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical Reagent Grade) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ แอมโมเนีย ไนเตรท (NO_3^-) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)

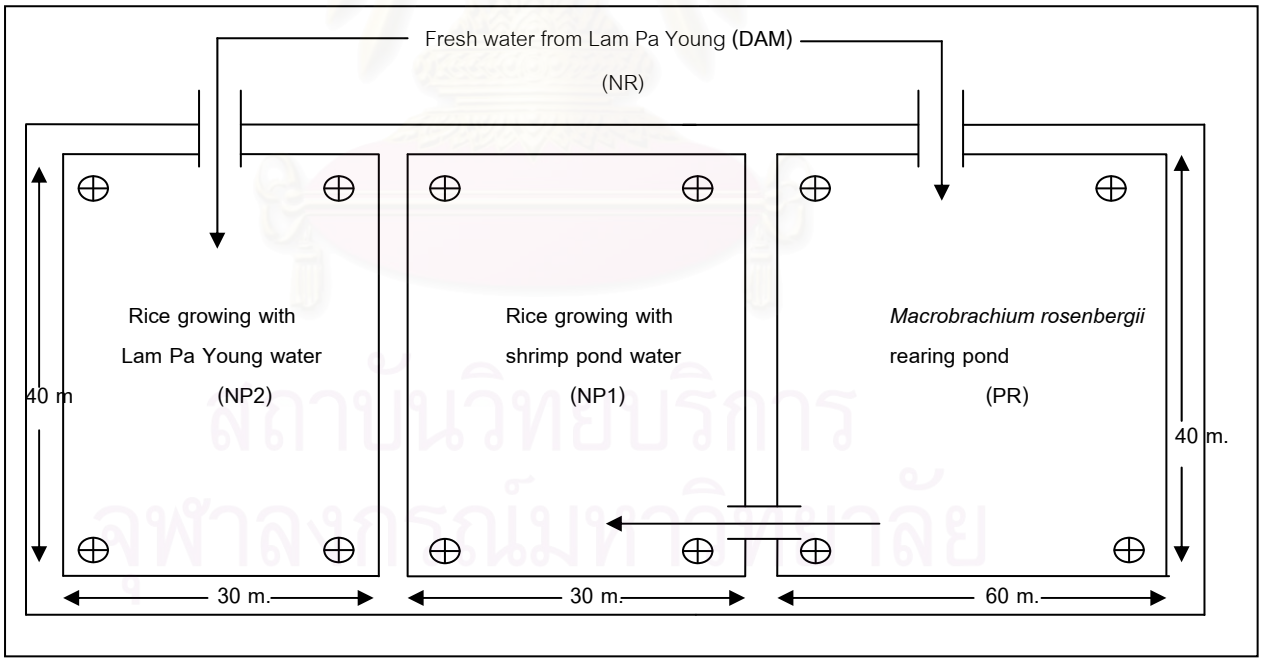
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

กำหนดพื้นที่ศึกษาและวางแผนจัดทำแปลงทดลอง พื้นที่ดำเนินการศึกษาวิจัยเป็น พื้นที่เกษตรกรรมของ นายประชิต ศรีเสน 20/1 หมู่ที่ 7 บ้านนาวี ตำบลสงเปลือย อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยเลือกพื้นที่รวม 3 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 แบ่งเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) 2,400 ตารางเมตร พื้นที่ทำนาปรัง 2 แปลง คือ แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (NP1)

และแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2) แปลงละ 1,200 ตารางเมตร ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

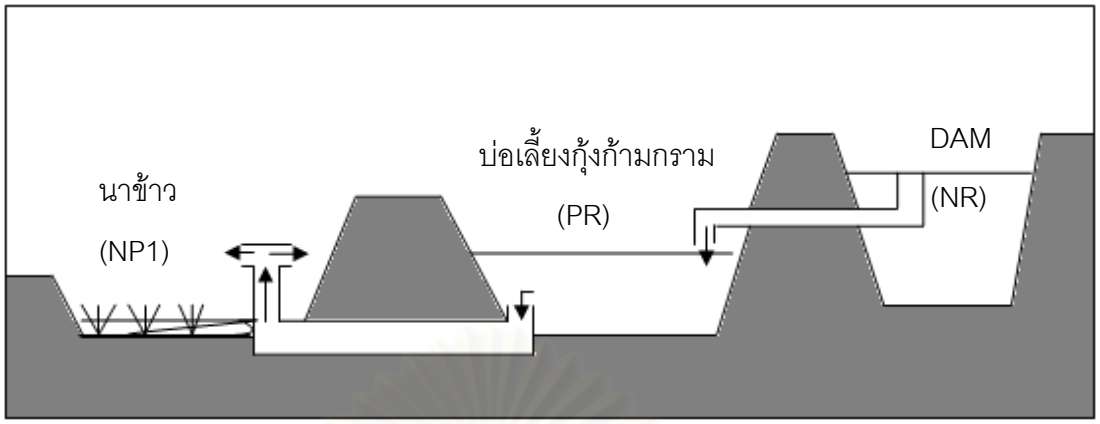
บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีขนาด ความกว้าง 40 เมตร ความยาว 60 เมตร คิดเป็นเนื้อที่ 2,400 ตารางเมตร มีระดับน้ำลึก 1.2 เมตร ซึ่งมีปริมาณน้ำภายในบ่อประมาณ 2,880 ลูกบาศก์เมตร น้ำที่ถ่ายจากบ่อกุ้งจะถ่ายจากระดับ 20 เซนติเมตร จากพื้นบ่อที่เชื่อมต่อกับแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) ที่มีขนาดความกว้าง 30 เมตร ความยาว 40 เมตร คิดเป็นเนื้อที่ 1,200 ตารางเมตรดังรูปที่ 3.4(A) สำหรับแปลงข้าวควบคุม แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2) ที่เชื่อมต่อกับอ่างเก็บน้ำลำพะยังโดยตรงดังรูปที่ 3.4(B) และมีขนาดแปลงนาเท่ากับแปลง (NP1) และปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังทั้งสองและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม กำหนดเป็นจุดเดิมถาวร ระหว่างการศึกษา ห่างจากขอบบ่อหรือนาข้าว 1 เมตร ในส่วนของมุมบ่อทั้ง 4 มุม เก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ตามช่วงอายุข้าว 0, 30, 70 และ 100 วันตาม ตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายดังแสดงในรูปที่ 3.3

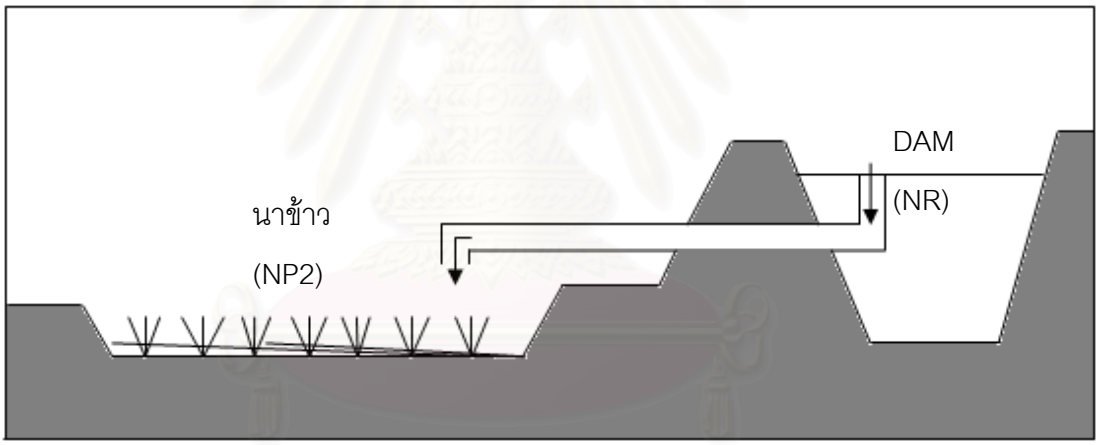


รูปที่ 3.3 ผังระบบการจัดการน้ำในแปลงทดลอง จากด้านบน แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) น้ำที่นำมาใช้ต้องผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และมีการถ่ายเทลงมาสู่แปลงนาข้าวเพื่อการเพาะปลูกข้าวต่อไป และแปลงข้าวนาปรังที่มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (NP2) โดยแปลงปลูกข้าวนาปรัง จะนำน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมาใช้โดยตรง

หมายเหตุ: ⊕ คือจุดเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและดิน



รูปที่ 3.4(A) ภาพตัดขวางแปลงศึกษาวิจัยระบบแปลงทดลอง; แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) ได้รับน้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) โดยหัวลูกศรบ่อบอกทิศทางการไหลของน้ำ



รูปที่ 3.4(B) ภาพตัดขวางแปลงศึกษาวิจัยระบบแปลงทดลอง; แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2) ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำโดยตรง (NR) โดยหัวลูกศรบ่อบอกทิศทางการไหลของน้ำ

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัย

1) การเตรียมแปลงปลูกข้าว เริ่มจากการผันน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังเข้าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ หรือผันน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามลงแปลงข้าวนาปรังที่ต้องใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง ให้ระดับน้ำภายในแปลงทั้งสองมีความลึกเท่ากัน ที่ 20 เซนติเมตรทิ้งไว้ 3 วัน จากนั้นทำการไถดะ และไถแปร ทิ้งไว้อย่างน้อย 1-2 สัปดาห์ ทำการคราดให้เป็นเทือกที่สม่ำเสมอทั่วแปลงและปล่อยน้ำที่ขังอยู่ในนาทิ้งเพื่อป้องกันการเน่าเสียของเมล็ดพันธุ์ข้าว จากนั้นหว่าน

เมล็ดพันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ที่แช่น้ำไว้ก่อนหน้านี้ 2 วัน ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ให้มีความสม่ำเสมอของการกระจายเมล็ดพันธุ์ข้าวทั่วถึงพื้นที่ภายในแปลง เมื่อข้าวมีอายุ 15-20 วัน เริ่มผันน้ำเข้าแปลงนาข้าวทั้งสองให้ระดับน้ำภายในแปลงเท่ากัน ที่ระดับประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพื่อกระตุ้นให้ข้าวเจริญเติบโตด้านความสูง ดูแลรักษาและสังเกตระดับน้ำในแปลงนาไม่ให้แห้ง และค่อยเติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำในแปลงนาที่เหมาะสมอยู่เสมอ จนข้าวมีอายุ 105 วัน เริ่มระบายน้ำออกจากแปลงนาทั้งสอง เพราะเป็นช่วงเวลาที่ข้าวเริ่มสุก และเพื่อเตรียมทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อไป

2) การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและตะกอนดิน ดำเนินการเก็บตัวอย่างตามช่วงการเจริญเติบโตของข้าว ดังนี้ ช่วงที่ 1 อายุข้าว 0 วัน (ก่อนหว่านข้าว) ช่วงที่ 2 อายุข้าว 30 วัน (ระยะต้นข้าวแตกกอ) ช่วงที่ 3 อายุข้าว 70 วัน (ระยะต้นข้าวสร้างรวง) และช่วงที่ 4 อายุข้าว 100 วัน (ก่อนการเก็บเกี่ยว) โดยเก็บตัวอย่างในแปลงการทดลองทั้งสองตามตำแหน่งที่กำหนด 4 จุดต่อแปลงการทดลอง โดยเก็บตามจุด $\oplus$ ที่แสดงดังรูปที่ 3.3

3) การวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ, pH, Alkalinity, COD, DO, BOD, TOC, TKN, Total Phosphorus ตามวิธีการของ Strickland & Parson (1972) การเก็บตัวอย่างน้ำในแปลงข้าวนาปรังทั้งสอง เก็บห่างจากคันนา 1 เมตร ดัชนีคุณภาพน้ำบางดัชนี ได้ทำการตรวจวัด และวิเคราะห์ทันทีในสนาม ได้แก่ อุณภูมิน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ จะเก็บตัวอย่างมาทำการตรวจวัด/วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส

4) การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนดิน ได้แก่ pH และปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (แอมโมเนียและไนเตรท) และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ Strickland & Parson (1972) เก็บตัวอย่างตะกอนดินที่พื้นท้องนาลึก ไม่เกิน 1 เซนติเมตร ตัวอย่างจะทำการเก็บไว้ที่ 0 องศาเซลเซียสเพื่อนำมาตรวจวัด/วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว ความสูง และการแตกกอ ตามช่วงอายุข้าวเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าว และเมื่อข้าวมีอายุ 120 วัน โดยสุ่มเก็บข้าวจากพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวขนาด 1 ตารางเมตร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำต่อ หนึ่งแปลงการทดลอง โดยเว้นระยะขอบแปลง 0.5 เมตร

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบคุณภาพน้ำและตะกอนดิน ของแปลงทดลองทั้งสองระบบ ตามช่วงอายุข้าว ข้อมูลการเจริญเติบโต ด้านความสูง การแตกกอ และผลผลิตข้าวของ ระบบการทดลองทั้ง 2 การทดลองด้วยวิธี Analysis of variance; ANOVA ความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 ($P<0.05$) นำผลวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

4.1.1 ปริมาณน้ำที่ใช้การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและปลูกข้าวนาปรัง

การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีบ่อขนาดความกว้าง 40 เมตร ความยาว 60 เมตร คิดเป็นเนื้อที่ 2,400 ตารางเมตร เริ่มปล่อยลูกกุ้งในตอนต้นถ่ายน้ำเข้าบ่อที่ ระดับน้ำลึก 80 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรทั้งหมด 1,920 ลูกบาศก์เมตร เมื่อกุ้งอายุได้ 1 เดือนมีการถ่ายน้ำเข้าบ่อเพิ่มขึ้นที่ระดับความลึก 120 เซนติเมตร เมื่อคำนวณปริมาณน้ำในช่วงนี้จะมีปริมาตรอยู่ที่ 2,880 ลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้นมาจากเดิม 960 ลูกบาศก์เมตร เมื่อกุ้งอายุ 2 และ 3 เดือน เริ่มมีการถ่ายน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งออกและถ่ายตามความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของกุ้ง ซึ่งสองระยะนี้ใช้น้ำไปทั้งหมด 1,440 ลูกบาศก์เมตร กุ้งอายุ 4 เดือน เป็นช่วงที่เริ่มเตรียมแปลงปลูกข้าวนาปรัง โดยถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามลงแปลงนาที่มีพื้นที่ 1,200 ตารางเมตร ปริมาตร 240 ลูกบาศก์เมตร เพื่อเตรียมไถ และคราด เพื่อเตรียมหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว ช่วงอายุข้าว 15-20 วัน ได้ถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่แปลงนาข้าวในระดับที่สูงจากพื้นนา 10 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตร 120 ลูกบาศก์เมตร เพื่อเร่งให้ข้าวเพิ่มความสูง ช่วงอายุข้าว 45-50 วัน และ 80-85 วัน ถ่ายน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำจากอ่างเก็บน้ำลงสู่แปลงนาข้าวในระดับที่สูงจากพื้นนา 20 เซนติเมตร เนื่องจากต้นข้าวมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งด้านความสูงและการแตกกอ ในขณะเดียวกันน้ำภายในแปลงนามีการลดลงเสมอเนื่องจากเกิดจากการระเหย ซึ่งน้ำในแปลงนาเดิมมีระดับน้ำสูงจากพื้นนาประมาณ 5 เซนติเมตร ดังนั้นเป็นการเพิ่มระดับน้ำอีก 15 เซนติเมตร ซึ่งใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาตรครั้งละ 180 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตาราง 4.1 จะเห็นได้ว่า บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามใช้น้ำไปทั้งหมด นับตั้งแต่การเริ่มปล่อยลูกกุ้งถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวนาปรัง 5,040 ลูกบาศก์เมตร แต่ยังคงมีน้ำคงบ่อที่ 2,880 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นน้ำบ่อกุ้งที่ถูกถ่ายออกไปมีปริมาณทั้งหมด 2,160 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นการถ่ายในช่วงอายุกุ้ง 2 เดือน 720 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 1 ใน 4 ของปริมาณน้ำในบ่อทั้งหมด และช่วงอายุกุ้ง 3 เดือน ในปริมาณที่เท่ากัน แปลงปลูกข้าวนาปรังตลอดช่วงการทำนาแปลงละ 720 ลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าความต้องการน้ำในการนำไปใช้ในแปลงนาข้าวนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาเป็นช่วงฤดูแล้ง การระเหยของน้ำจึงมีอยู่ตลอด ดังนั้นการสังเกตเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการปริมาณในนาข้าวที่ต้องเพียงพออยู่เสมอ

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณการใช้น้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และปลูกข้าวนาปรัง

รายละเอียดการใช้น้ำ	ประเภทการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)		
	PR	NP1	NP2
1 เตรียมบ่อเริ่มปล่อยลูกกุ้ง	1,920	-	-
2 กุ้งอายุ 1 เดือน	960	-	-
3 กุ้งอายุ 2 เดือน	720	-	-
4 กุ้งอายุ 3 เดือน	720	-	-
5 ช่วงที่เริ่มเตรียมแปลงปลูกข้าว	240	240	240
6 ช่วงอายุข้าว 15 – 20 วัน	120	120	120
7 ช่วงอายุข้าว 45 – 50 วัน	180	180	180
8 ช่วงอายุข้าว 80 – 85 วัน	180	180	180
รวมการใช้น้ำทั้งหมด	5,040	720	720

หมายเหตุ PR = น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

NP1 = แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

NP2 = แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง

4.2 คุณภาพน้ำของแปลงทดลอง

4.2.1 อุณหภูมิ

การทดลองปลูกข้าวนาปรังแบ่งออกเป็น 2 แปลงทดลองคือแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตลอดช่วงการเก็บตัวอย่างคือ อายุข้าว 0 30 70 และ 100 วัน พบว่าอุณหภูมิน้ำของแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.5-28.91 องศาเซลเซียส แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.7-28.95 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำของอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.0-29.35 องศาเซลเซียส บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.4-29.25 องศาเซลเซียส ดังในตาราง 4.2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเป็นไปตามธรรมชาติ สอดคล้องกับกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และ

สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

ตารางที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	อุณหภูมิ ($^{\circ}$C)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	25.0±0.14	24.4±0.4	24.7±0.4	24.5±0.1
30	29.35±0.07	29.25±0.23	28.95±0.26	28.90±0.22
70	28.60±0.11	28.57±0.13	28.53±0.15	28.75±0.21
100	28.50±0.14	28.68±0.13	28.23±0.72	28.91±0.3

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ความเค็ม

ความเค็มของน้ำตลอดช่วงทดลองพบว่า ความเค็มที่วัดได้มีปริมาณต่ำมากคืออยู่ในช่วง 0-0.1 ppt. ดังตาราง 4.3 ซึ่งอาจเกิดจากการละลายของแร่ธาตุในดิน และน่าจะเป็นผลดีต่อการปลูกข้าว โดยเฉพาะดีต่อกระบวนการการเจริญเติบโต และไม่ก่อให้เกิดการสะสมของสารพิษไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.3 ค่าความเค็มของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	Salinity (ppt)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	0	0.1	0.1	0.1
30	0	0.1	0.1	0.1
70	0	0.1	0.1	0
100	0	0.1	0.1	0

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเค็มน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.2.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังตลอดช่วงทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.26-11.25 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.4-10.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคุณภาพน้ำทั้งสองแหล่งมีปริมาณออกซิเจนละลายที่ไม่แตกต่างกัน ดังตาราง 4.4 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) พบว่า คุณภาพน้ำทั้งสองแหล่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน และการอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อการทำเกษตรกรรมได้ ในขณะที่ปริมาณออกซิเจน

ละลายน้ำของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามพบว่า ช่วงอายุข้าว 0 วัน มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ ซึ่งเกิดจากการเตรียมแปลงนาเพื่อทำการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว ทำให้เกิดการเน่าเสียของหญ้า ฟางข้าว และมีการคลุกเคล้าระหว่างน้ำกับดินเกิดเป็นเทือก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ช่วงข้าวอายุ 30 และ 70 วันพบว่า แปลงข้าวนาปรังทั้งสองมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ไม่แตกต่างกัน และมีค่าอยู่ในช่วง 7.93-9.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในกรณีที่มีปริมาณออกซิเจนละลายที่สูงคือมีค่ามากกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจากน้ำมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชสูงและเป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงบ่าย ซึ่งแพลงก์พืชมีการสังเคราะห์แสงเพื่อกระบวนการสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโตทำให้มีปริมาณออกซิเจนสูงตามไปด้วยมีผลทำให้ค่าออกซิเจนในน้ำสูง ช่วงข้าวอายุ 100 วันพบว่า มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ เนื่องจากก่อนทำการเก็บตัวอย่างน้ำมีฝนตกหนัก ทำให้แพลงก์ตอนในน้ำตายลงจึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง อย่างไรก็ตาม ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำของทั้งสองแปลงทดลองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ที่สามารถนำไปเป็นประโยชน์ต่อการทำเกษตรกรรม

ตารางที่ 4.4 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	DO (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	9.45±0.07	7.9±0.1	4.88±0.51	5.05±0.42
30	11.25±0.49	10.55±0.26	8.10±0.75	9.20±0.49
70	7.55±0.21	10.98±0.39	8.08±0.21	7.93±0.25
100	7.26±0.11	6.4±0.77	4.55±0.47	6.35±0.68

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของออกซิเจนละลายน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.2.4 **อัลคาร์ไลนิตี้** (Alkalinity)

ค่าอัลคาร์ไลนิตี้ (Alkalinity) ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตลอดช่วงทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงคืออยู่ระหว่าง 37.5-63.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดจากมีการจัดการคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงอยู่เสมอเพื่อให้เหมาะต่อสภาพแวดล้อมที่กุ้งก้ามกรามต้องการโดยการเติมปูนมาร์ล ซึ่งต่างจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังที่ไม่มีการจัดการคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยตลอดช่วงทดลอง คือมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10-25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ค่าอัลคาร์ไลนิตี้ที่วัดได้ในแปลงข้าวนาปรังทั้งสองมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าค่าอัลคาร์ไลนิตี้ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าต่ำกว่า ค่าอัลคาร์ไลนิตี้ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ดังตาราง 4.5 และรูปที่ 4.1

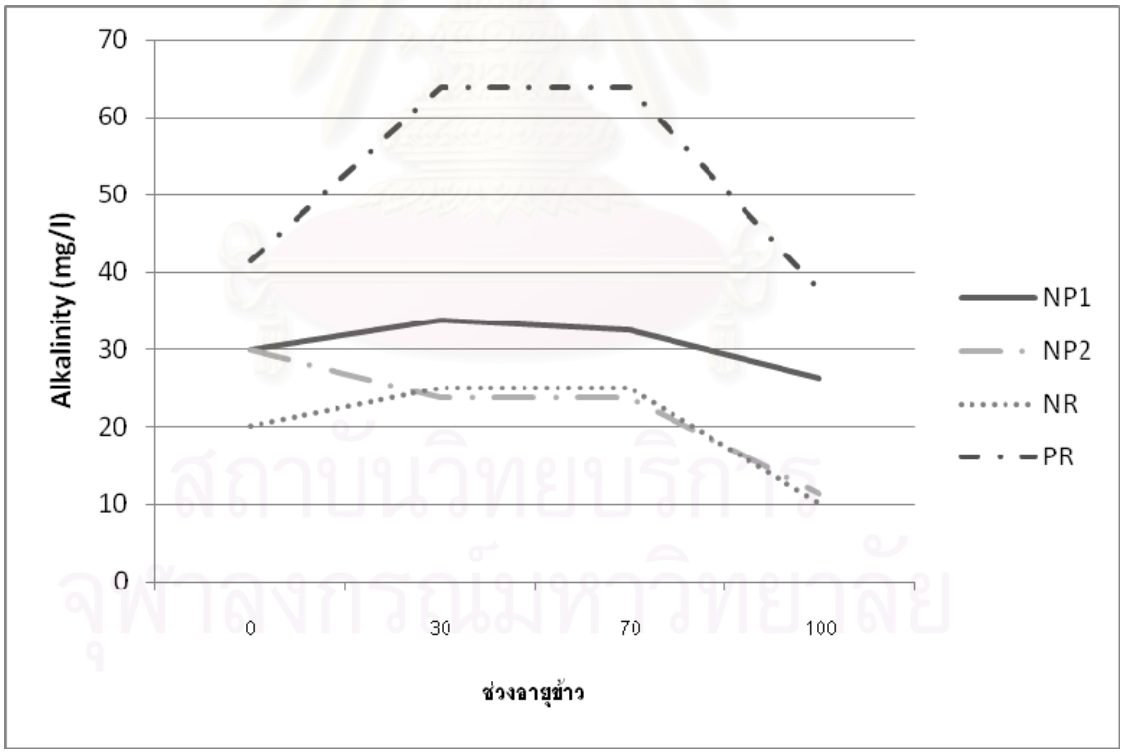
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ค่าอัลคาร์ไลนิตี้ของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสี่ช่วงอายุข้าว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขณะที่ค่าอัลคาร์ไลนิตี้ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่าในช่วงอายุข้าว 0 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ในช่วงอายุข้าว 30 70 และ 100 วัน ดังรูปที่ 4.1 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เกิดจากแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากการเลี้ยงกุ้งได้รับน้ำที่มีการจัดการน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งที่มีการจัดการคุณภาพน้ำโดยการใช้ปูนมาล์ล เพื่อปรับค่าอัลคาร์ไลด์ในบ่อเลี้ยงให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมให้มีค่าอัลคาร์ไลด์อยู่ในช่วง 60-120 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อน้ำถูกถ่ายลงนาข้าว ซึ่งมีตะกอนของปูนที่ละลายอยู่ในน้ำทำให้คุณภาพน้ำในนาข้าวมีค่าอัลคาร์ไลด์สูงกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำที่ไม่มีการจัดการคุณภาพน้ำโดยการใช้ปูนมาร์ล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ค่า Alkalinity ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	Alkalinity (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	20[a]	41.3±2.5[b]	30	30
30	25[a]	63.75±2.5[b]	33.75±2.5[a]	23.75±2.5[b]
70	25[a]	63.75±2.5[b]	32.5±2.89[a]	23.75±2.5[b]
100	10[a]	37.5±2.89[b]	26.25±2.5[a]	11.30±2.5[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ Alkalinity จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าอัลคาร์ไลนิตี้ (Alkalinity) ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.2.5 ปริมาณ BOD

จากการวิเคราะห์ปริมาณ BOD ของคุณภาพน้ำพบว่า น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าต่ำสุด คือมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงทดลองอยู่ระหว่าง 0.5-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงทดลองอยู่ระหว่าง 1.4-4.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ระหว่าง 3.79-5.21 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ระหว่าง 3.93-6.42 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าค่า BOD ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังเพียงเล็กน้อยดังตาราง 4.6 และรูปที่ 4.2 อย่างไรก็ตาม ค่า BOD ยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ที่กำหนดเกณฑ์ไว้สูงสุดไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่แปลงนา

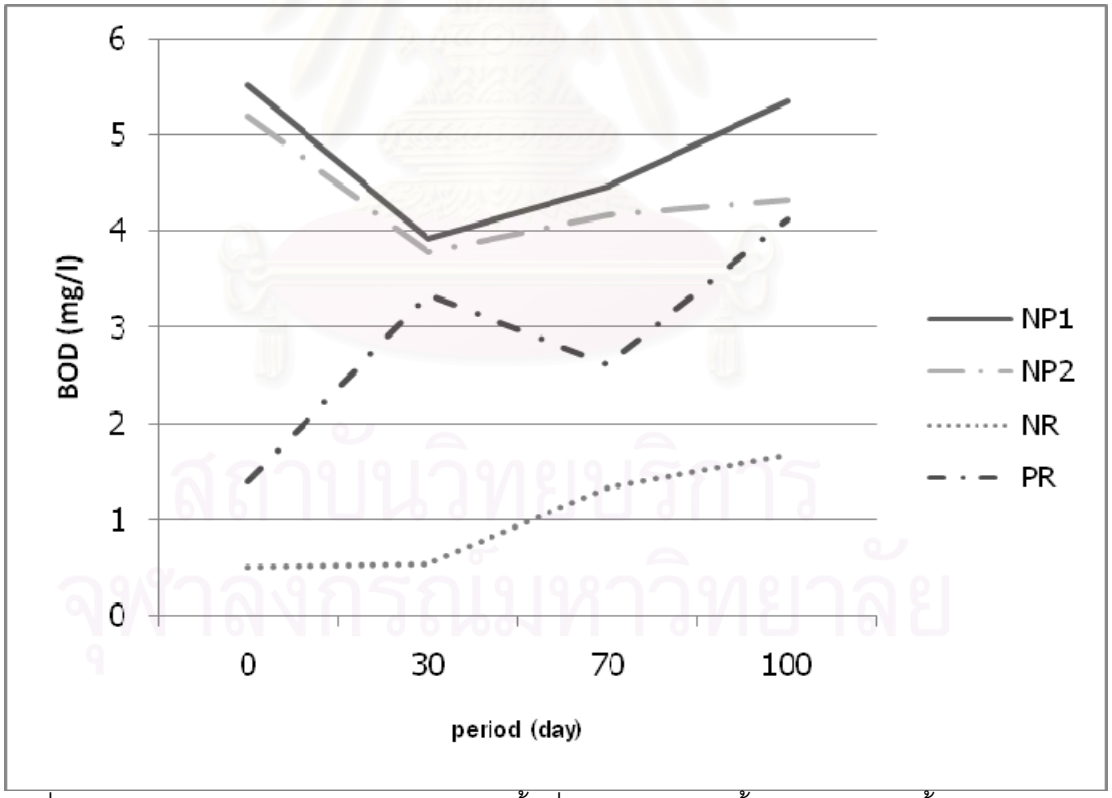
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ค่า BOD ของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสี่ช่วงอายุข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ค่า BOD ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่า ช่วงอายุข้าว 0 วัน BOD มีค่าสูงมากกว่าช่วงอื่นเนื่องจากน้ำมีการหมักหมมของวัชพืชที่ถูกไถกลบทิ้งไว้ในนาข้าว จึงเกิดการเน่าเสีย และมีผลต่อปริมาณ BOD ที่วัดได้ ในขณะที่ช่วงอายุข้าว 30 70 และ 100 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากข้าวในแปลงนาดูดดึงแร่ธาตุ และอินทรียวัตถุไปใช้ประโยชน์ในด้านการเจริญเติบโต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ปริมาณ BOD ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	BOD (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	0.5±0.15[a]	1.4±0.2[b]	5.53±2.04[a]	5.21±1.56[a]
30	0.53±0.03[a]	3.35±0.17[b]	3.93±0.72[a]	3.78±0.39[a]
70	1.34±0.12[a]	2.61±0.12[b]	4.48±0.24[a]	4.18±0.27[a]
100	1.68±0.08[a]	4.12±0.78[b]	5.36±0.57[a]	4.33±0.23[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ BOD จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า BOD ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.2.6 ปริมาณ COD

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่า ปริมาณ COD ของน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าต่ำกว่าปริมาณ COD ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยตลอดการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.16-38.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 23.20-73.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณ COD ในแปลงปลูกข้าวนาปรังทั้งสองมีค่าที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากภายในแปลงนาได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง และอาจเกิดการเน่าเสียของวัชพืช เมื่อพิจารณาจากเส้นกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณ COD มีแนวโน้มลดลงไปเรื่อยๆ ตามอายุข้าวที่สูงขึ้นดังตาราง 4.7 และรูปที่ 4.3 ซึ่งเกิดจากต้นข้าวมีการดึงธาตุอาหารในน้ำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ค่า COD ของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสี่ช่วงอายุข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีการจัดการน้ำและมีการละลายของแร่ธาตุที่เกิดจากปริมาณอาหารที่เหลือค้างจากการเลี้ยงกุ้ง จึงทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณ COD ที่สูงกว่าน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง ในขณะที่ค่า COD ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ที่อายุข้าว 30 และ 70 วัน ส่วนอายุข้าว 0 และ 100 วันพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

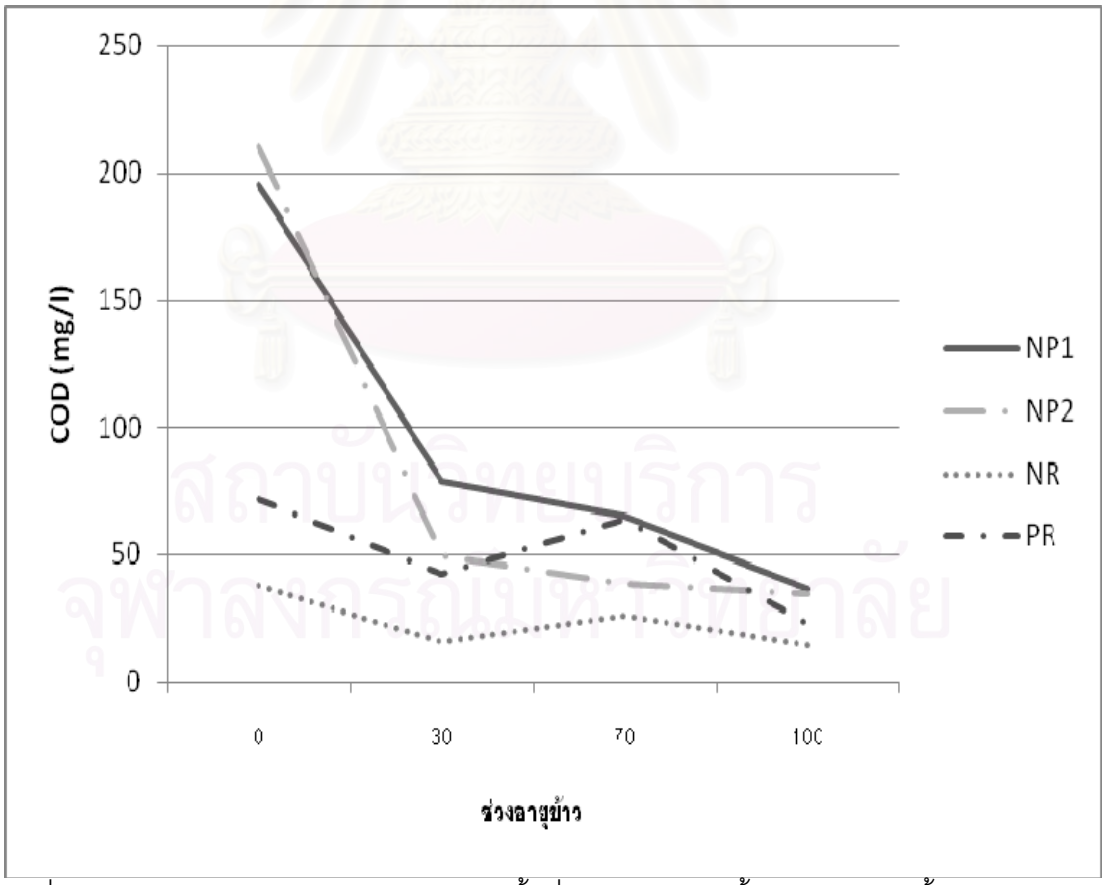
ข้อสังเกตของปริมาณ COD ที่วัดได้ในช่วงข้าวอายุ 0 วัน พบว่ามีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณ COD ในช่วงอื่นๆ เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นการเก็บช่วงที่มีการไถ-คราดแปลงนา ซึ่งมีการละลายของธาตุอาหารที่อยู่ในดินกับน้ำสูงมีผลทำให้ค่า COD ในน้ำช่วงการเก็บตัวอย่างสูงตามไปด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่า COD ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	COD (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	38.03±1.38[a]	71.7±9.9[b]	195.50±14.81	210.18±10.64
30	15.42±1.65[a]	42.50±2.82[b]	78.65±26.34[a]	49.90±11.29[b]
70	25.88±0.67[a]	63.99±4.55[b]	65.09±6.17[a]	38.50±8.64[b]
100	14.16±0.69[a]	23.20±4.68[b]	36.64±4.40	34.74±2.99

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ COD จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่า COD ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.2.7 ปริมาณ TOC

จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณ TOC ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังกับบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TOC ของน้ำระหว่างแปลงข้าวนาปรังทั้งสองพบว่า มีค่าที่แตกต่างกันบางช่วง คือ ช่วงอายุข้าว 0 วัน พบว่าปริมาณ TOC ของแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.19 มิลลกรัมต่อลิตร และ 62.99 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ช่วงอายุข้าว 70 วัน พบว่าปริมาณ TOC ของแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.70 มิลลกรัมต่อลิตร และ 18.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตาราง 4.8 และรูปที่ 4.4 ซึ่งอาจเกิดจากแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งได้รับน้ำที่มีธาตุอาหารละลายอยู่ในน้ำ เนื่องจากมีการตกค้างของอาหารและของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายจากกุ้ง

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ค่า TOC ของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามของอายุข้าว 30 และ 100 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากแหล่งทั้งสองมีการจัดการแตกต่างกัน คือน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะไม่มีการจัดการคุณภาพน้ำ เป็นการปล่อยไปตามธรรมชาติ ในขณะที่น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการจัดการคุณภาพน้ำเพื่อให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมของกุ้งภายในบ่อ และมีการให้อาหารซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารสูงและเกิดการตกค้างในบ่อหรือละลายอยู่ในน้ำ จึงเป็นสาเหตุให้ค่าคุณภาพน้ำทั้งสองแหล่งแตกต่างกัน ส่วนอายุข้าว 0 และ 70 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ค่า TOC ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังของอายุข้าว 0 และ 70 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนอายุข้าว 30 และ 100 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากข้าวในแปลงนาทั้งสองมีการดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนการการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง การแตกกอ และการสร้างเมล็ด จึงทำให้ภายในแปลงนาข้าวทั้งสองมีค่า TOC ที่ไม่มีความแตกต่างกัน

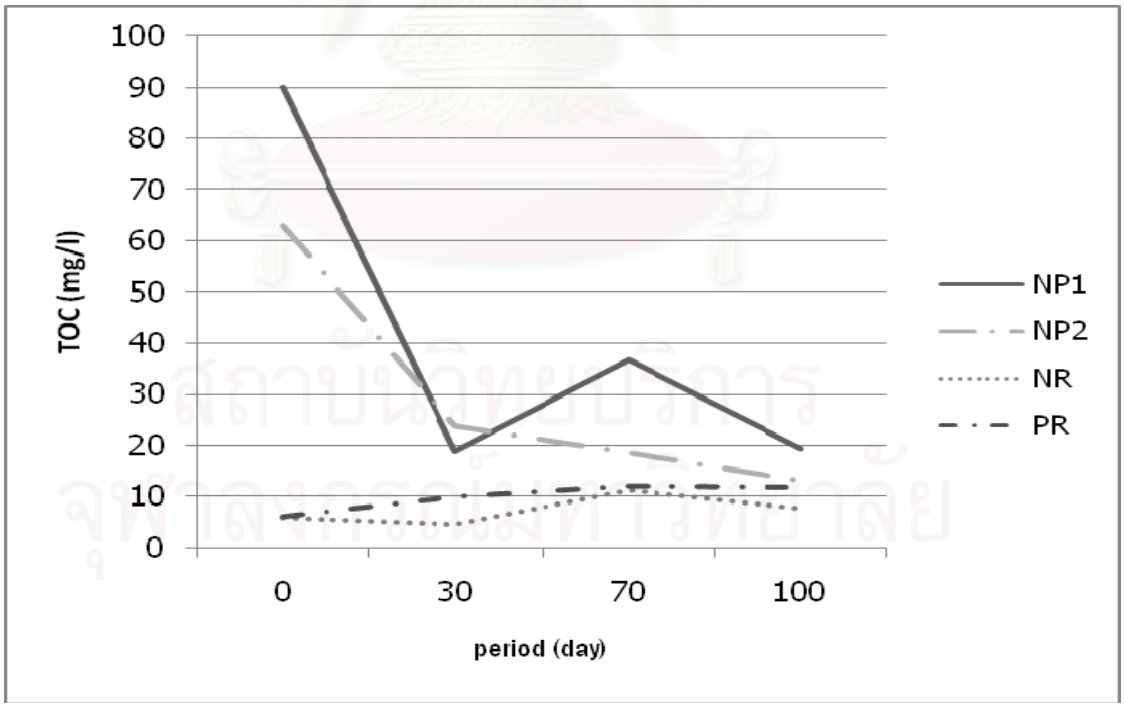
ข้อสังเกตของปริมาณ TOC ที่วัดได้ในช่วงข้าวอายุ 0 วัน พบว่ามีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณ TOC ในช่วงอื่นๆ เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นการเก็บช่วงที่มีการไถ-คราด

แปลงนา ซึ่งมีการละลายของธาตุอาหารที่อยู่ในดินกับน้ำสูงมีผลทำให้ค่า TOC ในน้ำช่วงการเก็บตัวอย่างสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 4.8 ค่า TOC ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	TOC (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	5.91±0.14	6.2±0.4	90.19±8.55[a]	62.99±27.28[b]
30	4.61±0.28[a]	10.03±0.35[b]	23.71±5.78[a]	18.81±2.41[a]
70	11.35±2.81	12.16±1.41	36.70±7.55[a]	18.55±3.63[b]
100	7.60±0.9[a]	11.98±0.59[b]	19.43±1.81	13.14±1.03

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ TOC จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่า TOC ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.2.8 **ความเป็นกรดเป็นด่าง** (pH)

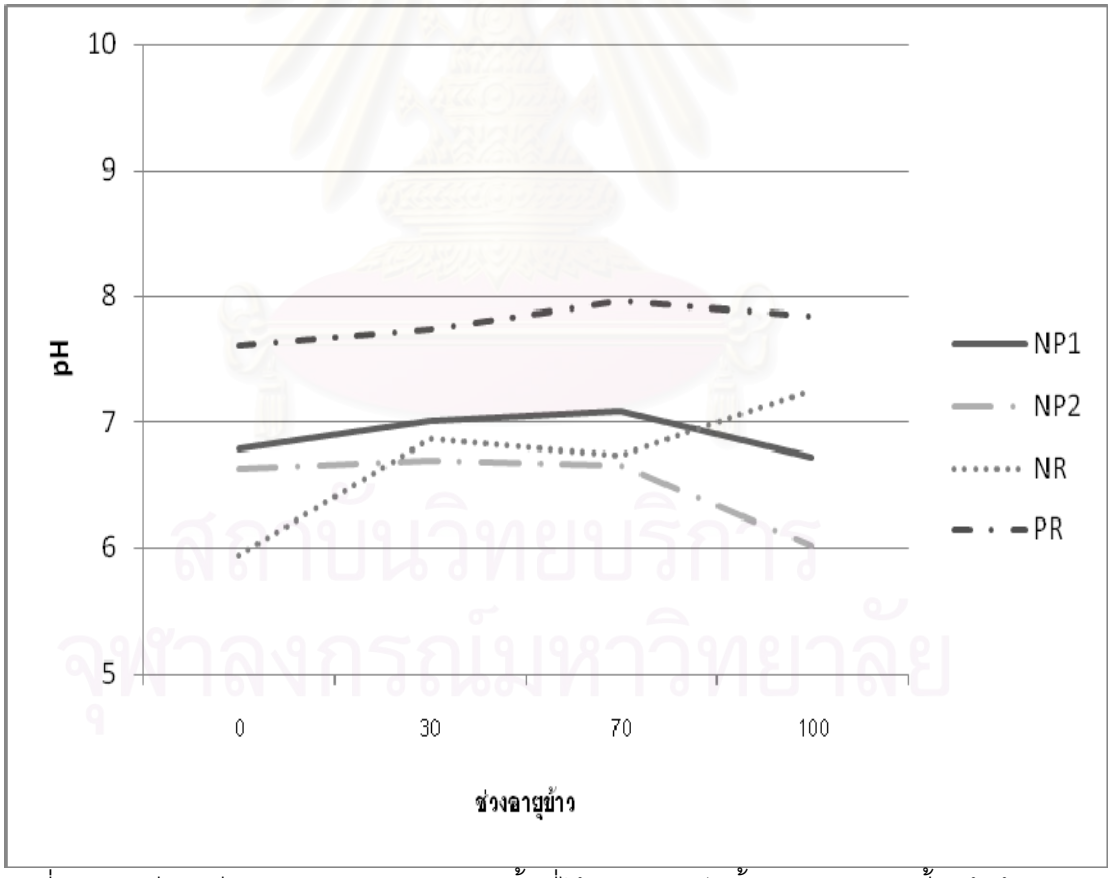
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำลำพะยังกับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามดังตาราง 4.9 และรูปที่ 4.5 พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยัง โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองอยู่ระหว่าง 7.6-7.96 และ 5.94-7.26 ตามลำดับ เนื่องจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการจัดการคุณภาพน้ำโดยการเติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมของกุ้ง ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นด้วย ส่วนน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังไม่มีการจัดการน้ำจึงมีคุณภาพน้ำตามการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ในขณะที่แปลงข้าวนาปรังทั้งสองพบว่า ทุกช่วงอายุข้าว ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.72-7.08 และ 6.02-6.70 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (5.0-9.0) ของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรกรรมได้

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ค่า pH ของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสี่ช่วงอายุข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ค่า pH ของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่า ช่วงอายุข้าว 0 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนอายุข้าว 30 70 และ 100 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากนาข้าวที่ได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการจัดการคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่กุ้งอาศัยคือมีระดับ pH ในแหล่งน้ำอยู่ที่ 7.2-7.8 เมื่อถ่ายน้ำลงสู่นาข้าว ทำให้คุณภาพน้ำในนาข้าวมีค่า pH ที่สูงขึ้น ในขณะที่นาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำมี pH ปกติตามธรรมชาติและไม่มีการจัดการน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำจึงทำให้น้ำในแปลงนามี pH ตามค่าในสภาพแวดล้อมของคุณภาพน้ำของพื้นที่

ตารางที่ 4.9 pH ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	pH			
	NR	PR	NP1	NP2
0	5.94±0.14[a]	7.6±0.1[b]	6.78±0.26	6.63±0.15
30	6.87±0.08[a]	7.73±0.02[b]	7.00±0.13[a]	6.70±0.05[b]
70	6.74±0.13[a]	7.96±0.11[b]	7.08±0.11[a]	6.66±0.14[b]
100	7.26±0.11[a]	7.84±0.25[b]	6.72±0.41[a]	6.02±0.04[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ pH จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่า pH ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.2.9 ปริมาณธาตุอาหาร

4.2.9.1 ไนโตรเจน (TKN)

การตรวจวัดปริมาณสารอาหารพบว่า ปริมาณไนโตรเจนของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่าในอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการละลายของธาตุอาหารที่เหลือจากการกินอาหารของกุ้ง ที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอาหารประเภทโปรตีน โดยตลอดช่วงทดลองพบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.49-3.99 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.13-3.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) พบว่ามีค่าไม่เกิน (ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม / ลิตร) และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อกิจกรรมทางการเกษตรได้ ขณะที่การศึกษาปริมาณไนโตรเจนในแปลงข้าวนาปรังทั้งสองพบว่า

ปริมาณไนโตรเจนของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนของน้ำในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังทุกช่วงอายุข้าวที่ทำการเก็บตัวอย่างดังตาราง 4.10 และรูปที่ 4.6 เนื่องจากได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการละลายของธาตุอาหารในน้ำที่เกิดจากเศษอาหารที่ตกค้างและขี้กุ้ง จึงเป็นสาเหตุทำให้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูง

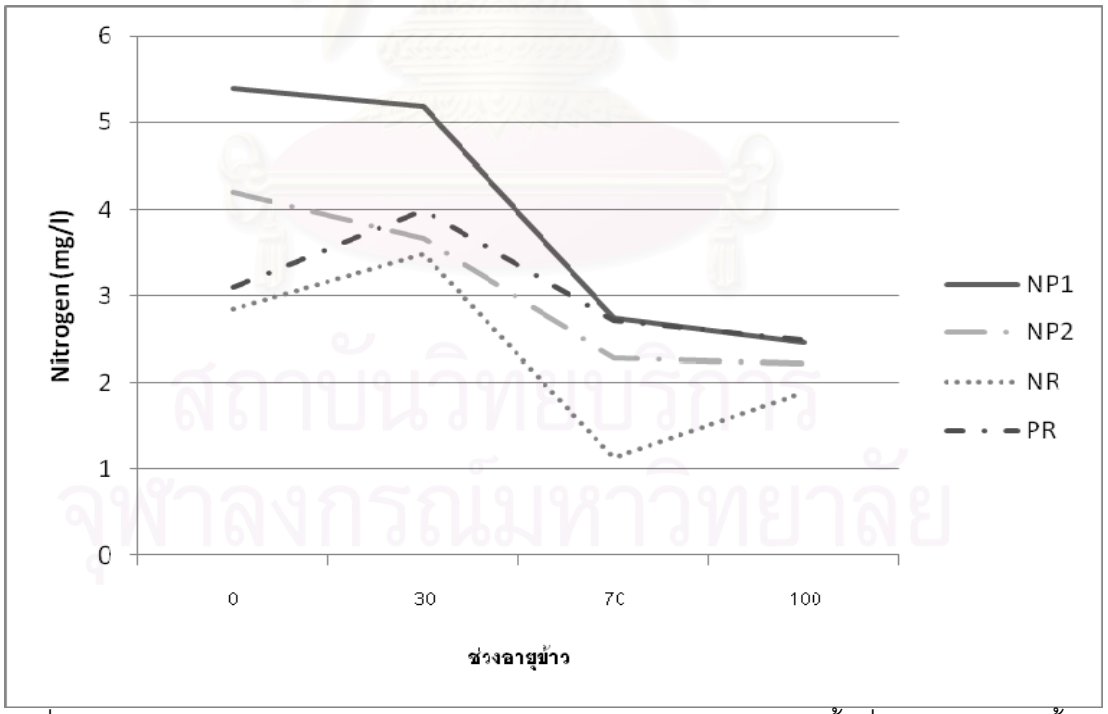
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณไนโตรเจนของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามช่วงอายุข้าว 0 และ 30 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนช่วงอายุข้าว 70 และ 100 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการให้อาหารในเรื่องระบบการเลี้ยงทำให้อาหารที่เหลือจากการกินของกุ้งตกตะกอนและละลายอยู่ในน้ำ ตลอดจนของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของกุ้ง ในขณะที่อ่างเก็บน้ำไม่มีกิจกรรมการเลี้ยงจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในแหล่งน้ำทั้งสองมีค่าแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่าช่วงอายุข้าว 0 และ 30 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนช่วงอายุข้าว 70 และ 100 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากข้าวในแปลงนาดูด

ดึงธาตุไนโตรเจนไปใช้ในกระบวนการการเจริญเติบโตและการสร้างเมล็ด จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายน้ำทั้งสองแปลงมีปริมาณต่ำที่ระดับใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.10 TKN ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	TKN (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	2.85±0.72	3.1±0.4	5.39±1.15[a]	4.20±0.76[b]
30	3.49±0.01	3.99±0.48	7.18±0.74[a]	3.66±0.42[b]
70	1.13±0.05[a]	2.72±0.63[b]	2.73±0.34	2.28±0.07
100	1.89±0.1[a]	2.49±0.24[b]	2.45±0.37	2.22±0.07

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ TKN จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen) (mg/l) ของคุณภาพน้ำที่ได้จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.2.9.2 **ปริมาณฟอสฟอรัสรวม** (Total Phosphorus)

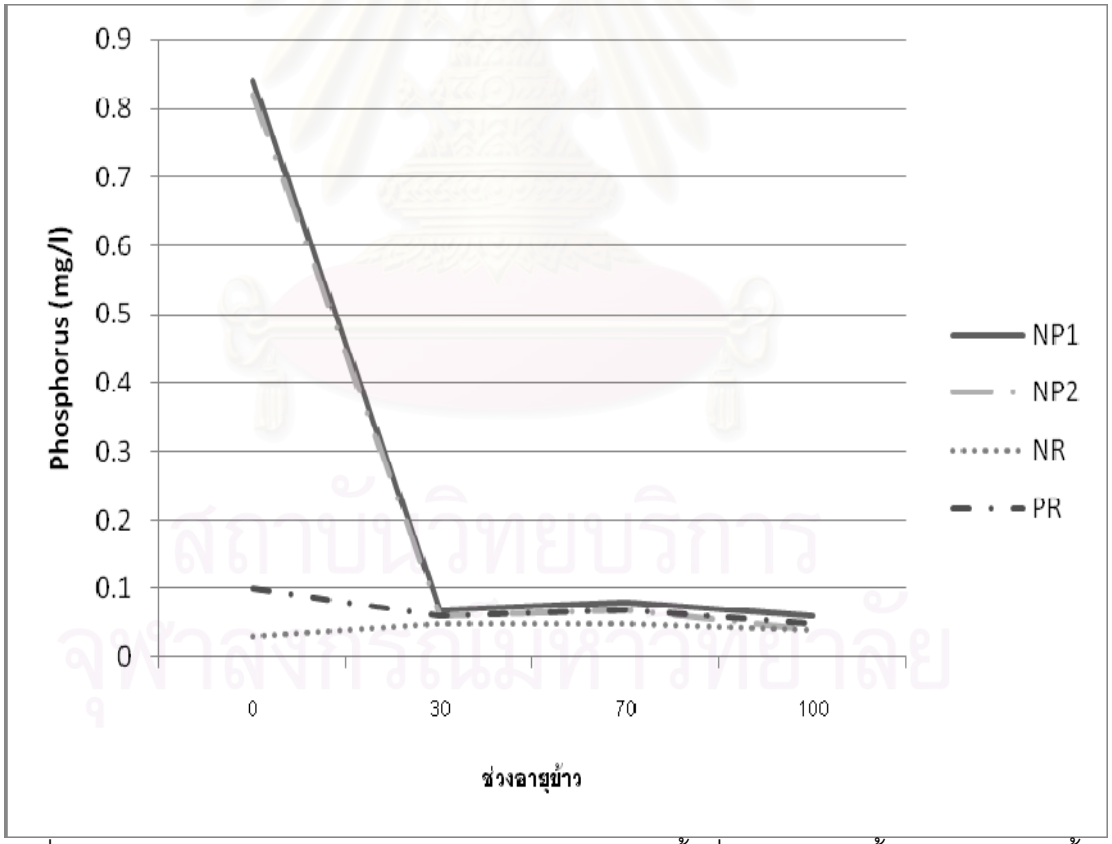
ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำของอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม คือมีปริมาณค่าเฉลี่ยตลอดช่วงทดลองอยู่ระหว่าง 0.031-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.05-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในแปลงปลูกข้าวนาปรังทั้งสองพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทุกช่วงของการเก็บตัวอย่างดังตาราง 4.11 และรูปที่ 4.7 เพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงอายุข้าว 0 วัน พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณสูงคือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 และ 0.84 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งสองแปลงการทดลองมีปริมาณเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ (ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร) จากการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมสารที่อาจก่อให้เกิดความเค็ม เนื่องจากช่วงการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำเป็นช่วงมีการเตรียมแปลงโดยการไถ-คราด เพื่อเตรียมหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว ทำให้ตัวอย่างน้ำมีการละลายของฟอสฟอสรัสในดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสสูง

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำในอ่างเก็บน้ำลำพะยังและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในช่วงอายุข้าว 0 มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากในช่วงการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำเป็นช่วงที่มีการไถ-คราดเพิ่งเสร็จ ดังนั้นคุณภาพน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์จะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง เพราะมีการละลายฟอสฟอรัสที่มาจากดินสูงจึงทำให้ช่วงแรกของการเก็บตัวอย่างคุณภาพจึงมีค่าฟอสฟอรัสสูง ส่วนช่วงอายุข้าว 30 70 และ100 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่า ทุกช่วงอายุข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากลักษณะคุณภาพน้ำทางกายภาพที่เก็บได้ภายในแปลงเป็นน้ำที่ใส และมีการดูดดึงฟอสฟอรัสที่เกิดจากต้นข้าวเพื่อนำไปสู่ระบบการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง การแตกกอ และการสร้างเมล็ดของข้าว และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

ตารางที่ 4.11 Phosphorus ของแหล่งน้ำที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	Phosphorus (mg/l)			
	NR	PR	NP1	NP2
0	0.031[a]	0.1[b]	0.84±0.06	0.82±0.01
30	0.05[a]	0.06±0.01[b]	0.07±0.01	0.06±0.02
70	0.05±0.01[a]	0.07±0.01[b]	0.08±0.03	0.07±0.01
100	0.04±0.01	0.05	0.06±0.01	0.04±0.01

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ Phosphorus จากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NR) บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่า Phosphorus (mg/l) ของคุณภาพน้ำที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติ บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.3 คุณภาพดิน

คุณภาพดินของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตั้งแต่ช่วงอายุข้าว 0 30 70 และ 100 วัน โดยสามารถสรุปผลในแต่ละคุณลักษณะของดัชนีได้ดังนี้

4.3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ช่วงอายุข้าว 0 วัน ดังตาราง 4.12 และรูปที่ 4.8 พบว่าตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.70 แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.72 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน และจัดว่าดินนามีความเป็นกรดปานกลาง (Moderately acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.6-6.0 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินของสองแปลงการทดลองมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกข้าว ที่ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ช่วง 5.0-6.5 (ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต จ.กาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร) และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

อายุข้าว 30 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.17 จัดได้ว่าเป็นดินนาที่มีความเป็นกรดจัด (Strongly acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.1-5.5 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.45 จัดว่าเป็นดินนาที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย (Slightly acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.1-6.5 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินของสองแปลงทดลองจัดว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวที่ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.0-6.5 (ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต จ.กาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร) และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

อายุข้าว 70 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 ซึ่งจัดว่าเป็นดินนาที่มีความเป็นกรดจัดมาก (Very strongly acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.5-5.0 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ส่วนแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.08 จัดว่าดินนามีความเป็นกรดเล็กน้อย (Slightly acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.1-6.5 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

อายุข้าว 100 วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 จัดว่าเป็นดินนามีความเป็นกรดจัดมาก (Very strongly acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.5-5.0 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ส่วนแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.92 จัดว่าดินนามีความเป็นกรดปานกลาง (Moderately acid) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.6-6.0 (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวที่ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.0-6.5 (ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต จ. กาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร) และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้งสองแปลงทดลองตลอดช่วงอายุข้าว พบว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับน้ำที่มีการจัดการน้ำเพื่อการเลี้ยงกุ้งเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมโดยการเติมปูนมาร์ล จึงเป็นสาเหตุทำให้ค่าคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง เมื่อมีการถ่ายเทน้ำลงสู่แปลงนาข้าวจะเกิดการตกตะกอนของสารแขวนลอยที่ละลายอยู่ในน้ำลงสู่ผิวหน้าดิน ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตะกอนดินในนาข้าวสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตะกอนดินในแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตลอดช่วงทำการศึกษาจัดว่ามีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวที่ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.0-6.5 (ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต จ.กาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร) ในขณะที่ตะกอนดินของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังพบว่า ช่วงอายุข้าว 0 และ 30

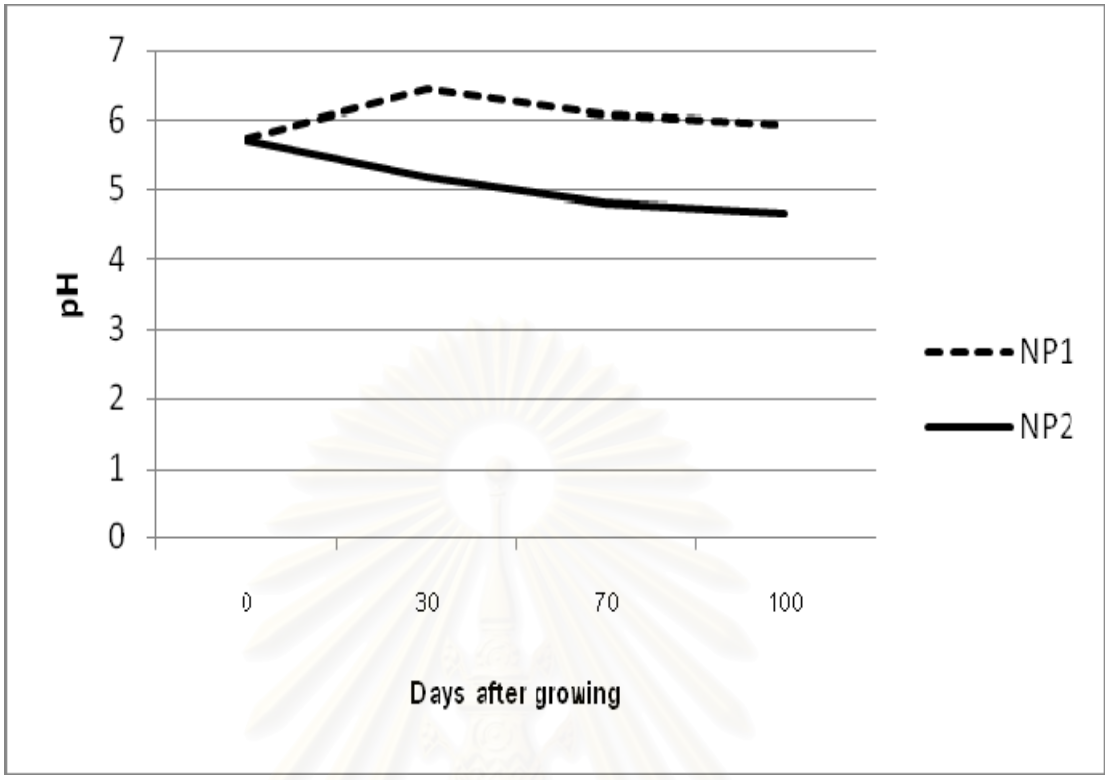
วัน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตะกอนดินจัดว่ามีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว แต่ช่วงอายุข้าว 70 และ 100 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตะกอนดินมีค่าที่ต่ำกว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.0-6.5 ซึ่งมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการปลูกข้าว และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ค่า pH ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามช่วงอายุข้าว 0 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนช่วงอายุข้าว 30 70 และ 100 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนของปูนที่ละลายอยู่ในน้ำที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม และปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการตกตะกอนและของเสียที่เกิดจากการถ่ายของเสียของกุ้ง ดังนั้นเมื่อมีการถ่ายน้ำลงสู่แปลงนาข้าวจึงเกิดการตกตะกอนและทำให้ค่า pH ของดินมีค่าที่สูงขึ้นจากเดิม ซึ่งดีต่อการปลูกข้าวที่ต้องการ pH ของดินให้อยู่ระหว่าง 5.0-6.5 ได้ และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตร

ตารางที่ 4.12 pH ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	pH	
	NP1	NP2
0	5.72±0.12	5.70±0.10
30	6.45±0.21[a]	5.17±0.05[b]
70	6.08±0.14[a]	4.8±0.11[b]
100	5.92±0.1[a]	4.67±0.23[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ pH ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตะกอนดิน ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.3.2 ปริมาณสารอาหาร (แอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสฟอรัส)

4.3.2.1 แอมโมเนีย (NH_4)

ปริมาณแอมโมเนียของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 0 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียเท่ากับ 22.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณแอมโมเนียของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 30 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณแอมโมเนียของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 70 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณแอมโมเนียของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 100 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

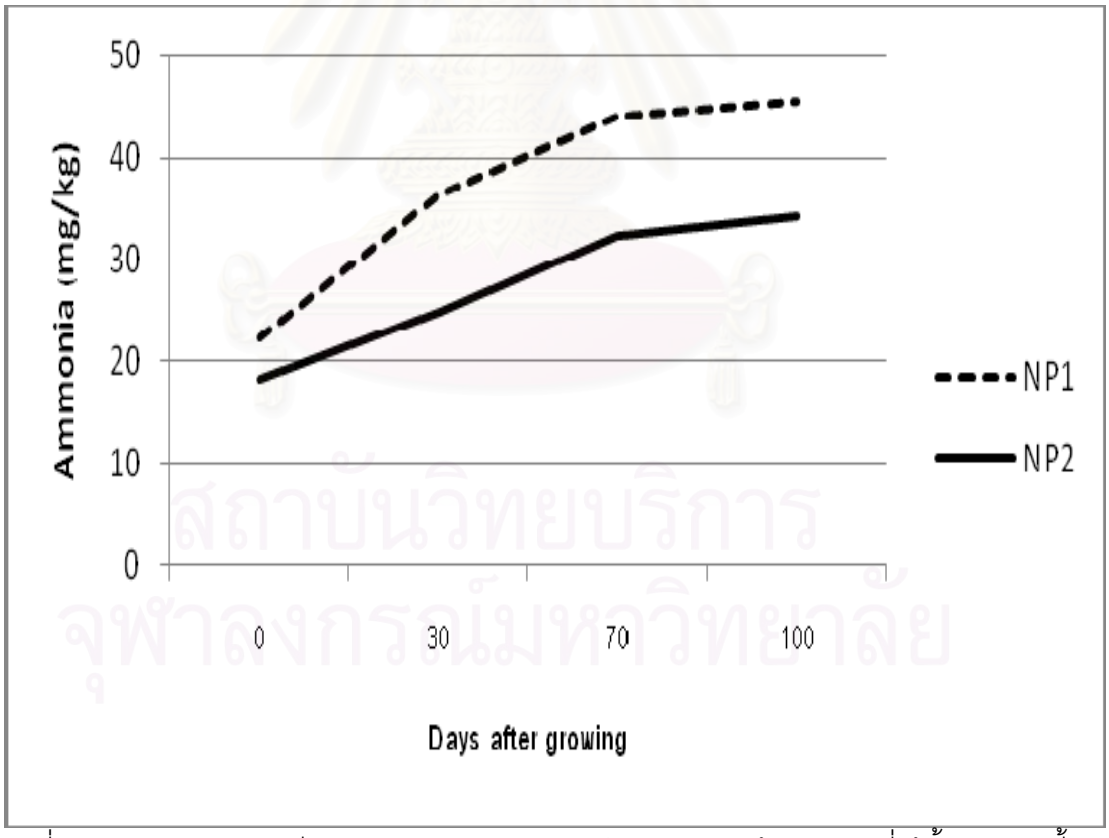
จะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียของตะกอนดินทั้งสองแปลงการทดลองตลอดช่วงอายุข้าวดังตาราง 4.13 และรูปที่ 4.9 พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ซึ่งคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการละลายของธาตุอาหารในน้ำที่เกิดจากเศษอาหารที่ตกค้างและขี้กุ้งซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน จึงเป็นสาเหตุทำให้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณแอมโมเนียสูง

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณแอมโมเนียของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามช่วงอายุข้าว 0 70 และ 100 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนช่วงอายุข้าว 30 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อาจเกิดจากในช่วงก่อนทำการการเก็บตัวอย่างเกิดฝนตกอย่างหนักซึ่งก่อให้เกิดการตายของแพลงก์ตอนในน้ำและตกตะกอนลงสู่หน้าดินที่มีการเก็บตัวอย่าง มีผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียของตัวอย่างที่มีการเก็บในช่วงดังกล่าวมีปริมาณสูงผิดปกติ อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียในตะกอนไม่ก่อให้เกิดผลกระทบสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตรแต่จะมีประโยชน์การเจริญเติบโตของต้นข้าว

ตารางที่ 4.13 แอมโมเนีย (NH_4) ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	แอมโมเนีย (mg/kg)	
	NP1	NP2
0	22.4±3.61	18.2±5.11
30	59.50±7.0[a]	24.85±5.98[b]
70	44.1±3.52	42.0±3.5
100	45.5±4.78	38.5±4.78

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของแอมโมเนีย (NH_4) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.9 ปริมาณแอมโมเนีย (mg/kg) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.3.2.2 **ไนเตรท** (NO_3)

ปริมาณไนเตรทของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 0 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

ปริมาณไนเตรทของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 30 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

ปริมาณไนเตรทของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 70 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.9 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

ปริมาณไนเตรทของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 100 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรทของตะกอนดินของทั้งสองแปลงการทดลองตลอดช่วงอายุข้าวดังตาราง 4.14 และรูปที่ 4.10 พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ซึ่งคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการละลายของธาตุอาหารในน้ำที่เกิดจากเศษอาหารที่ตกค้างและขี้กุ้งซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน จึงเป็นสาเหตุทำให้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณไนเตรทสูง อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรทในตะกอนดินไม่ก่อให้เกิดผลกระทบสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตรแต่จะมีประโยชน์การเจริญเติบโตของต้นข้าว

ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณไนเตรทของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามช่วงอายุ 0 30 70 และ 100 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมี

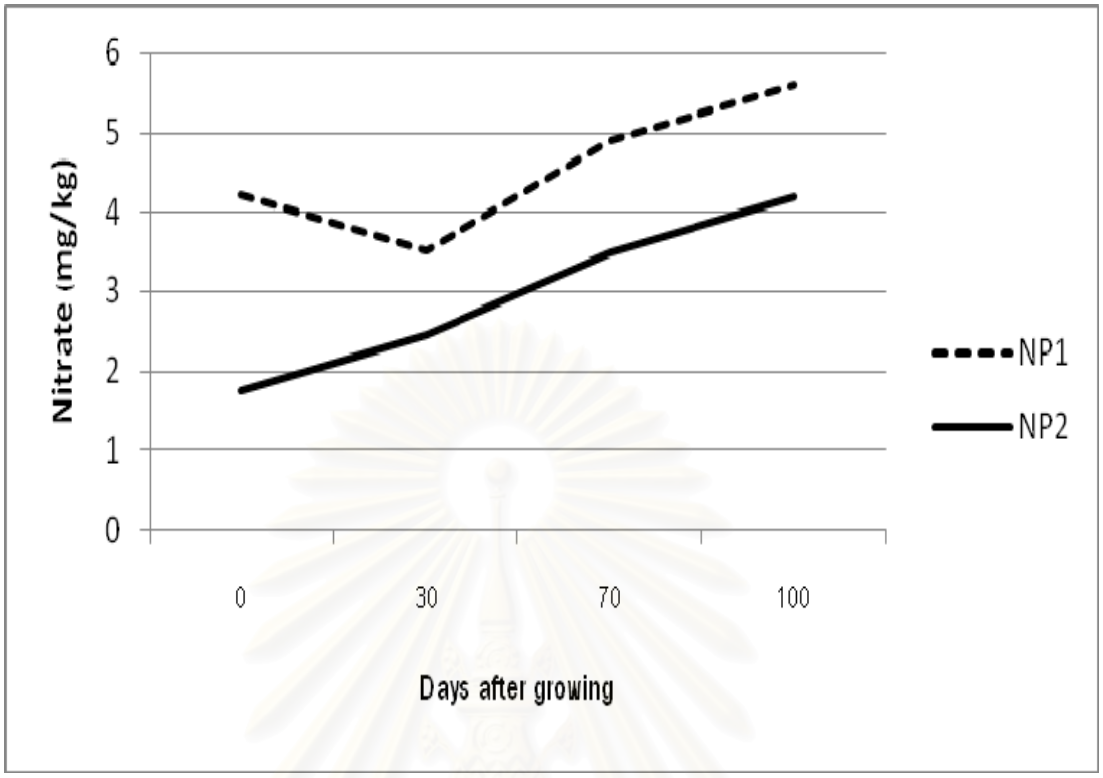
ปริมาณไนเตรทสูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ซึ่งคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการละลายของธาตุอาหารในน้ำที่เกิดจากเศษอาหารที่ตกค้างและขี้กุ้งซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน จึงเป็นสาเหตุทำให้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณไนเตรทสูง

ตารางที่ 4.14 ไนเตรท (NO_3) ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	ไนเตรท (mg/kg)	
	NP1	NP2
0	4.2[a]	1.75±0.7[b]
30	3.50±0.81	2.45±0.7
70	4.9±1.4	3.5±1.4
100	5.6±1.62	4.2

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของไนเตรท (NO_3) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 ปริมาณไนเตรท (mg/kg) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.3.2.3 **ฟอสฟอรัส** (PO_4)

ปริมาณฟอสฟอรัสของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 0 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.91 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.63 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

ปริมาณฟอสฟอรัสของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 30 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.72 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.32 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณฟอสฟอรัสของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 70 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.67 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.04 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณฟอสฟอรัสของตะกอนดิน ช่วงอายุข้าว 100 วัน พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.89 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.49 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสของตะกอนดินทั้งสองแปลงทดลองตลอดช่วงอายุข้าวดังตาราง 4.15 และรูปที่ 4.11 พบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม ซึ่งคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการละลายของธาตุอาหารในน้ำที่เกิดจากเศษอาหารที่ตกค้างและขี้กุ้ง จึงเป็นสาเหตุทำให้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูง อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในตะกอนดินไม่ก่อให้เกิดผลกระทบสภาพแวดล้อมในพื้นที่ทำการเกษตรแต่จะมีประโยชน์การเจริญเติบโตของต้นข้าว

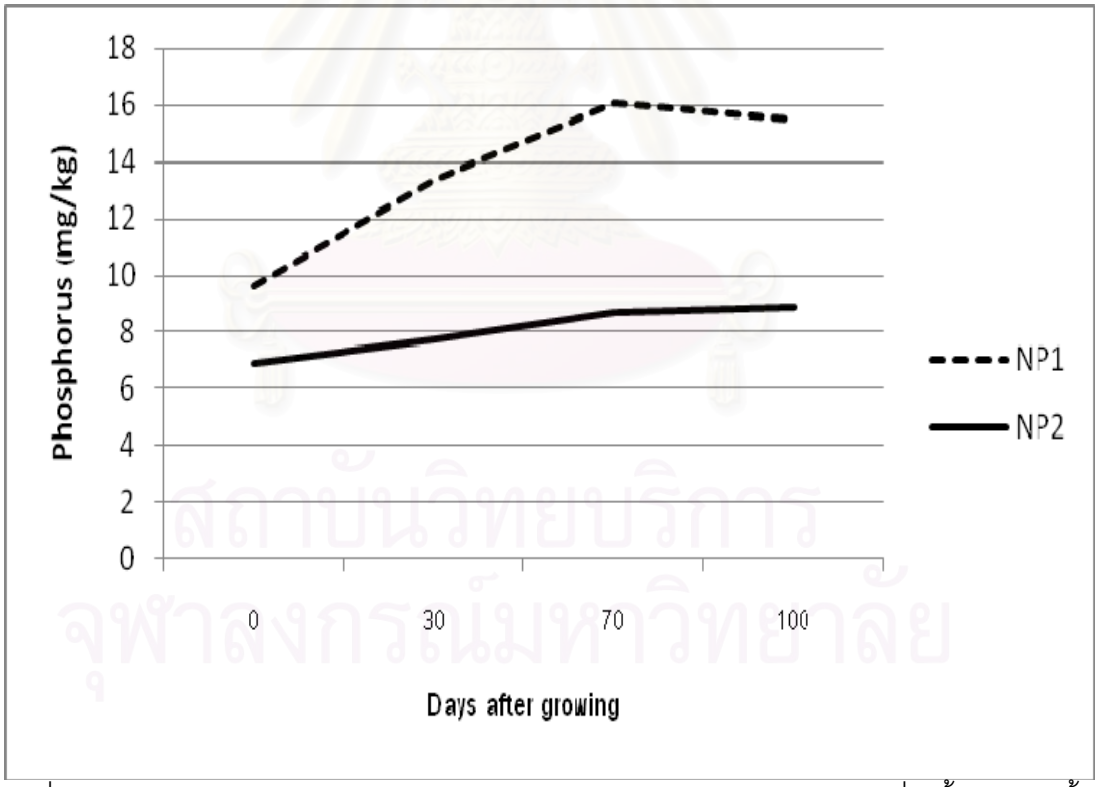
ผลจากการศึกษาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังและแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามช่วงอายุ 0 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนช่วงอายุข้าว 30 70 และ 100 วัน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง ซึ่งคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีการละลายของธาตุอาหารในน้ำที่เกิดจากเศษอาหารที่ตกค้าง ของเสียต่างๆ และขี้กุ้ง จึงเป็นสาเหตุทำให้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 ฟอสฟอรัส (PO_4) ของตะกอนดินที่เป็นองค์ประกอบของการศึกษาวิจัย

อายุข้าว (วัน)	ฟอสฟอรัส (mg/kg)	
	NP1	NP2
0	9.63±3.38	6.91±1.43
30	13.32±3.10[a]	7.72±1.61[b]
70	16.04±3.07[a]	8.67±1.47[b]
100	15.49±4.30[a]	8.89±2.39[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของฟอสฟอรัส (PO_4) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.11 ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/kg) ของตะกอนดินในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.4 การเจริญเติบโตของข้าว

การเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของต้นข้าวแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลการเจริญเติบโตด้านความสูง และข้อมูลการเจริญเติบโตด้านการแตกกอ โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ช่วงอายุข้าว 30 70 และ 100 วัน ดังตาราง 4.16 และ4.17 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า

4.4.1 การเจริญเติบโตด้านความสูง

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าว ช่วงอายุข้าว 30 วัน ดังตาราง 4.16 และรูปที่ 4.12 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พิจารณาจากอิทธิพลของการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง และการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเท่ากับ 34.6 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเท่ากับ 38.2 เซนติเมตร เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นข้าวที่ไม่เท่ากันโดยต้นข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะโตดีกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ช่วงอายุข้าว 70 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พิจารณาจากอิทธิพลของการใช้น้ำจากแหล่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง และการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าเฉลี่ยความสูงในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเท่ากับ 72.1 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยความสูงในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเท่ากับ 76.3 เซนติเมตร เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นข้าวที่ไม่เท่ากันโดยต้นข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะโตดีกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ช่วงอายุข้าว 100 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พิจารณาจากอิทธิพลของการใช้น้ำจากแหล่งน้ำอ่างเก็บน้ำลำพะยัง และการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวในแปลง

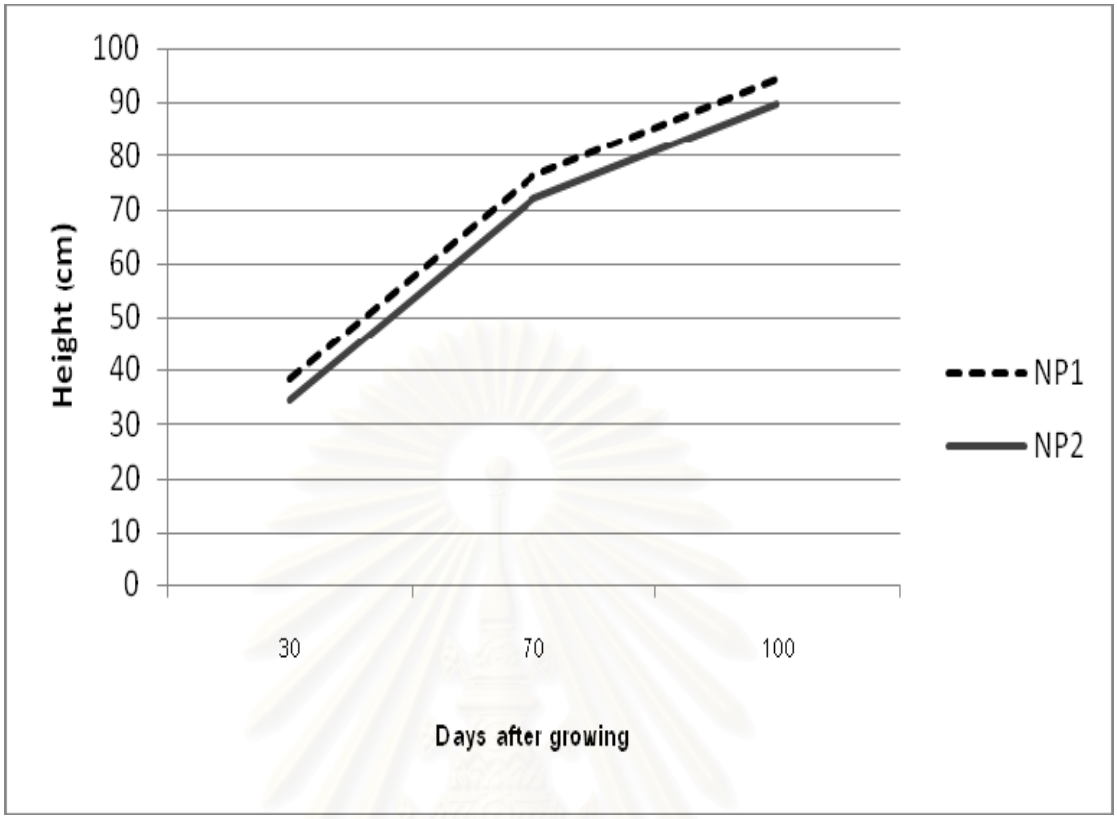
ข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเท่ากับ 89.6 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยความสูงในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเท่ากับ 94.2 เซนติเมตร เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นข้าวที่ไม่เท่ากัน โดยต้นข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะโตดีกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทางด้านความสูงของต้นข้าวพบว่า ต้นข้าวในแปลงทดลองที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากกว่าต้นข้าวในแปลงทดลองที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แสดงให้เห็นว่า ข้าวในแปลงทดลองที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตดีกว่าต้นข้าวในแปลงทดลองที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าอ่างเก็บน้ำลำพะยัง แสดงว่าการใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสามารถเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ต้นข้าวได้มากกว่าการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 4.16 แสดงผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตของข้าวด้านความสูง ของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

ข้าวอายุ (วัน)	ความสูง (เซนติเมตร)	
	NP1	NP2
30	38.21±1.29[a]	34.60±2.58[b]
70	76.25±2.69[a]	72.12±2.26[b]
100	94.25±3.64[a]	89.65±3.31[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวภายในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.4.2 การเจริญเติบโตด้านการแตกกอ

การเจริญเติบโตทางด้านการแตกกอของข้าว ช่วงอายุข้าว 30 วัน พบว่าต้นข้าวในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยของการแตกกอเท่ากับ 3.35 ต้น ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยการแตกกอเท่ากับ 3.60 ต้น เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการแตกกอของต้นข้าวที่ไม่เท่ากัน โดยข้าวที่ได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะโตดีกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

ช่วงอายุข้าว 70 วัน การเจริญเติบโตทางด้านการแตกกอของข้าวในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยของการแตกกอเท่ากับ 8.35 ต้น ซึ่งต่ำกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยการแตกกอเท่ากับ 9.80 ต้น เนื่องจากแปลง

ข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการแตกกอของต้นข้าวที่ไม่เท่ากันโดยข้าวที่ได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะโตดีกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

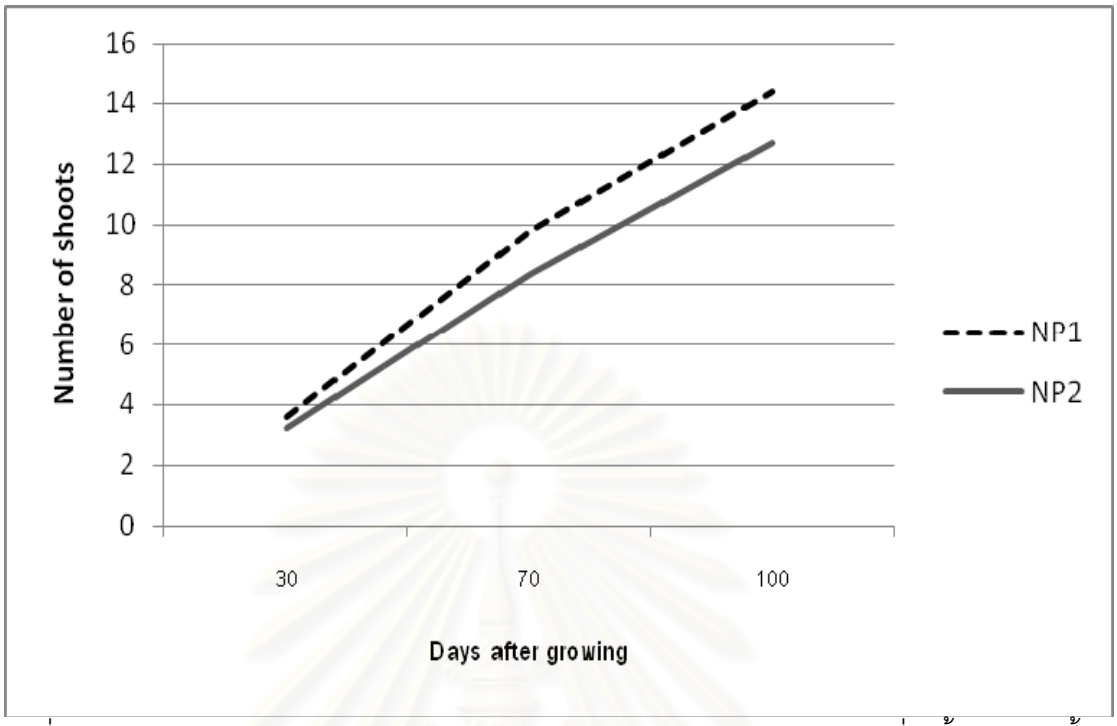
ช่วงอายุข้าว 100 วัน การเจริญเติบโตทางด้านการแตกกอของข้าวในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังมีค่าเฉลี่ยของการแตกกอเท่ากับ 12.66 ต้น ซึ่งต่ำกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีค่าเฉลี่ยการแตกกอเท่ากับ 14.38 ต้น เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการแตกกอของต้นข้าวที่ไม่เท่ากันโดยข้าวที่ได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะโตดีกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางด้านการแตกกอของต้นข้าว ในช่วงอายุ 30 70 และ 100 วัน ดังตาราง 4.17 และรูปที่ 4.13 ให้ผลสอดคล้องกับการเจริญเติบโตทางด้านความสูง คือ ข้าวที่ปลูกในแปลงที่มีการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามจะมีการเจริญเติบโตทางด้านการแตกกอมากกว่าแปลงที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ แสดงว่าในแปลงที่ใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีธาตุอาหารที่ข้าวต้องการใช้ในการเจริญเติบโตสูงกว่า ดังรายงานของ (วิวัฒน์และคณะ, 2536-2539) พบว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย หรือ 16-20-0 หรือยูเรีย +16-20-0 ในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น จากตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.17 แสดงผลวิเคราะห์การเจริญเติบโตของข้าวด้านการแตกกอ ของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

ข้าวอายุ (วัน)	การแตกกอ (ต้น)	
	NP1	NP2
30	3.60±0.59	3.35±0.49
70	9.80±0.89[a]	8.35±0.75[b]
100	14.38±0.96[a]	12.66±0.58[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษรที่แตกต่างกันในแนวราบ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของการเจริญเติบโตด้านการแตกกอของต้นข้าวในแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)



รูปที่ 4.13 การเจริญเติบโตด้านการแตกกอของต้นข้าวภายในแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.5 ผลผลิต

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของแปลงนาทั้งสอง (ตาราง 4.18) ซึ่งบ่งชี้ถึงการตอบสนองธาตุอาหารหลัก และธาตุเสริมประโยชน์ในด้านการเจริญของข้าวในแปลงนาทั้งสอง

4.5.1 จำนวนเมล็ดต่อรวง

จำนวนเมล็ดข้าวเปลือกต่อรวงของข้าวในแปลงนาที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามให้ผลเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อรวงเท่ากับ 121.30 เมล็ด สูงกว่าจำนวนเมล็ดข้าวเปลือกต่อรวงของข้าวในแปลงนาที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังที่มีค่าเท่ากับ 118.45 เมล็ด เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการสร้างเมล็ดของต้นข้าวที่ไม่เท่ากันโดยข้าวที่ได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งให้ปริมาณเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงของแปลงนาที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสูงกว่าแปลงนาที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังนั้น อาจเป็นไปได้ว่า ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และธาตุเสริมประโยชน์ที่ละลายในน้ำส่งผลให้จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงเพิ่มขึ้น โดยที่ไนโตรเจนจะส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ทำให้ใบข้าวมีสีเขียว และเพิ่มปริมาณโปรตีน (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981) รวมทั้งช่วงระยะหลังการเจริญเติบโต (Later growth stage) ไนโตรเจนที่ถูกดูดดึงจะนำไปใช้สำหรับการสร้างเมล็ด (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981; Mikkelsen, 1970; Yoshida; 1981) และฟอสฟอรัสช่วยในการสร้างดอก การผสมเกสร และการติดเมล็ดของข้าว รวมทั้งโพแทสเซียมก็ช่วยสร้างคาร์โบไฮเดรตทำให้เมล็ดข้าวสมบูรณ์ และมีเมล็ดขนาดใหญ่ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981) เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารละลายน้ำที่ต่ำกว่าจึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพที่ด้อยกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.5.2 น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อรวง

น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อรวงของแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเท่ากับ 3.34 กรัม สูงกว่าน้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อรวงของแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังที่มีค่าเท่ากับ 3.29 กรัม เพียงเล็กน้อย อาจเป็นไปได้ว่า ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และธาตุเสริมประโยชน์ที่ละลายในน้ำส่งผลให้จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงเพิ่มขึ้น โดยที่ไนโตรเจนจะส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ทำให้ใบข้าวมีสีเขียว และเพิ่มปริมาณโปรตีน (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981) รวมทั้งช่วงระยะหลังการเจริญเติบโต (Later growth stage) ไนโตรเจนที่ถูกดูดดึงจะนำไปใช้สำหรับการสร้างเมล็ด (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981; Mikkelsen, 1970; Yoshida; 1981) และฟอสฟอรัสช่วยในการสร้างดอก การผสมเกสร และการติดเมล็ดของข้าว รวมทั้งโพแทสเซียมก็ช่วยสร้างคาร์โบไฮเดรตทำให้เมล็ดข้าวสมบูรณ์ และมีเมล็ดขนาดใหญ่ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981) เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารละลายน้ำที่ต่ำกว่าจึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพที่ด้อยกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

4.5.3 จำนวนรวงต่อตารางเมตร

น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ถ่ายลงสู่แปลงนาข้าว ส่งผลให้จำนวนรวงข้าวต่อตารางเมตร (126.75 รวงต่อตารางเมตร) มากกว่า แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (122.75 รวงต่อตารางเมตร) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

สำหรับจำนวนรวงต่อตารางเมตรของข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีปริมาณสูงกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง อาจเป็นผลมากจากธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และธาตุเสริมประโยชน์ที่ละลายในน้ำส่งผลให้จำนวนรวงต่อตารางเมตรมากกว่า โดยเฉพาะไนโตรเจนช่วยให้เกิดการแตกกอของต้นข้าว ฟอสฟอรัสช่วยเร่งการเจริญเติบโตทำให้ออกดอกได้เร็ว (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527; De Datta, 1981) อีกทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุเสริมประโยชน์ที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามยังช่วยให้ต้นข้าวแตกกอมีจำนวนต้นข้าวที่มากกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง ดังนั้นการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ข้าวดีกว่า และให้ผลผลิตจำนวนรวงข้าวต่อตารางเมตรเพิ่มขึ้น และสูงกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง

4.5.4 น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อตารางเมตร

ผลจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวจากแปลงข้าวนาปรังทั้งสองพบว่า ผลผลิตข้าวของแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังในพื้นที่ 1,200 ตารางเมตร ได้ผลผลิตทั้งหมด 484.62 กิโลกรัม เฉลี่ยเท่ากับ 403.8 กรัม/ตารางเมตร หรือคิดเป็น 646.2 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนผลผลิตข้าวในแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้ผลผลิตทั้งหมด 508.01 กิโลกรัม เฉลี่ยเท่ากับ 423.3 กรัม/ตารางเมตร หรือคิดเป็น 677.4 กิโลกรัม/ไร่ เนื่องจากแปลงข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามได้รับธาตุอาหารจากน้ำในบ่อกุ้งซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าธาตุอาหารที่แปลงข้าวได้รับจากอ่างเก็บน้ำจึงมีผลต่อการสร้างเมล็ดของต้นข้าวที่ไม่เท่ากันโดยข้าวที่ได้รับน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งให้ปริมาณและน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ได้รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

องค์ประกอบผลผลิตของข้าว ที่ใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผลผลิตข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากมีธาตุอาหารที่ข้าวต้องการมากกว่า สอดคล้องกับรายงานของ สมบัติ ชิณะวงศ์, (2542) ในการศึกษาเบื้องต้นการใช้ที่ดินและน้ำจาก

บ่อบำบัดปลูกข้าว พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวในกระถางที่ปลูกโดยใช้ดินและน้ำเสียจากบ่อตกตะกอน และบ่อ 1 มีการเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนต้นสูงกว่าดินจากบ่อที่ใช้น้ำดี ดังนั้นการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ข้าวดีกว่า และให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ยต่อตารางเมตรเพิ่มขึ้น และสูงกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง

นอกจากนั้นพบว่า รูปแบบของการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรังได้ผลผลิตข้าวแล้ว ช่วงระหว่างการทำนาตั้งแต่เริ่ม ไถ-หว่าน จนถึงการเก็บเกี่ยว เกษตรสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งก้ามกรามได้อีกทาง และหลังการเก็บเกี่ยวข้าวแล้วพบว่า ยังสามารถเก็บเกี่ยวกุ้งก้ามกรามในบ่อเลี้ยงต่อได้อีก

ตารางที่ 4.18 แสดงผลผลิตข้าวนาปรัง

ประเภท	ผลผลิตเฉลี่ย	
	NP1	NP2
1 จำนวนเมล็ดข้าวเฉลี่ย/รวง	121.30±10.14	118.45±8.54
2 น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ย (กรัม/รวง)	3.34±0.09	3.29±0.07
3.จำนวนรวงข้าวเฉลี่ย/ตารางเมตร	126.75±3.77	122.75±2.75
4.น้ำหนักเมล็ดข้าวเฉลี่ย (กรัม/ตารางเมตร)	423.345	403.847

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตข้าวที่ได้จากแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (NP1) และแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง (NP2)

4.6 ต้นทุนและผลตอบแทน

4.6.1 ต้นทุนการผลิต

จากการรวบรวมต้นทุนการผลิตของรูปแบบ 3.4 (A) ดังตาราง 4.19 การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีต้นทุนการผลิตที่ต้องจ่ายเป็นตัวเงินคือ ค่าขุดบ่อกุ้ง 19,000 บาท ค่าลูกพันธุ์กุ้งก้ามกราม 4,500 บาท ค่าวัสดุการเลี้ยงกุ้ง 3,600 บาท ค่าอาหารกุ้ง 6,000 บาท ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว 225 บาท ค่าน้ำมันในการเตรียมแปลงนา 300 บาท และค่าเก็บเกี่ยวข้าว 400 บาท

รวบการลงทุนทั้งสิ้น 34,025 บาท ขณะที่การผลิตข้าวของรูปแบบ 3.4 (B) แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง พบว่า เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่ต้องจ่ายเป็นตัวเงินคือ ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว ชัยนาท 1 ในพื้นที่ปลูก 1,200 ตารางเมตร ใช้เมล็ดพันธุ์ 15 กิโลกรัม (คิดอัตราการปลูก 20 กิโลกรัมต่อไร่) คิดเป็นเงิน 225 บาท ค่าน้ำมันในการเตรียมแปลงนา 300 บาท และค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต 400 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 925 บาท จะเห็นได้ว่า งบประมาณการทำแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งสูงกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากเป็นการเริ่มต้นการศึกษา ดังนั้นครั้งแรกของผลผลิตที่ได้เมื่อหักต้นทุนจะมีรายได้น้อย แต่ในการลงทุนครั้งต่อไปจะไม่คิดค่าลงทุนที่เกิดจากการสร้างบ่อ เนื่องจากมีการสร้างไว้เรียบร้อยแล้วในตอนแรก ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบการลงทุนที่ไม่มีการรวบค่าจัดสร้างบ่อ พบว่ารูปแบบ 3.4 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรังลงทุนไปทั้งหมด 15,025 บาท

4.6.2 **ผลตอบแทน**

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวจากแปลงทดลองทั้งสอง และผ่านการนวดเพื่อประเมินมูลค่าที่ได้ดังตาราง 4.20 พบว่า ผลตอบแทนของรูปแบบ 3.4 (A) ข้าวของแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีมูลค่า 4,572.126 บาท กุ้งก้ามกรามมีมูลค่า 39,790 บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 44,362.126 บาท เมื่อหักต้นทุนการผลิตพบว่า มีกำไรสุทธิ 10,337.126 บาท ถ้ากรณีที่ไม่คิดค่าสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งดังตาราง 4.21 พบว่า กำไรสุทธิจะเพิ่มขึ้นเป็น 29,337.126 บาท ขณะที่รูปแบบ 3.4 (B) แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำมีผลตอบแทนมูลค่า 4,361.58 บาท เมื่อหักต้นทุนการผลิตดังตาราง 4.20 พบว่า กำไรสุทธิที่ได้มีมูลค่า 3,436.58 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 แสดงต้นทุนการผลิตของรูปแบบทดลองคือ รูปแบบ 3.4 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง และรูปแบบ 3.4 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังเพื่อการทำนาปรัง

รายการ	ต้นทุน (บาท)	
	รูปแบบ 3.4 (A)	รูปแบบ 3.4 (B)
1 ค่าขุดบ่อกุ้ง	19,000	-
2 ค่าน้ำมัน	300	300
3 ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว	225	225
4 ค่าลูกพันธุ์กุ้งก้ามกราม	4,500	-
5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว	400	400
6 ค่าวัสดุ-อุปกรณ์ (บ่อเลี้ยงกุ้ง)	3,600	-
7 ค่าวัสดุ-อุปกรณ์ (แปลงนาข้าว)	-	-
8 ค่าอาหารกุ้งก้ามกราม	6,000	-
9 ค่าแรง	-	-
10 อื่นๆ	-	-
รวม	34,025	925

ตารางที่ 4.20 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.4 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.4 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีคิดต้นทุนการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามคิดเป็นจำนวนเงิน 19,000 บาท

รายการ	ผลตอบแทน (บาท)		กำไรสุทธิ (บาท)	
	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)
ข้าว	4,572.126	4,361.58	3,647.126	3,436.58
*กุ้งก้ามกราม	39,790	-	6,690	-
รวม	44,362.126	4,361.58	10,337.126	3,436.58

หมายเหตุ คิดราคาข้าวตามอัตราในเดือนตุลาคม 2551 ในราคา ตันละ 9,000 บาท
กุ้งก้ามกราม กก.ละ 150 บาท และหลังเดือนมิถุนายน 2551 ยังสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งที่ยังค้างบ่อได้อีก

ตารางที่ 4.21 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.4 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.4 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีไม่คิดต้นทุนการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามคิดเป็นจำนวนเงิน 19,000 บาท

รายการ	ผลตอบแทน (บาท)		กำไรสุทธิ (บาท)	
	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)
ข้าว	4,572.126	4,361.58	3,647.126	3,436.58
**กุ้งก้ามกราม	39,790	-	25,690.00	-
รวม	44,362.126	4,361.58	29,337.126	3,436.58

หมายเหตุ คิดราคาข้าวตามอัตราในเดือนตุลาคม 2551 ในราคา ตันละ 9,000 บาท
กุ้งก้ามกราม กก.ละ 150 บาท และหลังเดือนมิถุนายน 2551 ยังสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งที่ยังค้างบ่อได้อีก

4.7 แรงจูงใจต่อการส่งเสริม และสนับสนุนการประกอบอาชีพ

ผลจากการเก็บข้อมูลผลผลิตและมูลค่าที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัยเมื่อเปรียบเทียบเป็นผลผลิตต่อไร่ดังตาราง 4.22 พบว่า มูลค่าที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัยในอัตราส่วนต่อไร่ เป็นดังนี้ คือ ผลผลิตข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสามารถนำมาคิดเป็นมูลค่าที่เป็นเงินในอัตราส่วน (บาทต่อไร่) ให้ผลตอบแทน 6,096.17 บาทต่อไร่ และเมื่อหักต้นทุนจะได้กำไรสุทธิ 4,862.84 บาทต่อไร่ ในขณะที่ได้ผลผลิตจากกุ้งก้ามกรามมีมูลค่า 26,526.67 บาทต่อไร่ เมื่อหักต้นทุน (คิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้ง) จะได้กำไรสุทธิที่ 4,460.00 บาทต่อไร่ ในขณะเดียวกันแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำให้ผลตอบแทนคิดเป็นมูลค่า 5,815.44 บาทต่อไร่ เมื่อหักต้นทุนจะได้กำไรสุทธิ 4,582.11 บาทต่อไร่ และ ในตารางที่ 4.23 พบว่า มูลค่าที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัยในอัตราส่วนต่อไร่ เป็นดังนี้ คือ ผลผลิตข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสามารถนำมาคิดเป็นมูลค่าที่เป็นเงินในอัตราส่วน (บาทต่อไร่) ให้ผลตอบแทน 6,096.17 บาทต่อไร่ และเมื่อหักต้นทุนจะได้กำไรสุทธิ 4,862.84 บาทต่อไร่ ในขณะที่ได้ผลผลิตจากกุ้งก้ามกรามมีมูลค่า 26,526.67 บาทต่อไร่ เมื่อหักต้นทุน (ไม่คิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้ง) จะได้กำไรสุทธิที่ 17,126.67 บาทต่อไร่ ในขณะเดียวกันแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำให้ผลตอบแทนคิดเป็นมูลค่า 5,815.44 บาทต่อไร่ เมื่อหักต้นทุนจะได้กำไรสุทธิ 4,582.11 บาทต่อไร่

จะเห็นได้ว่าแปลงศึกษาวิจัยสามารถให้ผลผลิตทางการเกษตรในช่วงฤดูแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับก่อนทำการศึกษาวิจัยที่พื้นที่ถูกปล่อยให้รกร้างปราศจากการใช้ประโยชน์ โดยถ้าพิจารณาจากแปลงทดลองที่ทำการเปรียบเทียบกันพบว่า แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามให้ผลผลิตทั้งข้าวและกุ้ง ในขณะที่แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังให้ผลผลิตเพียงข้าวอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ทั้งสองแปลงการทดลอง เป็นแปลงที่มีการนำน้ำมาใช้ในช่วงฤดูแล้งให้เกิดประโยชน์ดังเห็นได้จากผลผลิตที่ได้ตลอดจนมูลค่าที่ก่อให้เกิดรายได้แก่เกษตรกรในระดับครัวเรือนได้

ถ้ามีการเทียบกับการผลิตในพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้พื้นที่ทำการเกษตรเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้ง โดยการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าพบว่าถ้ามีการปลูกข้าว 1 ไร่ (ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ) จะให้กำไรสุทธิ 4,582.11 บาท เมื่อเทียบกับอดีตที่ในพื้นที่ทำการศึกษาในช่วงฤดูแล้งไม่มีรายได้ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า มีความคุ้มค่าอย่างยิ่งถ้าเกษตรกรสามารถทำการปลูกในพื้นที่ 10 ไร่ ผลผลิตที่ได้จะเพิ่มขึ้น 10 เท่าจากเดิม คือ จากกำไรสุทธิ 4,582.11 บาท เป็นกำไรสุทธิ 45,821.10 บาท

ในขณะเดียวกันจากการสำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูลจากการสำภาษณ์ในพื้นที่ศึกษาพบว่าพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรจะมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่ทางกรมชลประทานได้ขุดไว้ให้เพื่อเก็บกักน้ำในช่วงหน้าแล้ง โดยอ่างเก็บน้ำดังกล่าว เกษตรกรสามารถเลี้ยงปลาได้ แต่จากการสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำพื้นฐานพบว่า ปลาที่เกษตรกรเลี้ยงโตช้ามาก เนื่องจากเกษตรกรขาดความรู้ และประสบการณ์ในการจัดการน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ดังนั้นจากการจัดทำแปลงศึกษาวิจัย สามารถเป็นแบบอย่างของการจัดการน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแก่เกษตรกรในพื้นที่ได้ และเป็นแบบอย่างด้านการใช้น้ำที่เหลือหรือน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมาใช้ประโยชน์อีกครั้งโดยนำมาปลูกพืชได้ และได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

แปลงศึกษาวิจัยมีขนาด 3 ไร่ ซึ่งเป็นแปลงเกษตรทำการเกษตรที่มีขนาดเล็กเหมาะแก่การส่งเสริม และสนับสนุน เพื่อเป็นแม่แบบให้แก่เกษตรกรซึ่งถือเป็นประชาชนระดับรากหญ้าของประเทศที่มีพื้นที่ครอบครองเพียงไม่มากได้เป็นตัวอย่างเพื่อการเรียนรู้ และเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีอาชีพในพื้นที่บ้านเกิด รู้จักแก้ปัญหา พึ่งพาตนเอง ลดการพึ่งพาปัจจัยภายนอก ทางด้านเศรษฐกิจเป็นการปูพื้นฐานของเศรษฐกิจในระดับครัวเรือนซึ่งมีความเข้มแข็งและมั่นคงกว่าการยึดหลักเศรษฐกิจที่มีการพึ่งพาอุตสาหกรรมเป็นหลัก ทางด้านสังคมเป็นการลดปัญหาการอพยพย้ายถิ่นไปหางานทำในเขตเมือง ฟื้นฟูวัฒนธรรม-ขนบธรรมเนียมประเพณี-วิถีชีวิต ของประชาชนในพื้นที่เนื่องจากมีคนรุ่นหลังสืบทอดอยู่ตลอด ทางด้านทรัพยากรธรรมชาติ

และสิ่งแวดล้อม สามารถฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ เนื่องจากเกิดกิจกรรมทางการเกษตรที่มีการปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ เกิดวัฏจักรที่มีการหมุนเวียนของแร่ธาตุในดินอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีพื้นฐานในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ให้แก่ประชาชนในระดับรากหญ้าแล้ว สามารถนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนได้

ตารางที่ 4.22 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.4 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.4 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีคิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงจำนวนเงิน 19,000 บาท คิดผลตอบแทนที่ได้ในรูปตัวเงินในอัตรา (บาทต่อไร่)

รายการ	ผลตอบแทน (บาท/ไร่)		กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	
	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)
ข้าว	6,096.17	5,815.44	4,862.84	4,582.11
*กุ้งก้ามกราม	26,526.67	-	4,460.00	-
รวม	32,622.84	5,815.44	9,322.84	4,582.11

หมายเหตุ คิดราคาข้าวตามอัตราในเดือนตุลาคม 2551 ในราคา ตันละ 9,000 บาท
กุ้งก้ามกราม กก.ละ 150 บาท และหลังเดือนมิถุนายน 2551 ยังสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งที่ยังค้างบ่อได้อีก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ผลตอบแทนที่ได้จากแปลงศึกษาวิจัย รูปแบบ 3.4 (A) การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง และรูปแบบ 3.4 (B) การใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังปลูกข้าวนาปรัง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2551) กรณีไม่คิดต้นทุนการผลิตการสร้างบ่อเลี้ยงจำนวนเงิน 19,000 บาท คิดผลตอบแทนที่ได้ในรูปตัวเงินในอัตรา (บาทต่อไร่)

รายการ	ผลตอบแทน (บาท/ไร่)		กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	
	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)	รูปแบบที่ 3.4 (A)	รูปแบบที่ 3.4 (B)
ข้าว	6,096.17	5,815.44	4,862.84	4,582.11
**กุ้งก้ามกราม	26,526.67	-	17,126.67	-
รวม	32,622.84	5,815.44	21,989.51	4,582.11

หมายเหตุ คิดราคาข้าวตามอัตราในเดือนตุลาคม 2551 ในราคา ตันละ 9,000 บาท กุ้งก้ามกราม กก.ละ 150 บาท และหลังเดือนมิถุนายน 2551 ยังสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตกุ้งที่ยังค้างบ่อได้อีก

4.8 การประกอบอาชีพเกษตรกรรมในอดีตกับรูปแบบการศึกษาวิจัยในพื้นที่ศึกษา

ช่วงฤดูแล้งในอดีต เกษตรในพื้นที่ศึกษามีการอพยพไปหางานทำในเขตเมือง โดยจะทำเกษตรกรรมเฉพาะช่วงฤดูฝน คือการทำนาปี ซึ่งอยู่ในช่วงเดือน พฤษภาคม-พฤศจิกายน ของทุกปี จากรูปแบบทดลองการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง คือการเริ่มเลี้ยงกุ้งในฤดูกาลฝน ร่วมกับการทำนา แต่เนื่องจากช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำเพียงพอต่อการทำนา ในขณะเดียวกัน เป็นการเริ่มการปล่อยกุ้งจึงทำให้ช่วงนี้มีการถ่ายเทน้ำน้อยมาก เนื่องจากปริมาณอาหารที่ให้กุ้งน้อย แต่เมื่อกุ้งอายุเข้า 3 เดือนขึ้นไป การถ่ายเทน้ำเพื่อการจัดการคุณภาพน้ำเริ่มมีมากขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของของเสียที่ละลายน้ำมีมากขึ้นตามปริมาณอาหารที่ให้เพิ่มมากขึ้นเมื่อกุ้งมีอายุและขนาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นการนำน้ำที่ได้จากการเลี้ยงมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในช่วงฤดูแล้งจึงเป็นสิ่งที่ควรมีการส่งเสริม หรือจัดทำเป็นรูปแบบการจัดการน้ำในช่วงหน้าแล้งเพื่อการประกอบอาชีพ คือการนำน้ำมาทำเกษตรกรรม เช่น การปลูกข้าว ผักสวนครัว เป็นต้น สำหรับการปลูกข้าวโดยใช้น้ำจากบ่อกุ้งเป็นการนำน้ำที่ทิ้งกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ และปราศจากการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณอาหาร ได้แก่ N, P, K ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ ทั้งยังได้ผลผลิตข้าวและผลผลิตกุ้งในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรมีอาหารบริโภค และมีรายได้จากการขายผลผลิต ลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยเคมี และมีงานทำตลอดปี ปัญหาการอพยพย้ายถิ่นเพื่อการหางานทำลดลง

หลังจากโครงการศึกษาวิจัยเสร็จสิ้นลงพบว่า เกษตรกรในพื้นที่มีการตื่นตัวเรื่องการประกอบอาชีพในช่วงฤดูแล้งมากขึ้น อีกปัจจัยหนึ่งอาจเกิดจากราคาข้าวค่อนสูงในช่วงทำการศึกษาวิจัย ตลอดจนอยู่ในช่วงเศรษฐกิจทรุดตัวทำให้เกษตรเริ่มหันมาพึ่งพาตนเองมากขึ้น

สำหรับแปลงศึกษาวิจัยดังกล่าว เริ่มเป็นจุดเริ่มต้นของการถ่ายทอด และแหล่งเรียนรู้ของเกษตรกรในพื้นที่โดยตัวเกษตรในพื้นที่สามารถถ่ายทอดได้เป็นอย่างดี ซึ่งเกิดจากความรู้ที่ได้จากประสบการณ์การเรียนรู้ทำงานร่วมกับคณะผู้วิจัย การขยายผลและประยุกต์ใช้ในกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การปลูกผักสวนครัว โดยใช้น้ำจากการเลี้ยงปลา เกษตรกรได้รับความรู้เรื่องการจัดการน้ำเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น เช่น การเลี้ยงปลานิล ในอดีตพบว่าเกษตรกรในพื้นที่โครงการนิยมเลี้ยงปลานิลกันมาก แต่ปลานิลโตช้า ทั้งที่มีการให้อาหาร ซึ่งเมื่อได้เข้ามาศึกษาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแปลงศึกษาวิจัยแล้ว เกษตรกรที่มีปัญหาเรื่องดังกล่าว สามารถเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนไปแก้ปัญหาได้ คือ การเลี้ยงปลานิลนอกจากมีการให้อาหารที่เพียงพอและสม่ำเสมอแล้ว ยังต้องจัดการคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของปลา เนื่องจากคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษาค่อนข้างเป็นกรดอ่อน (pH น้ำอยู่ในช่วง 5.9-7.26) ซึ่งเป็นคุณภาพน้ำที่ต้องมีการจัดการเพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำโดยการเติมปูนมาร์ล หรือปูนขาว และควรมีการถ่ายเทน้ำเพื่อลดความเข้มข้นธาตุอาหาร และของเสียที่ละลายอยู่ในน้ำที่มีผลทำให้น้ำภายบ่อเลี้ยงเน่าเสีย ซึ่งสามารถนำรูปแบบการศึกษาวิจัยมาเป็นต้นแบบในการนำไปใช้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การจัดการน้ำเพื่อการเกษตรเชิงบูรณาการได้ทำการทดลองโดยเปรียบเทียบการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเพื่อการทำนาปรัง เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในช่วงฤดูแล้งในพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ การศึกษาครั้งนี้พบว่า แปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังประมาณ 5 เปอร์เซ็น อีกทั้งยังให้ผลผลิตกุ้งก้ามกรามจากการใช้น้ำมวลเดียวกัน ซึ่งสามารถนำมาเป็นรูปแบบของการสนับสนุน และส่งเสริมอาชีพให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาได้

5.1.1 ปริมาณน้ำ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในแปลงปลูกข้าวนาปรังทั้งสอง มีการควบคุมปริมาณให้มีการใช้ที่เท่ากัน ตลอดการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นการจัดทำแปลงจนถึงการเก็บเกี่ยวมีการใช้น้ำทั้งหมดแปลงละ 720 ลูกบาศก์เมตร รวมสองแปลงมีการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าว 1,400 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีการใช้น้ำทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นเตรียมปล่อยลูกกุ้งจนถึงเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว 4,320 ลูกบาศก์เมตร แต่อย่างไรก็ตามจะมีการเหลือน้ำไว้ในบ่อเพื่อเลี้ยงกุ้งต่อไปที่ปริมาณ 2,880 ลูกบาศก์เมตร

5.1.2 คุณภาพน้ำและดิน

5.1.2.1 คุณภาพน้ำของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติพบว่า อุณหภูมิของน้ำตลอดช่วงการเก็บตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.50-28.91 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.05-9.20 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เฉลี่ยของน้ำอยู่ในช่วง 6.02-6.70 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย (BOD) เฉลี่ยของน้ำอยู่ในช่วง 3.79-5.21 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนโตรเจน (TKN) ของ

น้ำเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.22-4.20 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัส (Availible Phosphorus) ของน้ำเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.82 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่ คุณภาพน้ำของ การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง อุณหภูมิของน้ำตลอดช่วงเก็บข้อมูลมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.70-28.95 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.55-8.10 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เฉลี่ยของน้ำอยู่ในช่วง 6.72-7.08 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย (BOD) เฉลี่ยของน้ำอยู่ในช่วง 3.93-6.42 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนโตรเจน (TKN) ของน้ำเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.45-5.39 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัส (Availible Phosphorus) ของน้ำเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 0.06-0.84 มิลลิกรัม/ลิตร

5.1.2.2 คุณภาพดินของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินตลอดช่วงการเก็บตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.67-5.70 ปริมาณแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18.20-42.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณไนเตรทมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.75-4.20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัส (Availible Phosphorus) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.91-8.89 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่ คุณภาพดินของการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินตลอดช่วงการเก็บตัวอย่างเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 5.72-6.45 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 22.40-59.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 3.50-5.60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัส (Availible Phosphorus) เฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 9.63-16.04 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่คุณภาพดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (PR) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.32-7.75 ปริมาณแอมโมเนียของดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 34.3-57.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณไนเตรทของดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.75-4.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัส (Availible Phosphorus) ของดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.57-34.20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำและดินของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และแปลงการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง พบว่า ค่าคุณภาพน้ำและดินของแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าน้อยกว่า ค่าคุณภาพน้ำและดิน ของการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง แทบทุกค่าและทุกช่วงของการเก็บตัวอย่าง

5.1.3 การเจริญเติบโต

จากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านความสูง และการแตกกอระหว่างแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรังพบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีการเจริญเติบโตของข้าวน้อยกว่าการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง ทุกช่วงของการสุ่มเก็บตัวอย่าง แสดงว่าการใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมีธาตุอาหารที่ข้าวต้องการใช้ในการเจริญเติบโต สูงกว่าแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

5.1.4 ผลผลิต

จากการเปรียบเทียบผลผลิตของข้าว ระหว่างแปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและ การใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรังพบว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีผลผลิตข้าวน้อยกว่าแปลงการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง แสดงให้เห็นว่าแปลงการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมาปลูกข้าวนาปรัง ข้าวได้รับปริมาณสารอาหารสูงกว่า แปลงปลูกข้าวนาปรังที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้มีผลผลิตข้าวที่สูงกว่า

5.1.5 ต้นทุน

การศึกษาครั้งนี้ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี หรือยาปราบศัตรูพืช ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตระหว่างแปลงปลูกข้าวทั้งสองจะมีต้นทุนผลิตที่เท่ากัน แต่พบว่าแปลงนาที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามให้ผลผลิตสูงกว่าประมาณ 5 % เนื่องจากได้รับธาตุอาหารที่ละลายน้ำสูงกว่าแปลงนาที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง สภาพแวดล้อมในแปลงนาโดยทั่วไป เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่มีค่าสูงกว่าแปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ พบว่าแปลงนาที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เหมาะสมกับการปลูกข้าวดีกว่าแปลงนาที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยัง เนื่องจากคุณภาพดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเหมาะสมกับการปลูกข้าว ที่ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ช่วง 5.0 - 6.5 (ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิต จ.กาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร)

5.1.6 ผลตอบแทน

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตมาเปรียบเทียบพบว่า ผลผลิตข้าวที่ได้จากแปลงนาที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสูงกว่าแปลงนาที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่สิ่งหนึ่งที่ได้เพิ่ม คือกุ้งก้ามกรามที่สามารถจับมาอุปโภค-บริโภค ในครัวเรือน อีกทั้งเป็นการใช้น้ำที่ผ่านการเลี้ยงสัตว์น้ำมาแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทางด้านการเพาะปลูก ผลตอบแทนที่เห็นได้จากมูลค่าที่เป็นตัวเงินแล้ว ยังมีผลตอบแทนที่เกิดจากการจัดการน้ำทำให้เกษตรกรมีงานทำ มีอาชีพเสริมในช่วงฤดูแล้ง

จะเห็นได้ว่าแปลงศึกษาวิจัยสามารถให้ผลผลิตทางการเกษตรในช่วงฤดูแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับก่อนทำการศึกษาวิจัยที่พื้นที่ถูกปล่อยให้รกร้างปราศจากการใช้ประโยชน์ โดยถ้าพิจารณาจากแปลงทดลองที่ทำการเปรียบเทียบกันพบว่า แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามให้ผลผลิตทั้งข้าวและกุ้ง ในขณะที่แปลงนาข้าวที่ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำลำพะยังให้ผลผลิตเพียงข้าวอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ทั้งสองแปลงการทดลอง เป็นแปลงที่มีการนำน้ำมาใช้ในช่วงฤดูแล้งให้เกิดประโยชน์ดังเห็นได้จากผลผลิตที่ได้ตลอดจนมูลค่าที่ก่อให้เกิดรายได้แก่เกษตรกรในระดับครัวเรือนได้

ถ้ามีการเทียบกับการผลิตในพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้พื้นที่ทำการเกษตรเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้ง โดยการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าพบว่าถ้ามีการปลูกข้าว 1 ไร่ (ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ) จะให้กำไรสุทธิ 4,582.11 บาท เมื่อเทียบกับอดีตที่ในพื้นที่ทำการศึกษาในช่วงฤดูแล้งไม่มีรายได้จากการประกอบอาชีพดังกล่าว จะเห็นได้ว่า มีความคุ้มค่าอย่างยิ่งถ้าเกษตรกรสามารถทำการปลูกยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเกษตรกรมีพื้นที่เกษตรกรรมจำนวน 10 ไร่ ผลผลิตที่ได้จะเพิ่มขึ้น 10 เท่าจากเดิม คือ จากกำไรสุทธิ 4,582.11 บาท เป็นกำไรสุทธิ 45,821.10 บาท หรือ กรณีที่เกษตรกรในพื้นที่มีพื้นที่ทำการเกษตรเพียง 1-5 ไร่ ก็ยังสามารถทำการเกษตรแบบบูรณการได้ เช่น การเลี้ยงปลาร่วมกับการทำนา หรือการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชผักสวนครัว หรือ พืชอายุสั้น ในช่วงฤดูแล้ง โดยการจัดการน้ำให้เหมาะสม สามารถช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ เป็นการวางพื้นฐานของการประกอบอาชีพแบบพึ่งพาตนเองให้แก่เกษตรกรในระดับรากหญ้า ซึ่งเป็นคนส่วนใหญ่ของประเทศ เป็นการวางรากฐานของระบบเศรษฐกิจที่เริ่มจากเศรษฐกิจในครัวเรือนที่น่าจะมีความมั่นคงกว่าระบบเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก และประกอบอาชีพแบบพึ่งพาตนเองแก่เกษตรกรในระดับรากหญ้าเหมาะสมกับวิถีชีวิต สภาพแวดล้อม ภูมิประเทศ ภูมิอากาศที่เป็นเอกลักษณ์ ของประเทศ ที่เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม การผลิตอาหารซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีพของประชาชนในประเทศ

นอกจากนั้นการใช้น้ำจากนากุ้งมาปลูกข้าวยังมีส่วนในการแก้ปัญหาการปล่อยน้ำที่มีแร่ธาตุ (N & P) สูงจากบ่อเลี้ยง มาเป็นประโยชน์ต่อต้นข้าว ไม่ก่อให้เกิดปัญหาการเกิดสาหร่าย Bloom ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากปัญหาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อีกทางหนึ่ง ทำให้สิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำดีอยู่ตลอดเวลา สามารถนำแนวทางการศึกษาวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางการแก้ปัญหาในพื้นที่อื่นได้อย่างเป็นรูปธรรม

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

1) ความเหมาะสมในพื้นที่ศึกษาวิจัยควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเรื่องของการใช้น้ำ มาปลูกข้าวพันธุ์ที่เป็นความต้องการของเกษตรกรในพื้นที่ เช่น ข้าวพันธุ์กข 6 เป็นต้น

2) ศึกษาเชิงลึกของคุณภาพดินในพื้นที่เพื่อการทดลองปลูกพืชที่เหมาะสม และการหลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมทางการเกษตรในช่วงฤดูหนาว (เพราะมีลมแรง)

3) ศึกษาคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงฤดูกาลเพื่อนำไปสู่การจัดการน้ำเพื่อการประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสม เช่น คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

4) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งต่อการปลูกข้าวนาปรังในพื้นที่ที่เหมาะสม และมีความสมดุลในการปลูกข้าว

5) ศึกษารูปแบบการจัดการน้ำต่อการประกอบอาชีพ ในรูปแบบเกษตรผสมผสานการประกอบอาชีพแบบครบวงจร ในช่วงระยะเวลา 1 ปี

6) ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพบางตัวที่ต้นข้าวยังขาดแคลนใส่เพิ่มเติมในนาข้าวนอกเหนือจากปุ๋ยที่ได้จากนากุ้งเพียงอย่างเดียว เพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวสูงสุด ในขณะที่ลงทุน (ปุ๋ย) น้อยที่สุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ. กรม. 2540. **เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กองจัดการคุณภาพน้ำ. กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. **ปทานุกรมปฐพีวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2537. **กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ**. กรุงเทพมหานคร: ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 ฝ่ายพัฒนาและผลิตสื่อ กองส่งเสริมและเผยแพร่.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำรัส โปร่งศิริวัฒนา 2534. **ความรู้เรื่องข้าว**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชลประทาน. กรม. 2549. **โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำพะยังตอนบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ**. อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์. แหล่งที่มา: http://fsb4ks.50megs.com/D3.html [25 ธันวาคม 2551].

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ สุทธิ. 2541. **การจัดการการใช้น้ำของพื้นที่เพาะปลูกแบบยกร่องในเขตดำเนินสะดวก**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ แสงธรรม. 2544. **กุ้งก้ามกราม**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2531. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2543. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทนา คชเสนี. 2536. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิรนาม. 2548ก.**การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**. แหล่งที่มา: http://www.nicaonline.com/articles2/site/view_article.asp?idarticle=102 [26 ธันวาคม 2548].

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2536. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทิพย์ ธนวรรณ. 2541. **การศึกษาการใช้น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในพื้นที่จัดรูปที่ดินโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาดอนเจดีย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พลาวุธ น้อยเคียง. 2539. **การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในภาคตะวันออกของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มิ่งสรรพ์ ขาวสะอาด, 2544. **แนวนโยบายการจัดการน้ำสำหรับประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. **ปุ๋ยเพื่อชีวิตที่ดีขึ้น**. กรุงเทพมหานคร: มงคลการพิมพ์.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. **หลักการผลิตและใช้ปุ๋ย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. **ดินในการเกษตรยั่งยืน. เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการเรื่อง เกษตรยั่งยืนกับยุทธศาสตร์ดินและปุ๋ยของชาติ.** กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยนต์ มุสิก. (ม.ป.ป.). **กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อปลา 2**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนชาติ ช่วยบุดดา. 2544. **อิทธิพลของฟอสฟอรัสและซิลิกอนต่อผลผลิตและการดูดดึงธาตุอาหารของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ชุดดินรังสิตกรดจัด.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดาวัลย์ กรรณนุช. 2543. **ปุ๋ยเคมีและการใช้เคมีอย่างถูกต้องและเหมาะสม. ในเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในนาข้าว.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกาตรเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดาวัลย์ ปัญจวิโรจน์. 2540. **มลพิษกับความปวดร้าวของสิ่งแวดล้อม น. 78 – 86. ในการสัมมนาเชิงวิชาการเรื่อง จัดการอย่างไรกับของเสียอันตรายเพื่อความก้าวไกลของอุตสาหกรรมไทย** กรุงเทพมหานคร: ในวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2540 โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรยศ ผุสดี. 2543. **การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามต่อข้าวพันธุ์กำแพงแสน 28 และคุณภาพดิน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2544. **เกษตรยั่งยืน : วิถีการเกษตรแห่งอนาคต**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์กรีนเนท

วิโรจน์ วจนานวัช. 2528. **อิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟตที่มีผลประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดิน และผลผลิตของพืชในระบบข้าว-ถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินลำปาง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์, ชยงค์ นามเมือง และเจนวิทย์ สุขทองสา. 2536 – 2539. **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, ประจำปี 2536 – 2539.** กรมวิชาการเกษตร กองปฐพีวิทยา กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. **ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี**. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

สถาบันวิจัยข้าว. 2541. **ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง 1**. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์เกษตรแห่งประเทศไทย. (เอกสารเผยแพร่)

สถาบันวิจัยข้าว. 2544. **ความรู้เรื่องข้าว**. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ การบริหารจัดการทรัพยากรในพื้นที่ลุ่มน้ำแบบบูรณาการอย่างยั่งยืน โดยใช้หลักการการจัดการ ดิน น้ำ ประชากร กรณีศึกษา ลุ่มน้ำพองและลุ่มน้ำยัง**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบัติ ชิณะวงศ์. 2542. **การศึกษาเบื้องต้นการใช้ดินและน้ำจากบ่อบำบัดปลูกข้าว**. น. 35 – 1 ถึง 35 – 6 ในเอกสารประกอบการสัมมนา เรื่องเทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัดและการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช วันที่ 25 – 28 สิงหาคม 2542. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ ศิริพานิชเจริญ. 2535. **ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2511. **เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดินนา**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2521. **คู่มือตัวอย่างปุ๋ยเคมีประกอบการศึกษาแบบที่ 1. ในเอกสารวิชาการฉบับที่ 4 โครงการวิจัยและแนะนำทางเทคโนโลยีของดินและปุ๋ย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัมพันธ์ เตชะอธิก และคณะ,2544. **การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและเกษตรกรรมยั่งยืน**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุภาพร สุกสีเหลือง. 2538. **การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ. 210–214.

สุมาลี พิตรากูล. 2532. **นิเวศวิทยา**. ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 343 น.สำนักงานชลประทานที่ 7 และสำนักงานชลประทานที่ 10. ม.ป.ป. อาณาเขตพื้นที่โครงการชลประทานสุพรรณบุรี. สำนักงานชลประทานจังหวัดสุพรรณบุรี.

แสงระวี ศรีโมรา. 2544. **การศึกษาการปลูกข้าวโดยใช้น้ำดีจากชลประทานเพชรบุรีและน้ำ**

เสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อพิศรา หงส์หิรัญ. 2550. **ระบบการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม กรณีศึกษา อำเภอบางปลาม้า และอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (การจัดการประมง) สาขาการจัดการประมง ภาควิชาการจัดการประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2527. **เรื่องของข้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัมมาร สยามวาลา และวิโรจน์ ณ ระนอง. 2533. **ประมวลความรู้เรื่องข้าว**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

อานนท์ สุขสวัสดิ์. 2547. **การประเมิณความอุดมสมบูรณ์ของดินนา**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ภาษาอังกฤษ

Anonymous. 1979. **Fertilizer manual**. Alabema: International Fertilizer Development Center.

Barry, D.A. and Miller, M.H. 1989. **Phosphorus nutrition requirement of maize seeding for maximum yield**. Agron. J. 81: 95-99.

Bidwell, E. 1980. **Toxic metals and their Analysis**. London: Cambridge University Press.

Boyd, C.E. 1982. **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. Amsterdam: Elsevier Sci. Pubi. Co.

Dalton, J.D., Russell, G.C. and Sieling, D.H. 1952. Effect of organic matter on phosphate availability. **Soil Sci.** 73:173-181.

De Datta, S.K. 1981. Principles and Practice of Rice Production. In: Rice Ressearch. **International Rice Research Instiute**. Philippines: Los Banos.

El-Baruni, B. and Olsen, S.R., 1997. Effect of manure on Solubility of phosphorus in calcareous soil. **Soil Sci.** 128:219-225.

Feng, M.P. and Saldana, J.L. 1978. The response of two paddy rice varieties to potash in Dominican Republic. **Potash Rev. Subject 16** No. 7, 5 p.

Friesen, D.K., Sanz, J.I., Correa, F.J., Winslow, M.D., Okuda, K., Datnoff, L.E. and

Snyder, G.H. 1994. **Silicon deficiency of upland rice on highly weathered savanna soil in Colombia.** I. Evidence of a major yield constraint. IX Conferencia International de arroz para a America Latina e para o Caribe, V Reuniao Nacional de Pesquisa de Arroz. Castro's Park Htel. 21-25 Marco. Goiania, Goias. Brazil.

Hammond, K.E., Evans D.E., and Hodson M.J. 1995. Aluminium/silicon interactions in barley (Hordeum vulgare L.) seedling. **Plant Soil** 173:89-95.

Iler, R.K. 1979. The chemisitry of silica. **Solubility, polymerization, colloid and surface properties and biochemistry.** New York: John Wiley and Sons, Inc. 866 p.

Imaizumi, K. and Yoshida, S. 1958. **Edaphological studies on silicon supplying power of paddy field.** Bull of nation Institute of Agri. Sci. Series B, No.8:261-304.

Ishizuka, Y. and Tanaka, A. 1951. Studies on the N P and K metabolism in rice plane. **J. Sci Soil.** Manure, Japan 22(2): 102-106.

Ismunadji, M. and Parlohasdjono, S. 1979. Recent research on potassium application to lowland rice in Indonesia. **Potash Res.** Subject 9, No. 9, 9 p.

Kato, N. and Owa, N. 1990. Dissolution mechanism of silicate slag fertilizer in paddy soil. XIV Int. Congr. **Soil Soil Sci.** 4: 609-610.

Kudo, I., T. Yoshimura, M. Yanadn and K. Matsunaga. 2000. Exhaustion of Nitrate terminates a Phytoplankton Bloom in Funka Bay, Japan: **Change in SiO4: NO3 Consumption Rate during the Bloom.** Mar. Ecol. Prog. Ser. 193: 45 – 51.

Kuichi, T. and Ishazaka, H. 1961. Effect of nutrients on the yield constituting factors of rice. **J. Sci Soil Manure,** Japan. 32: 198-202.

Mikkelsen, D.S. 1970.Recent advance in plant tissue analysis. **Rice J.** 73(6): 2-5.

Mondal, S.S., Dasmahapatra, A.N. and Chatterju, B.N. 1982. Potassium nutrition at high levels of nitrogen fertilization on rice. **Potash Rev.** Subject 9. No. 8, 9 p.

Ponnamperuma, F.N. 1972. The Chemistry of Submerged Soil. **Adv. Agron.** 24: 29-96.

Rahman, M.T., Kawamura, K., Kayama, H. and Hara, T. 1998. Varietal differences in the growth of rice plant n response to aluminum and silicon. **Soil Sci. Plant Nutr.** 44(3): 423-431.

Sommer, A.L. 1926. Studies concerning the essential nature of aluminum and silicon for

plant growth. **Calif. Univ. Public. Agric. Sci.** 5: 57.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. **(2nd Edition) A practical handbook of sea-water analysis.** Canada: J. Fish. Res. Bd. 167-311 pp.

Struthers, P.H. and Sieling, D.H. 1950. Effect of organic anions on phosphate precipitation by iron and aluminum as influenced by pH. **Soil Sci.** 39:205-213.

Takahashi, E. 1968. Silica as a Nutrient to the Rice Plant. **JARQ** 3(3): 1-4.

Takahashi, E., Ma, JF. And Miyake, Y. 1990. The possibility of silicon as essential element for higher plants. **Comments Agric. Food Chem.** 2: 99-122.

Tanado, T. and Yoshida, S. 1978. Chemical Changes in Submerged Soils and Their Effect on rice Growth. Philipines: Int. Rice Res. Inst., Los Banos. **Soils and Rice.** 399-420.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D. 1985. **Soil Fertility and Fertilizers.** 4th ed. Macmillan, New York. 754 p.

Von Uexkull, H.R. 1976. Aspects of fertilizer use in modern high-yield rice culture. Int. Potash **Inst. Bull.** 3. 73 p.

William A. Andrews, Donna K. Moore, Alex C. Leroy. 1972. **A guide to the Study of Environment Pollution.** Prentice-Hall of Canada.

Word Resources. 1999. The World Resources Institute. U.S.A.: Washington. D.C., 165p.

Yoshida, S. 1975. The physiology of silicon in rice. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan. **Tech. Bull.** 25.

Yoshida, S. 1981. **Fundamentals of rice crop science.** Philippine: The International Rice Research Institute.

Yoshida, S. and Ancajas, R.R. 1969. Zinc Deficiency of the rice plant in calcareous soil. **J.Soil Sci. Plant Nutr.** 15: 75-80.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์มาตรฐาน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตารางผนวกที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด/ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1.สี กลิ่นและรส (Colour,Odour and Teste)	-	-	ธ	ธ´	ธ´	ธ´	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	°C	-	ธ	ธ´	ธ´	ธ´	-
3.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	-	ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4.ออกซิเจนละลาย (DO)	mg/l	P20	ธ	< 6.0	< 4.0	< 2.0	-
5.บีโอดี (BOD)	mg/l	P80	5	> 1.5	> 2.0	> 4.0	-
6. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	MPN/100 ml	P80	6	> 5,000	> 20,000	-	-
7. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal Coliform Bacteria)	MPN/100 ml	P80	7	> 1,000	> 4,000	-	-
8. ไนเตรท (NO3) ในหน่วยไนโตรเจน	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 5.0			-
9. แอมโมเนีย (NH3) ในหน่วยไนโตรเจน	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.5			-
10. ฟีนอล (Phenols)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005			-
11. ทองแดง (Cu)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
12. นิคเกิล (Ni)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
13. แมงกานิส (Mn)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
14. สังกะสี (Zn)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด/ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
15. แคดเมียม (Cd)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005* 0.05**			-
16. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.05			-
17. ตะกั่ว (Pb)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.05			-
18. ปรอททั้งหมด (Total Hg)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.002			-
19. สารหนู (As)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.01			-
20. ไซยาไนด์ (Cyanide)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005			-
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)		-					
- ค่ารังสีแอลฟา (Alpha)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
- ค่ารังสีเบตา (Beta)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
22. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีครอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	mg/l	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.05			-
23. ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 1.0			-
24. บีเอชซีชนิดอัลฟา (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.02			-
25. ดิลดริล (Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
26. อัลดริน(Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
27. เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlor epoxide)		-	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 0.2 ไมโครกรัม/ลิตร			-
28. เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

แหล่งที่มาของข้อมูล: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 **เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน** ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ

1/ การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยการผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยการผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

3/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ´ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

°C องศาเซลเซียส

P20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

mg/l มิลกรัมต่อลิตร

ml มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น. หรือ Most Probable Number

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในทางน้ำชลประทาน กรมชลประทาน

1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5

2 ค่าความนำไฟฟ้า (3C%10^{6}) ไม่มากกว่า 2.101 ไมโครไมส์/ซม.

3 ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) รวมกันไม่มากกว่า 1,300 มิลลิกรัม/ลิตร

4 ค่า BOD (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร

5 ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร

6 ค่าของเปอร์แมงกาเนท (PV) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัม/ลิตร

7 ค่าซัลไฟด์ คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร

8 ค่าไซยาไนด์ คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร

9 ค่าน้ำมันและไขมัน ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร

10 ค่าฟอร์มัลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร

11 ค่าฟีนอลและครีโซลซ์ ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร

12 ค่าคลอรีนอิสระ ไม่มากกว่า 1 มิลลกรัม/ลิตร

13 ค่ายาฆ่าแมลงและสารกัมมันตรังสี ต้องไม่มีเลย

14 สีหรือกลิ่นที่ระบายลงสู่ทางน้ำชลประทานไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

15 ค่าน้ำมันทาร์ ต้องไม่มีเลย

16 ค่าโลหะหนัก ควรมีดังนี้

สังกะสี (Zn) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร
โครเมียม (Cr) ไม่มากกว่า 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร
อาร์เซนิค (As) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร
ทองแดง (Cu) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
ปรอท (Hg) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร
แคดเมียม (Cd) ไม่มากกว่า 0.33 มิลลิกรัม/ลิตร
บาเรียม (Ba) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
เซเลเนียม (Se) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร
ตะกั่ว (Pb) ไม่มากกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร
นิเกิล (Ni) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แมงกานิส (Mn) ไม่มากกว่า 5 มิลกรัม/ลิตร

ตารางผนวกที่ 2 เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

คุณภาพน้ำ	ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ	หมายเหตุ
อุณหภูมิ (Temperature-°C)	- ระหว่าง 23-32°C โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	- ไม่ต่ำกว่า 5.0 และไม่สูงเกินกว่า 9.0 โดยมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน ไม่ควรเกินกว่า 2.0 หน่วย	
ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen-DO)	- ไม่ต่ำกว่า 3 มก./ลิตร และไม่เกินกว่า 110% ของระดับอิ่มตัว (saturation level) ในน้ำตามสภาพต่างๆ	ระดับอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำตามสภาพต่างๆ
คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide-CO2)	- ไม่สูงเกินกว่า 30 มก./ลิตร และควรมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่เพียงพอ	
ความขุ่น (Turbidity)	- ค่าความโปร่งใส (Transparency) อยู่ในช่วงระหว่าง 30-60 ซม. - ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ (Suspended solids) ไม่ควรเกิน 25 มก./ลิตร	วัดด้วย Secchi dise

แหล่งที่มา : **เอกสารวิชาการ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ ฉบับที่ 75/2530 เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด**

** **ปัจจุบันสถาบันฯ เปลี่ยนเป็น สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด สังกัด กรมประมง**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์มาตรฐานความเป็นกรดเป็นด่างคุณภาพดิน

ตารางผนวกที่ 3 ระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

ระดับ	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
กรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra acid)	< 3.5
กรดรุนแรงมาก (Extremely acid)	3.5-4.4
กรดจัดมาก (Very strongly acid)	4.5-5.0
กรดจัด (Strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (Moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (Slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (Neutral)	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย (Slightly alkaline)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (Moderately alkaline)	7.9-8.4
ด่างจัด (Strongly alkaline)	8.5-9.0
ด่างจัดมาก (Very strongly alkaline)	> 9.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพกิจกรรมการทำการศึกษาวิจัยในภาคสนาม

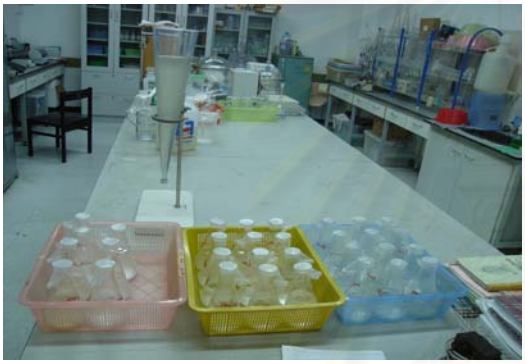
1 สำรวจพื้นที่เพื่อคัดเลือกจัดทำแปลงศึกษาวิจัย

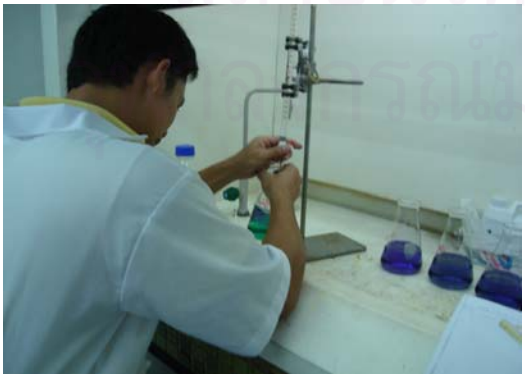
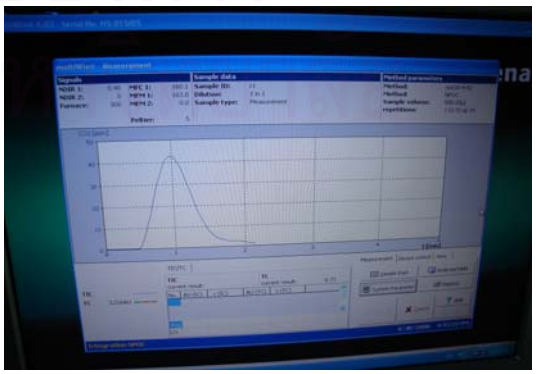
2 กิจกรรมการเตรียมแปลงศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 ภาพกิจกรรมการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

4 ภาพกิจกรรมการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเคมี



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายปิยะวัฒน์ พรหมรักษา เกิดวันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2522 จังหวัดกระบี่ สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดธรรมาวุธสรณาราม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล จังหวัดกระบี่ ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ประมง) ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2546 และเข้าศึกษาต่อในระดับ ปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2550

ประวัติการทำงาน

- ผู้ช่วยวิจัยโครงการนำร่องการบริหารจัดการและพัฒนาพื้นที่การเกษตรเป็นพื้นที่รับน้ำนองเพื่อการบรรเทาอุทกภัยขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตามแนวพระราชดำริ “แก้มลิงพื้นที่บางบาล (1)”, พ.ศ. 2551

- ผู้ช่วยวิจัยโครงการ การบริหารจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน โดยใช้หลักการการจัดการดิน น้ำและประชากร (Land – Water – Population Management (LWPM) Concept): กรณีศึกษาลุ่มน้ำพองและลุ่มน้ำยัง, พ.ศ. 2549-2550

- ผู้ช่วยวิจัยโครงการศึกษาและกำหนดดัชนีคุณภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนหมู่เกาะช้างและพื้นที่เชื่อมโยงระยะที่ 2” เสนอต่อ องค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน, พ.ศ. 2549-2550

- เจ้าหน้าที่ภาคสนามขององค์กรพัฒนาเอกชน (NGOs) ในเครือข่ายฟื้นฟูชุมชนชายฝั่งชาวประมงพื้นบ้านภาคใต้ ฝั่งทะเลอันดามัน จ.กระบี่ (Save Andaman Network) พ.ศ. 2547-2549

ผลงานทางวิชาการ

- เสนอผลงานภาคบรรยาย เรื่อง การเปรียบเทียบการใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามและน้ำเขื่อนเพื่อการทำนาปรัง สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.51/O329) โครงการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ในวันที่ 20 มีนาคม 2552 ณ อาคารศูนย์เรียนรวม 3 ห้อง ศร.3-301 และตีพิมพ์ เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (The Proceeding of 47th Kasetsart University Annual Conference)