



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน
มาใช้เพื่อการเกษตรกรรม : ระยะที่ 2

โดย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กุมภาพันธ์ 2549

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม : ระยะที่ 2

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| 1. รศ.ดร.เสนีย์ กาญจนวงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| 2. ผศ.วิไลลักษณ์ กิจชนะพานิช | คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| 3. รศ.สมใจ กาญจนวงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| 4. ผศ.ทรงเชาว์ อินสมพันธ์ | คณะเกษตรศาสตร์ |
| 5. นายโชคชัย ไชยมงคล | คณะเกษตรศาสตร์ |
| 6. นายอดุง ศิลป์ประเสริฐ | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ |
| 7. ดร.ทิพวรรณ ประภามณฑล | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ |
| 8. นายรัศมี แก้ววิชิต | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ |
| 9. นางกัลยา ว่องวรภัทร | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ |
| 10.นางสุรีย์ บุญญานุพงศ์ | สถาบันวิจัยสังคม |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ชุดโครงการวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
บทคัดย่อ	ฅ
Abstract	ท
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ที่มาของการวิจัย	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-3
1.3 วิธีวิจัยและแผนการทดลอง	1-4
1.3.1 ตำแหน่งสถานที่วิจัย	1-4
1.3.2 รายละเอียดการวิจัยในแปลงผัก	1-6
ก) ขนาดแปลง	1-6
ข) ชนิดน้ำรด	1-13
ค) ชนิดพืช	1-20
ง) รายละเอียดการเพาะปลูกแปลงผัก 1 น้ำ CW	1-20
จ) รายละเอียดการเพาะปลูกแปลงผัก 1 น้ำ RW	1-23
ฉ) รายละเอียดการเพาะปลูกแปลงผัก 2	1-25
ช) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์	1-27
1.3.3 รายละเอียดการวิจัยในนาข้าว	1-30
ก) ขนาดแปลงนา	1-30
ข) ชนิดน้ำรด	1-36
ค) รายละเอียดการเพาะปลูก	1-37
ง) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์	1-44
1.3.4 การศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง	1-45
ก) วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1-45
ข) วิธีการศึกษา	1-46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 ผลการวิจัยในการปลูกผัก	2-1
2.1 โลหะหนักและจุลินทรีย์ในน้ำรด	2-1
2.1.1 โลหะหนัก	2-1
2.1.2 จุลินทรีย์และพยาธิ	2-2
2.1.2.1 พยาธิในน้ำ	2-2
2.1.2.2 แบคทีเรียในน้ำ	2-2
2.2 ผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำสกรปรก (CW)	2-7
2.2.1 ผักคะน้า (น้ำ CW)	2-7
2.2.1.1 ผลผลิต	2-7
2.2.1.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-8
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-8
ข) คุณภาพน้ำรด	2-11
2.2.1.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-19
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	2-19
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-19
2.2.2 กะหล่ำดอก (น้ำ CW)	2-22
2.2.2.1 ผลผลิต	2-22
2.2.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-23
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-23
ข) คุณภาพน้ำรด	2-25
2.2.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-31
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	2-31
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 ผักกาดขาวปลี (น้ำ CW)	2-33
2.2.3.1 ผลผลิต	2-33
2.2.3.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-35
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-35
ข) คุณภาพน้ำรด	2-37
2.2.3.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-44
ก) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-44
2.2.4 ผักกาดหัว (น้ำ CW)	2-45
2.2.4.1 ผลผลิต	2-45
2.2.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-46
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-46
ข) คุณภาพน้ำรด	2-48
2.2.4.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-54
ก) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-54
2.2.5 สรุปผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)	2-56
2.3 ผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำเสีย (RW)	2-58
2.3.1 ผักคะน้า (น้ำ RW)	2-58
2.3.1.1 ผลผลิต	2-58
2.3.1.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-59
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-59
ข) คุณภาพน้ำรด	2-63
2.3.1.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-71
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	2-71
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-71
ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน	2-74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.1.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-77
ก) พยาธิและแบคทีเรีย	2-77
ข) โลหะหนัก	2-78
2.3.2 กะหล่ำดอก (น้ำ RW)	2-80
2.3.2.1 ผลผลิต	2-80
2.3.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-81
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-81
ข) คุณภาพน้ำรด	2-84
2.3.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-93
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	2-93
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-93
ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน	2-96
2.3.2.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-97
ก) พยาธิและแบคทีเรีย	2-97
ข) โลหะหนัก	2-98
2.3.3 ผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)	2-100
2.3.3.1 ผลผลิต	2-100
2.3.3.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-101
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-101
ข) คุณภาพน้ำรด	2-103
2.3.3.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-109
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	2-109
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-109
ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน	2-111
2.3.3.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-113
ก) พยาธิและแบคทีเรีย	2-113
ข) โลหะหนัก	2-114

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 ผักกาดหัว (น้ำ RW)	2-115
2.3.4.1 ผลผลิต	2-115
2.3.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-116
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-116
ข) คุณภาพน้ำรด	2-120
2.3.4.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-128
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	2-128
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-128
2.3.4.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-131
ก) โลหะหนัก	2-131
2.3.5 ดอกแอสเตอร์ (น้ำ RW)	2-133
2.3.5.1 การเจริญเติบโต	2-133
ก) ความสูง	2-133
ข) จำนวนดอกต่อต้น	2-136
2.3.6 สรุปผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำเสีย (RW)	2-137
2.4 ผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)	2-139
2.4.1 ผลผลิต	2-139
2.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-141
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-141
ข) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/1	2-142
ค) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/2	2-143
ง) คุณภาพน้ำรดและน้ำซึม	2-144
2.4.3 สรุปผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)	2-156

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำเสีย (RW)	2-157
2.5.1 ผลผลิต	2-157
2.5.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-163
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-163
ข) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/1	2-167
ค) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/2	2-174
ง) คุณภาพน้ำรด	2-177
จ) คุณภาพน้ำซึมในแปลง 2/1	2-187
ฉ) คุณภาพน้ำซึมในแปลง 2/2	2-199
2.5.3 สรุปผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำน้ำเสีย (RW)	2-213
 บทที่ 3 ผลการวิจัยในการปลูกข้าว	 3-1
3.1 นาข้าว 1 โดยใช้น้ำทิ้งจากระบบสระเดิมอากาศ (AL)	3-1
3.1.1 ด้านเกษตรกรรม	3-1
ก) การเจริญเติบโต	3-1
ข) ผลผลิต	3-8
3.1.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-10
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	3-10
ข) คุณภาพน้ำรด	3-15
3.1.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-25
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	3-25
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-25
3.1.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	3-29
ก) โลหะหนัก	3-29
3.1.5 สรุปผลการวิจัยนาข้าว 1	3-29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 นาข้าว 2 โดยใช้น้ำเสีย (RW)	3-32
3.2.1 ด้านเกษตรกรรม	3-32
ก) การเจริญเติบโต	3-32
ข) ผลผลิต	3-41
3.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-41
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	3-41
ข) คุณภาพน้ำรด	3-46
3.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-52
ก) การสะสมโลหะหนักในดิน	3-52
ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-53
ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน	3-54
3.2.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	3-54
ก) โลหะหนัก	3-54
3.2.5 สรุปผลการวิจัยนาข้าว 2	3-57
บทที่ 4 ทักษะคิดและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง	4-1
4.1 เกษตรกรอาสาสมัครนาข้าว 1 ใช้น้ำทิ้งจากระบบสระเติมอากาศ (AL)	4-1
4.1.1 ทักษะคิดต่อโครงการ	4-1
4.1.2 ทักษะคิดต่อการเจริญเติบโตของข้าวและผลผลิต	4-2
4.1.3 ทักษะคิดเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้น้ำ AL เพาะปลูกข้าว	4-2
4.1.4 ทักษะเกี่ยวกับการยอมรับของตลาดและผู้บริโภค	4-5
4.1.5 ทักษะคิดและการยอมรับของเกษตรกรที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการ	4-6
4.1.6 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการขยายโครงการใช้น้ำทิ้งและน้ำเสีย ในการเพาะปลูก	4-6

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 เกษตรกรอาสาสมัครนาข้าว 2 ใช้น้ำเสีย (RW)	4-7
4.2.1 ทักษะติดต่อโครงการ	4-9
4.2.2 ทักษะคิดต่อการเจริญเติบโตของข้าวและผลผลิต	4-9
4.2.3 ทักษะคิดเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้น้ำ RW, PE เพาะปลูกข้าว	4-10
4.2.4 ทักษะเกี่ยวกับการยอมรับของตลาดและผู้บริโภค	4-11
4.2.5 ความสนใจต่อการทดลองปลูกข้าวด้วยน้ำเสียของเกษตรกรใกล้เคียง	4-11
4.2.6 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการส่งเสริมการใช้น้ำเสียในการเพาะปลูก	4-12
4.3 เจ้าหน้าที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ร่วมทดลอง	4-12
4.3.1 เจ้าหน้าที่คนที่ 1	4-13
4.3.2 เจ้าหน้าที่คนที่ 2	4-14
4.3.3 เจ้าหน้าที่คนที่ 3	4-14
4.3.4 เจ้าหน้าที่คนที่ 4	4-15
4.3.5 เจ้าหน้าที่คนที่ 5	4-16
4.3.6 เจ้าหน้าที่คนที่ 6	4-17
4.3.7 เจ้าหน้าที่คนที่ 7	4-17
4.3.8 เจ้าหน้าที่คนที่ 8	4-18
4.4 เกษตรกรใกล้เคียงแปลงทดลองปลูกข้าวและปลูกผัก	4-19
4.4.1 เกษตรกรใกล้เคียงแปลงปลูกข้าว	4-19
4.4.2 เกษตรกรใกล้เคียงแปลงปลูกผัก	4-22
4.5 เกษตรกรใกล้เคียงแปลงปลูกผักของโครงการวิจัยระยะที่ 1	4-24
4.5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับประชากรตัวอย่างและการผลิตทางการเกษตร	4-24
4.5.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย ในการเพาะปลูก	4-25
4.5.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการทดลองนำน้ำเสียไปใช้ในการเพาะปลูก	4-26
4.5.4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลผลิตพืชที่ปลูกโดยใช้น้ำเสีย	4-26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6 เจ้าหน้าที่เทศบาล	4-28
4.6.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเทศบาลที่เป็นตัวอย่างในการศึกษา	4-28
4.6.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียในพื้นที่เทศบาล	4-29
4.6.3 ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาล	4-30
4.6.4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์	4-31
4.6.5 ทศนคติเกี่ยวกับโครงการทดลองนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพาะปลูกพืช	4-31
4.7 สรุปผลการศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง	4-32
บทที่ 5 การเผยแพร่ข้อมูลและข้อพิจารณาในการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรม	5-1
5.1 การเผยแพร่ข้อมูล	5-1
5.1.1 การประชุมวิชาการ	5-1
5.1.2 การสัมมนาเผยแพร่ข้อมูลและดูงาน	5-2
5.2 ผลการตรวจสอบสุขภาพเกษตรกรรมและผู้ร่วมในการเพาะปลูก	5-8
5.2.1 วิธีดำเนินการ	5-8
5.2.2 ผลการตรวจสอบสุขภาพ	5-9
5.3 ข้อพิจารณาในการใช้น้ำทิ้งหรือน้ำเสียในการเกษตรกรรม	5-12
5.3.1 การยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง	5-12
5.3.2 องค์กรและการจัดการ	5-12
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	6-1
6.1 ที่มาของการวิจัยและขอบเขตการศึกษา	6-1
6.1.1 รายละเอียดการวิจัยในการปลูกผัก	6-2
6.1.2 รายละเอียดการวิจัยในการปลูกข้าว	6-3
6.1.3 รายละเอียดการศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง	6-4

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.2 สรุปผลการวิจัยในการปลูกผัก	6-4
6.2.1 การวิจัยในแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำสกรปรก (CW)	6-4
6.2.2 การวิจัยในแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำเสีย (RW)	6-5
6.2.3 การวิจัยในแปลงผัก 2 โดยใช้ น้ำสกรปรก (CW)	6-7
6.2.4 การวิจัยในแปลงผัก 2 โดยใช้ น้ำเสีย (RW)	6-8
6.3 สรุปผลการวิจัยในการปลูกข้าว	6-9
6.3.1 การวิจัยในนาข้าว 1	6-9
6.3.2 การวิจัยในนาข้าว 2	6-11
6.4 สรุปผลการวิจัยด้านทัศนคติและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง	6-12
6.5 สรุปผลการเผยแพร่ข้อมูล	6-14
 เอกสารอ้างอิง	 อ-1
 ภาคผนวก ก การปรับลดปุ๋ยในแปลงผัก 1	 ผ-1
ภาคผนวก ข รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	ผ-5
ภาคผนวก ค รายละเอียดวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างดินสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักและธาตุอาหาร	ผ-6
ภาคผนวก ง รายละเอียดการตรวจไข่และหนอนพยาธิในดิน	ผ-12
ภาคผนวก จ รายละเอียดการตรวจแบคทีเรีย ไข่ และหนอนพยาธิในน้ำ	ผ-17
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดการวิเคราะห์ แบคทีเรีย ไข่ และหนอนพยาธิในผัก	ผ-25
ภาคผนวก ช รายละเอียดการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์โลหะหนักในผักและข้าว	ผ-33
ภาคผนวก ซ ตารางแสดงผลการสำรวจข้อมูลเกษตรกรใกล้เคียงแปลงทดลองปลูกข้าว หมู่ที่ 3 (บ้านท่าผาญ) ตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่	ผ-39
ภาคผนวก ฌ ตารางแสดงผลการสำรวจข้อมูลเกษตรกรใกล้เคียงแปลงทดลองปลูกผัก หมู่ที่ 7 (บ้านป่าแดดใต้) ตำบลป่าแดด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่	ผ-52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ญ	
ตารางแสดงผลการสำรวจติดตามผลการใช้น้ำทิ้งฯ ในการเพาะปลูก ในพื้นที่โครงการทดลองระยะที่ 1 บ้านหมู่ที่ 5 (ท่าใหม่) ตำบลป่าแดด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และหมู่บ้านใกล้เคียง	ผ-59
ภาคผนวก ฎ	
ตารางแสดงผลการสำรวจข้อมูลเจ้าหน้าที่เทศบาล	ผ-66
ภาคผนวก ฏ	
Water Reuse Newsletter	ผ-74
ภาคผนวก ฐ	
คู่มือการใช้น้ำทิ้ง	ผ-120
ภาคผนวก ท	
ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	ผ-144
ภาคผนวก ธ	
คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ โครงการวิจัย	ผ-177

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG4630001

ชื่อโครงการ : การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม : ระยะที่ 2

ชื่อนักวิจัย : เสนีย์ กาญจนวงศ์¹, วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช¹, สมใจ กาญจนวงศ์¹
 ทรงเชาว์ อินสมพันธ์², นายโชคชัย ไชยมงคล², อุดง ศิลป์ประเสริฐ³,
 ทิพวรรณ ประภามณฑล³, รัชมี แก้ววิชิต³, กัลยา ว่องวรภัทร³, สุรีย์ บุญญานพวงศ์⁴
¹คณะวิศวกรรมศาสตร์, ²คณะเกษตรศาสตร์, ³สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ,
⁴สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

email address : seni@eng.cmu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : มกราคม 2546 – มกราคม 2549

ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการเกษตรกรรมอาจบรรเทาได้โดยการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ ผลการวิจัยโครงการ “การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม” (พ.ศ. 2542- 2545) ได้ยืนยันว่าน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สอง สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกได้ การวิจัยระยะที่ 2 นี้เป็นการศึกษาต่อเนื่องโดยเน้นในน้ำที่มีระดับการปนเปื้อนสูงขึ้น การวิจัยประกอบด้วยการทดลองปลูกผักในแปลง 2 กลุ่ม คือ แปลงผัก 1 ปลูกกลางแจ้ง และแปลงผัก 2 มีหลังคาพลาสติกใสคลุมกันฝนและมีอากาศเย็น ร่องรับน้ำซึมใต้ดินเพื่อเก็บตัวอย่างไปศึกษา ระยะแรกของการวิจัย ช่วงเดือนมกราคม 2546 - มิถุนายน 2547 เทศบาลนครเชียงใหม่ซ่อมท่อคักน้ำเสีย ไม่มีน้ำเสียไหลลงบ่อสูบน้ำเสียจุดสุดท้าย โดยสม่ำเสมอ โครงการวิจัยฯ ได้ปลูกพืชโดยใช้น้ำ 3 ชนิด คือน้ำขังในบ่อสูบน้ำเสียและคลองแม่ข่ายเรียกว่าน้ำสกปรก(CW) น้ำสกปรกที่ตกตะกอน(Sed.CW) และน้ำบาดาล (GWps)เป็นแปลงควบคุม การทดลองระยะที่สองใช้น้ำเสีย(RW) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) และน้ำ GWps เป็นแปลงควบคุม ทดลองปลูกพืชประกอบด้วย ผักคะน้า (7 ครั้ง) กะหล่ำดอก (6 ครั้ง) ผักกาดขาวปลี (4 ครั้ง) ผักกาดหัว (6 ครั้ง) ดอกแอสเตอร์ (2 ครั้ง) ในการปลูกได้ปรับลดปุ๋ยลงตามไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีในน้ำรด ผลการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษของพืช ผลผลิตในภาพรวมไม่แตกต่างกันจากการใช้น้ำทั้ง 5 ชนิด แต่การปลูกพืชชนิดเดียวกันในต่างฤดูให้ผลผลิตที่ต่างกัน โดยเฉลี่ยระดับการปนเปื้อนในผลผลิต (พายุ แบคทีเรีย โลหะหนัก) และการปนเปื้อนในดิน (พายุ โลหะหนัก) ไม่แตกต่างกันมากนัก ผลผลิตที่ได้อยู่ในมาตรฐานปลอดภัยในการบริโภค ในการทดลองแปลงผัก 2 ใช้น้ำ RW, PE, GWps ปลูกเฉพาะผักคะน้า แปลงผัก 2/1 ศึกษาการใช้อัตราน้ำรดที่น้อยลง (ปลูก 4 ครั้ง) แปลงผัก 2/2 ศึกษาการใช้อัตราเดิมปุ๋ยน้อยลง (ปลูก 5 ครั้ง) ผลการทดลองแปลง 2/1 พบว่าผักคะน้ายังมี

ผลผลิตที่ดี ที่อัตราการใช้น้ำ 200 ม³/(ไร่.เดือน) ซึ่งเป็น 50% ของอัตราน้ำรดปกติ น้ำซึมมีค่าบีโอดี และฟอสฟอรัสลดลง (กรณีน้ำรด RW, PE) และมีไนโตรเจนสูงขึ้นจากการชะล้างปุ๋ยที่เดิมระหว่างปลูก ในแปลงผัก 2/2 ใช้น้ำอัตราปกติ แต่ลดการใช้น้ำลง พบว่าที่อัตราการเดิมปุ๋ย 60% ยังมีการเจริญเติบโตตามปกติ น้ำซึมมีการลดของฟอสฟอรัส แต่มีไนโตรเจนและบีโอดีที่เพิ่มขึ้นในการปลูกครั้งหลัง ๆ (การปลูกปรับอัตราเดิมปุ๋ยจากค่าน้อยไปมาก)

การวิจัยปลูกข้าวมี 2 กลุ่มคือ นาข้าว 1 (6 ครั้ง) ใช้น้ำทั้งจากระบบบ่อเดิมอากาศ (AL) และน้ำบาดาล (GWsw) เป็นแปลงควบคุม การทดลองนาข้าว 1 นี้ทำต่อเนื่องจากโครงการระยะแรก ช่วงการปลูก 4 ครั้งแรกไม่มีน้ำเสียเข้าระบบบ่อเดิมอากาศโดยสม่ำเสมอ จึงใช้น้ำขังในบ่อ Polishing Pond เป็นส่วนใหญ่ไม่ใช้น้ำ AL การปลูกข้าวในนาข้าว 2 (2 ครั้ง) ใช้น้ำ RW และ PE มี 2 พื้นที่ คือนาข้าว 2/1 และนาข้าว 2/2 การเพาะปลูกข้าวทั้งหมด ใช้อัตรา น้ำรด เดิมปุ๋ยและสารเคมีการเกษตรเหมือนกัน แตกต่างเพียงชนิดน้ำรด ผลการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษต่อต้นข้าวจากการใช้น้ำรด 4 ชนิด ในนาข้าว 1 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโดยเฉลี่ย ไม่แตกต่างกัน ในทางสถิติเป็นส่วนใหญ่ จากการใช้น้ำ AL และ GWsw เพาะปลูก ในนาข้าว 2 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ได้แตกต่างกันจากการใช้น้ำ RW, PE เพาะปลูก ระดับการปนเปื้อนในผลผลิตในข้าวขาวและข้าวกล้อง จากแปลงนาข้าว 1 และ นาข้าว 2 รวมทั้งในดิน ก็ไม่แตกต่างกัน ข้าวที่ได้จากการใช้น้ำ 4 ชนิดเพาะปลูกอยู่ในมาตรฐานปลอดภัยในการบริโภค

ผลการสำรวจทัศนคติเกษตรกรทั่วไปรอบนาข้าวและแปลงปลูกผัก ยอมรับการใช้น้ำทั้งในการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 78.9 และ 95 ตามลำดับ) สำหรับการใช้น้ำเสียนั้น มากกว่าร้อยละ 50 ไม่ยอมรับ โดยห่วงใยในประเด็นการเจริญเติบโต การสะสมสารพิษ ฯลฯ เกษตรกรที่ร่วมในการทดลองและเจ้าหน้าที่โครงการฯ ที่ร่วมในการเพาะปลูกในระยะแรก ไม่มั่นใจด้านความปลอดภัย แต่หลังการทดลองก็ยอมรับมากขึ้น โครงการวิจัยได้เผยแพร่ข้อมูลการวิจัยผ่านบทความทางวิชาการ การจัดสัมมนาจัดงาน เผยแพร่ผ่านสื่อต่าง ๆ และจัดทำคู่มือการใช้น้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในการเกษตรกรรมขึ้น เพื่อเผยแพร่สู่เทศบาล และหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง แม้ว่า การใช้น้ำทั้งจะมีผลการทดลองระยะยาวยืนยันความปลอดภัย แต่ยังไม่มีส่วนราชการใดที่แสดงความรับผิดชอบในการดำเนินงานโครงการโดยตรง

คำหลัก : ข้าว น้ำทิ้ง น้ำเสีย ผัก พยาธิ โลหะหนัก

Abstract

Project Code : RDG4630001

Project Title : Reuse of Effluent from Domestic Wastewater Treatment Plant in Agriculture :
Phase 2

Investigators : Karnchanawong S.¹, Kijjanapanich V.¹, Karnchanawong S.¹,
Insomphun S.², Chaimongkol C.², Silprasert A.³, Prapamontol T.³,
Keawvichit R.³, Wongworapat K.³, Boonyanupong S.⁴
¹Faculty of Engineering, ²Faculty of Agriculture, ³Research Institute for
Health Sciences, ⁴Social Research Institute, Chiang Mai University

email address : seni@eng.cmu.ac.th

Project Duration : January 2003 – January 2006

Water shortage in agriculture can be alleviated by effluent reuse. The research titled “Reuse of Effluent from Domestic Wastewater Treatment Plant in Agriculture” (1999-2002) confirmed that it was feasible to use effluent of secondary wastewater treatment plant in crop cultivation. This study was the continuity with more emphases on irrigation with more polluted water. The research on vegetable cultivation had been conducted in two groups of plots, i.e. group 1 as normal plots and groups 2 with transparent plastic sheet covering to prevent rainwater and infiltrate collection pipes under the plots. During the initial period of study, i.e. January 2003-June 2004, Chiang Mai municipality had repaired the interceptor, resulting in non-uniform wastewater flow to the final pumping station. The crop cultivation was done by using contaminated water (CW, i.e. wastewater in pumping station and Mae Kha canal), settled contaminated water (Sed.CW) and groundwater (GWps) as the control plot. The second stage cultivation used raw wastewater (RW), primary treatment effluent (PE) and GWps. The vegetable grown throughout the study covered Chinese kale (7 crops), cauliflower (6 crops), Petsai Chinese cabbage (4 crops), turnip (6 crops) and aster, ornamental flower (2 crops). The fertilizer applications were adjusted according to nitrogen and phosphorus available in irrigated water. Throughout these experiments, toxicity effects on crop were not observed. The yields and growth rates were generally not different among plots irrigated with 5 types of water. However, the vegetable cultivation under different season had different yields. The contamination levels in

vegetables (parasite, bacteria, heavy metals) and soils (parasite, heavy metals) were also not much different. The contamination levels of harvested products were within permissible limit and safe for consumption. For group 2 cultivation consisting of plot 2/1 and 2/2, Chinese kale was irrigated with RW, PE and GWps as the control. The vegetable plots 2/1 (4 crops) were investigated by reduction rates of amount of irrigated water, while plots 2/2 (5 crops) were observed the effects of fertilizer reduction. It was found from plots 2/1 that Chinese kale gave normal yields at irrigation rate of $200 \text{ m}^3/(\text{rai}.\text{month})$, equivalent to 50% of a normal watering rate. The infiltrate contained lower concentrations of biochemical oxygen demand (BOD) and phosphorus (RW, PE plots) while the higher values of nitrogen were found in all plots due to fertilizer leaching. For plots 2/2, the fertilization rate could be reduced to 60% of a normal value without adverse effect on yields. The infiltrate had lower phosphorus concentration while nitrogen and BOD values increased during the consecutive cultivation, in which fertilization rates were stepwise increased.

The research on rice cultivation covered 2 groups of rice fields, i.e. plots 1 and plots 2. The rice plots 1, irrigated with AL and groundwater (GWsw) as a control, had been continued since phase 1 study for 6 additional crops. During the first 4 cultivation, wastewater was not regularly treated and irrigated water was pumped from polishing pond, not exactly representing AL. The rice plots 2 employed 2 paddy fields, i.e. plots 2/1 and plots 2/2, and were both irrigated with RW and PE for 2 crops. All rice plots were applied with fertilizer and agricultural chemicals at the same rates. It was found that rice growth and yields in plots 1 were not much different between 2 irrigated water. The toxicity on rice was not observed throughout the study. In plot 2, rice growth and yields were not much different between plots irrigated with RW and PE. The contamination levels in white and brown rice were also within the same ranges of which the rice was safe for consumption. The contamination levels in soils from paddy fields irrigated with 4 types of water were also not much different.

The attitude study indicated that farmers around paddy fields and vegetable plots accepted for effluent reuse at 79.8 and 95 %, respectively. For wastewater reuse, over 50% rejected according to plant growth, crop contamination, etc. The participating farmers and project's workers were initially reluctant to accept. After the actual cultivation was finished, they agreed on wastewater reuse concept. Research information had been disseminated via academic conferences, seminars, field visits and mass media. The handbook on effluent reuse in agriculture was published and distributed to the municipalities and related government agencies. Although

effluent reuse was confirmed to be safe under long-term study, no government authority takes direct responsibility on implementation.

Keywords : effluent, heavy metal, parasite, rice, vegetable, wastewater

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาของการวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศหลายแห่งประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ดังนั้นการศึกษากำน้ำทิ้ง (effluent) จากระบบบำบัดน้ำเสีย ชุมชนมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม นอกจากจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำแล้ว ยังเป็นการนำทรัพยากรน้ำกลับมาใช้ให้คุ้มค่ายิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรนอกและในฤดูเพาะปลูกตามธรรมชาติ นอกจากนี้ในน้ำทิ้งยังมีสารอาหารที่มีคุณค่าต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ลดอัตราการใช้ปุ๋ยลงได้

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายที่จะให้เทศบาลนคร เทศบาลเมือง และเทศบาลตำบลขนาดใหญ่ สร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง (central wastewater treatment plant) ขึ้น โดยหลักพื้นฐานของการออกแบบแล้ว น้ำทิ้งหลังการบำบัดจะถูกระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ฯลฯ ซึ่งขณะนี้ยังไม่มีแนวความคิดที่จะนำน้ำดังกล่าวกลับมาใช้อย่างจริงจัง ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนส่วนกลางในประเทศไทยแบ่งตามการใช้พื้นที่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

ก) ระบบที่ใช้พื้นที่น้อย : ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้จะใช้ในเขตชุมชนหนาแน่นที่มีที่ดินจำกัด ที่ดินราคาแพง หรือถูกบังคับด้วยสภาพการระบายน้ำจนต้องสร้างระบบบำบัดในพื้นที่อื่นจำกัด ระบบบำบัดกลุ่มนี้จะทำการควบคุมการทำงานค่อนข้างยากและต้องใช้เทคโนโลยีในระดับกลาง-สูงในการบำบัด อาทิเช่น ระบบเอเอส (activated sludge) มีใช้ที่กรุงเทพมหานคร เทศบาลตำบลปาดอง เทศบาลเมืองชลบุรี ฯลฯ ระบบจานหมุนชีวภาพ (rotating biological contactor) มีใช้ที่เทศบาลตำบลหัวหิน เป็นต้น ระบบเหล่านี้ทั้งจากการบำบัดจะใสและมีการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยออก เนื่องจากโรงบำบัดน้ำเสียตั้งอยู่ในเขตเมือง แนวทางการนำน้ำทิ้งมาใช้ใหม่อาจใช้เพื่อกิจกรรมในเมือง เช่น รดน้ำสวนสาธารณะ สวนหย่อม ล้างถนน หรือใช้ในการล้างชักโครก (toilet flushing) เป็นต้น

ข) ระบบที่ใช้พื้นที่ปานกลาง : ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้ประกอบด้วย ระบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon) ซึ่งมีเครื่องเติมอากาศแบบทุ่นลอยและบ่อดกตะกอน (polishing pond) น้ำทิ้งขั้นสุดท้ายจะเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ปัจจุบันมีใช้หลายแห่ง อาทิเช่น เทศบาลนครเชียงใหม่ เทศบาลนครราชสีมา เทศบาลนครเชียงราย ฯลฯ น้ำทิ้งจะมีสีเขียวอ่อนเนื่องจากสาหร่าย (algae) ในบ่อดกตะกอน ระบบเหล่านี้จะอยู่ในเขตชานเมืองในทุ่งนาเป็นส่วนใหญ่

ค) ระบบที่ใช้พื้นที่มาก : ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้ประกอบด้วยระบบบ่อผึ่ง (facultative pond) ซึ่งเป็นระบบที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้นโยบายว่ามีความเหมาะสมเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำและง่ายต่อการควบคุม ทำให้ท้องถิ่นไม่ต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการเดินระบบมากนัก ประกอบด้วยบ่อผึ่งและบ่อบ่ม (maturation pond) จำนวนหลายบ่อต่อเนื่องกัน ปัจจุบันมีใช้ในเทศบาลเมืองนครปฐม เทศบาลเมืองสกลนคร เทศบาลเมืองพะเยา เทศบาลเมืองตาก ฯลฯ น้ำทิ้งที่ได้จากระบบชนิดนี้จะมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวแก่เนื่องจากสาหร่าย พื้นที่ก่อสร้างจะเป็นทุ่งนาอยู่ชานเมือง

ปัจจุบัน (พ.ศ. 2549) มีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ก่อสร้างเสร็จและเปิดดำเนินงานแล้วประมาณ 80 แห่ง (บางแห่งไม่ได้เดินระบบอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ) เมื่อพิจารณาถึงนโยบายของรัฐที่จะให้มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมในเขตเทศบาลเมืองทุกแห่งและในเขตเทศบาลตำบลขนาดใหญ่ คาดว่าในอนาคต 10 ปีข้างหน้าจะมีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนอยู่ไม่น้อยกว่า 250 แห่งทั่วประเทศ มีน้ำทิ้งระบายออกไม่น้อยกว่า 350 ล้าน ม³/ปี โดยกว่า 85% จะอยู่ในเขตชานเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และมีความเป็นไปได้ที่จะผันน้ำทิ้งไปใช้ในการเกษตร โดยเฉพาะในบางภูมิภาคที่มีการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร เช่น จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น

ในช่วงปี พ.ศ. 2542- พ.ศ. 2545 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้มอบทุนวิจัยให้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ และสถาบันวิจัยสังคม) ทำโครงการวิจัย “การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม” (ตุลาคม 2542- มีนาคม 2545) ผลการทดลอง 2 ปีเศษสรุปได้ว่าการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon, AL) ของเทศบาลนครเชียงใหม่ และน้ำทิ้งจากระบบเอเอส (activated sludge, AS) ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการเพาะปลูกนั้น ผลผลิต (ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดหัว ดอกแอสเตอร์) มีความปลอดภัยในการบริโภค (จากระดับค่าโลหะหนัก พยาธิ) มีอัตราการเจริญเติบโตและมีผลกระทบบต่อสิ่งแวดล้อม (น้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก โลหะหนัก และพยาธิในดิน) ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำธรรมชาติ (น้ำคลองชลประทานและน้ำบาดาล) ที่ทดลองเปรียบเทียบกัน ข้อมูลที่ได้เป็นการยืนยันในระยะยาว (2 ปีต่อเนื่อง) ครั้งแรกในประเทศไทย ผลการศึกษาด้านทัศนคติของเกษตรกรที่ร่วมโครงการ ผู้รับซื้อผลผลิต ผู้บริโภค และส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ส่วนใหญ่ยอมรับในกรณีใช้น้ำทิ้งแต่ไม่ยอมรับถ้าใช้น้ำเสียในการเพาะปลูก

โครงการวิจัยได้เผยแพร่ข้อมูลต่อผู้เกี่ยวข้อง (stakeholder) จำนวนหนึ่งในช่วงปี พ.ศ. 2542-2545 แต่ข้อมูลที่เผยแพร่มีในระดับจำกัด ยังไม่อาจทำให้เกิดการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมอย่างแพร่หลายกว้างขวาง

ภายใต้สถานะที่ยังไม่มีนโยบายสนับสนุนที่เด่นชัดจากภาครัฐในการใช้น้ำทั้งในการเกษตรกรรม โครงการวิจัยและ สกว. ได้ประสานให้มีการประชุมหารือระหว่างหน่วยงานของรัฐที่กำหนดนโยบายและผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ กับคณะผู้วิจัย เพื่อนำไปสู่การกำหนดนโยบายและแผนปฏิบัติการใช้น้ำทั้งในการเกษตรกรรมของประเทศ ในการประชุมร่วมหลายครั้งมีประเด็นที่ควรวิจัยเพิ่มเติม เช่น ในกรณีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีอยู่แล้ว ถ้าหยุดเดินระบบและนำน้ำเสีย (raw wastewater, RW) ไปใช้โดยตรงในการเกษตรกรรมก็จะลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบลงได้ หรือระบบบำบัดขนาดเล็กบางแห่ง อาจมีความเหมาะสม ที่จะทำการบำบัดขั้นต้น (primary treatment) เท่านั้น เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้างและเดินระบบ จึงควรมีงานวิจัยในแปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้น้ำเสีย (RW) และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (primary effluent, PE) เพาะปลูกพืช ข้อมูลเหล่านี้จะประกอบการตัดสินใจว่า ควรบำบัดน้ำเสียในระดับใดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ การทดลองปลูกข้าว ซึ่งเป็นพืชไร่น้ำสำคัญโดยน้ำทิ้ง จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเดิม อากาศเทศบาลนครเชียงใหม่ (AL) ก็ยังขาดผลการวิจัยในระยะยาวเพื่อยืนยัน จึงควรวิจัยต่อเนื่องในประเด็นนี้ด้วยเพื่อสร้างความมั่นใจต่อผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในข้าวและดิน จากแปลงเพาะปลูกในระยะยาว โดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ (AL) เพาะปลูกต่อเนื่องอีก 2 ปี รวมเป็นระยะเวลาเพาะปลูกตั้งแต่โครงการวิจัยระยะที่ 1 รวม 5 ปี

1.2.2 ศึกษาถึงระดับการปนเปื้อนโลหะหนัก พยาธิ และแบคทีเรีย ในผลผลิต (ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำดอก ผักกาดขาวปลี ผักกาดหัว) และในดินจากแปลงเพาะปลูกเกษตรกรรมจริงเมื่อใช้น้ำเสีย (RW) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) และน้ำบาดาล (GW)

1.2.3 ศึกษาถึงระดับการปนเปื้อนของน้ำซึมใต้แปลงเพาะปลูกผักคะน้า (ที่ใส่ปุ๋ยตามปกติ) ที่ระดับความลึก 0.3, 0.6 และ 1.0 ม. เมื่อรดด้วยน้ำ GW น้ำ RW และน้ำ PE และศึกษาระดับการปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่ระดับ 0.3 ม. ของแปลงปลูกผักคะน้า ที่ใส่ปุ๋ยในการเพาะปลูกในอัตราต่าง ๆ กันเมื่อรดโดยน้ำ 3 ชนิดนี้

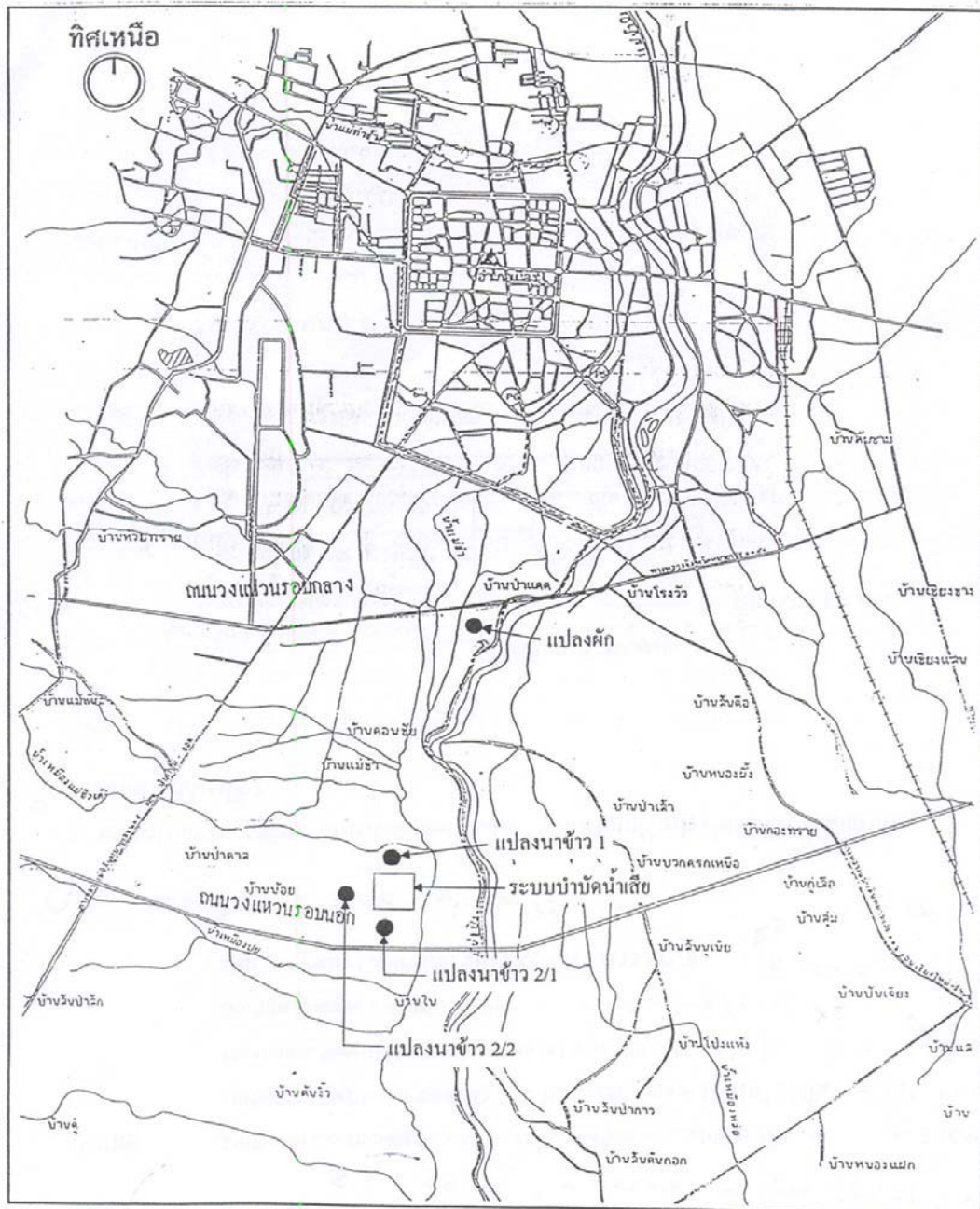
1.2.4 ศึกษาถึงทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรในการใช้น้ำเสีย (RW) และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) ในการเกษตรกรรม

1.2.5 ส่งเสริม สนับสนุนในด้านวิชาการแก่ผู้เกี่ยวข้องในการใช้น้ำทั้งเพื่อการเกษตรกรรม

1.3 วิธีวิจัยและแผนการทดลอง

1.3.1 ตำแหน่งสถานที่วิจัย

แผนผังที่ตั้งแปลงทดลอง (แปลงผัก นาข้าว) ได้แสดงในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แผนผังตำแหน่งที่ตั้งโครงการโดยสังเขป

ปัจจุบันเทศบาลนครเชียงใหม่มีระบบระบายน้ำแบบท่อร่วม (combined sewer system) ระบายทั้งน้ำเสียและน้ำฝน ผ่านท่อย่อย ท่อรอง ท่อหลัก ลงสู่ท่อคักน้ำเสีย (interceptor) ซึ่งขนานกับแม่น้ำปิงฝั่งตะวันตก มีทิศทางจากเหนือสู่ใต้ ท่อคักน้ำเสียจะไปสิ้นสุดที่บ่อสูบล P10 ตำแหน่งข้างแปลงผัก (รูปที่ 1-1) จากบ่อสูบล P10 จะมีปั๊มแรงดันสูงสูบส่งไปตามท่อแรงดัน (forced main) ยาวประมาณ 2 กิโลเมตร เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งอยู่ทิศใต้ของเมืองเชียงใหม่ ในเขต ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (AL) จะระบายลงคลองแม่ข่า ไหลขนานกับแม่น้ำปิงและลงสู่แม่น้ำปิงในที่สุด

โครงการวิจัย “การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม” (พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2545) ได้ทดลองปลูกข้าวในนาข้าว 1 โดยใช้ น้ำ AL และทดลองปลูกผักโดย น้ำ AL ในพื้นที่ข้างโรงบำบัดน้ำเสีย (ปัจจุบันรื้อแปลงผักและระบบท่อส่งน้ำ AL ออกแล้ว)

ในระยะแรกของการวิจัยช่วงเดือนมกราคม 2546 - มิถุนายน 2547 เทศบาลนครเชียงใหม่ ได้รับงบประมาณซ่อมท่อคักน้ำเสียตลอดแนว ทำให้ไม่มีน้ำเสียไหลลงบ่อสูบล P10 โดยสม่ำเสมอ ขณะซ่อมท่อโครงการวิจัยฯ ได้ขอให้ผู้รับเหมาสูบน้ำเสียเทศบาล (RW) ผ่านแนวท่อที่ก่อสร้างลงท่อคักน้ำเสียไปบ่อสูบล P10 เป็นครั้งคราว น้ำดังกล่าวมีปริมาณต่ำ เกิดการตกตะกอนในเส้นทาง และมีระดับการปนเปื้อนต่ำกว่า น้ำเสียเทศบาล ในช่วงหลังผู้รับเหมาไม่ได้สูบน้ำเสียผ่านท่อ ได้ผันน้ำเสียลงคลองแม่ข่าซึ่งไหลผ่านข้างบ่อสูบล P10 โครงการวิจัยฯ ได้สูบน้ำจากบ่อสูบล P10 และคลองแม่ข่ามาเพาะปลูกผักระยะแรก โดยเรียกว่าน้ำสกปรก (contaminated water, CW) มาทดลองจนท่อคักน้ำเสียแล้วเสร็จ ระบายน้ำเสียมายังบ่อสูบล P10 ได้สม่ำเสมอ จึงทดลองโดยใช้น้ำเสียจริงต่อไป (การทดลองโดยใช้น้ำ CW เป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากข้อเสนอโครงการเดิม) สำหรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ (AL) นั้น เมื่อไม่มีน้ำเสียเข้า ไม่มีน้ำทิ้งล้นออก จึงไม่ได้เป็นตัวแทนน้ำ AL ที่แท้จริง เป็นเพียงน้ำขังในบ่อป้อม (polishing pond) เท่านั้น หลังจากเทศบาลซ่อมท่อคักน้ำเสียแล้วเสร็จ มีน้ำเสียมาที่บ่อสูบล P10 แล้ว ก็ไม่ได้สูบน้ำเข้าโรงบำบัดน้ำเสีย โดยสม่ำเสมอ เนื่องจากท่อแรงดันมีแตกรั่วหลายแห่ง จึงทำการเดินท่อใหม่หลายจุด ในช่วงปี พ.ศ. 2547 แม้การซ่อมท่อจะเสร็จสิ้นแล้วก็มีปัญหา ระบบควบคุมการสูบน้ำโดยอัตโนมัติชำรุด ต้องเปิดโดยการกดสวิทช์แบบ Manual โครงการวิจัยฯ ต้องส่งเจ้าหน้าที่ไปเปิด-ปิดปั๊มน้ำเสียเองตลอดการทดลองในปี พ.ศ. 2548

1.3.2 รายละเอียดการวิจัยในแปลงผัก

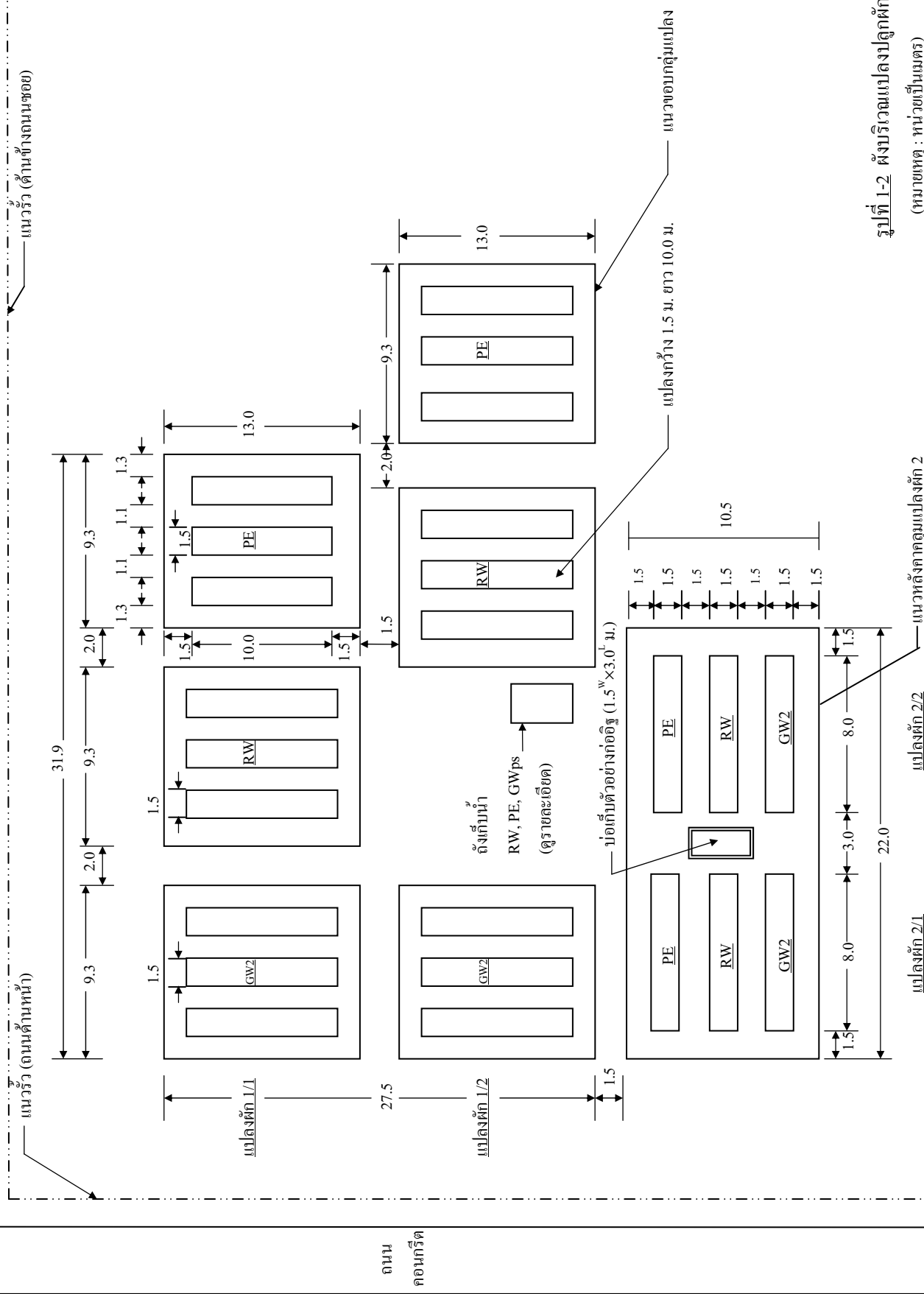
ก) ขนาดแปลง

แปลงทดลองปลูกผักสร้างในที่ดินเช่าของนางบัวแก้ว อุประแก้ว หมู่ที่ 7 ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ซึ่งอยู่ห่างจากแนวเขตที่ดินบ่อสูบ P10 ของเทศบาลนครเชียงใหม่ ประมาณ 100 ม. บ่อสูบ P10 นี้เป็นจุดรวมน้ำเสียจุดสุดท้ายก่อนสูบผ่านท่อแรงดันไปยังโรงบำบัดน้ำเสีย แปลงทดลองมี 2 กลุ่มคือ แปลงผัก 1 และแปลงผัก 2

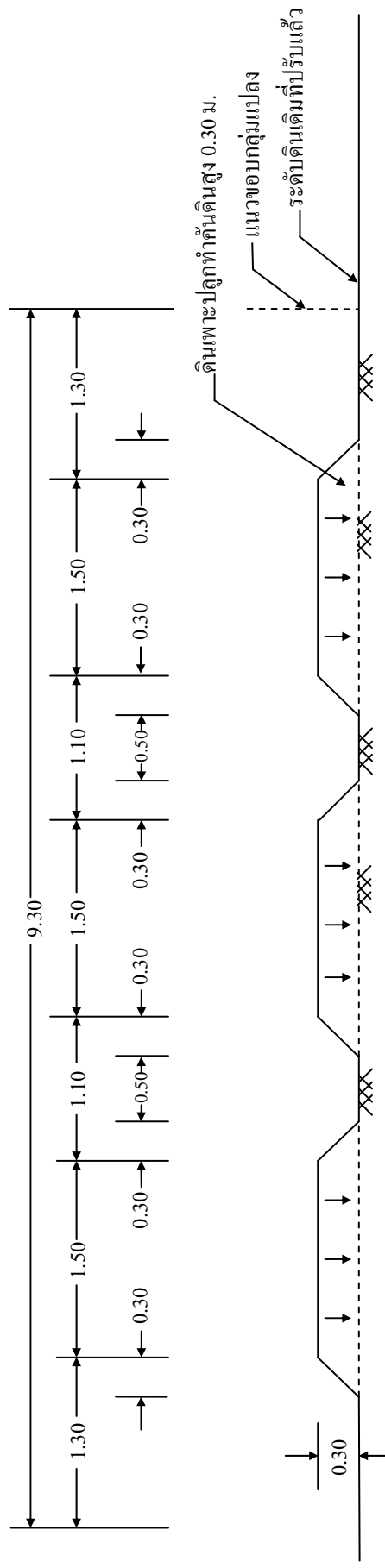
- แปลงผัก 1 มีขนาดกว้าง 1.5 ม. ยาว 10.0 ม. ยกร่องสูง 0.30 ม. มีจำนวนรวม 18 แปลง แบ่งเป็นกลุ่มแปลงย่อยกลุ่มละ 3 แปลง (ซึ่งจะปลูกพืชและใช้น้ำชนิดเดียวกัน ทดลอง 3 ซ้ำ) แปลงผัก 1 แบ่งเป็นแปลง 1/1 และแปลง 1/2 ซึ่งจะปลูกพืชต่างชนิดกัน ในแปลงผัก 1 จะศึกษาอัตราผลผลิต การปนเปื้อนในดินและการปนเปื้อนในผลผลิตโดยไม่ศึกษาลักษณะน้ำซึม เป็นแปลงตั้งอยู่กลางแจ้ง

- แปลงผัก 2 มีขนาดกว้าง 1.5 ม. ยาว 8.0 ม. ยกร่องสูง 0.30 ม. เป็นแปลงตั้งอยู่กลางแจ้ง โดยมีหลังคาพลาสติกใสคลุมเพื่อป้องกันฝนไม่ให้ปะปนกับน้ำรด แปลงผัก 2 แยกเป็นแปลงผัก 2/1 มี 3 แปลง มีอัตราสแตนเลสขนาดกว้าง 1.2 ม. ยาว 2.5 ม. ลึก 0.15 ม. 3 ถาด/แปลง วางที่ระดับ 0.3, 0.6 และ 1.0 ม. จากผิวดินในแปลง เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำซึมจากการเพาะปลูกที่ระดับทั้งสาม แปลงผัก 2/2 มี 3 แปลง มีอัตราสแตนเลสขนาดกว้าง 1.2 ม. ยาว 2.5 ม. ลึก 0.15 ม. 1 ถาด/แปลง วางที่ระดับ 0.3 ม. จากผิวดินในแปลง เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกที่ระดับ 0.3 ม. จากผิวดิน

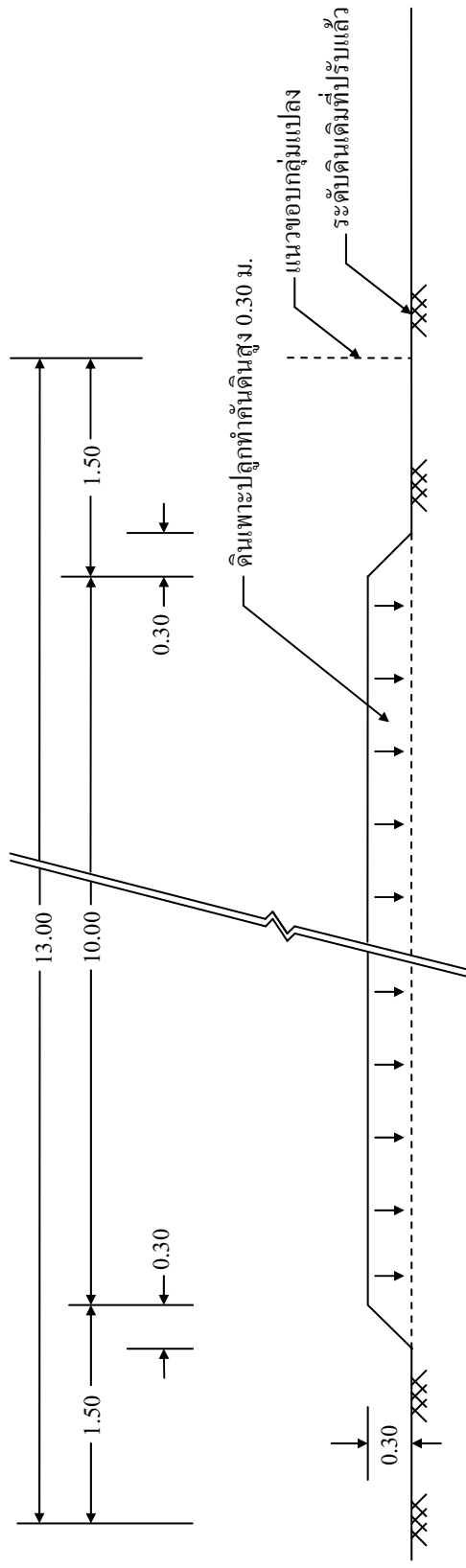
ผังบริเวณแปลงปลูกผักได้แสดงในรูปที่ 1-2 และ 1-3 รูปถ่ายแปลงได้แสดงในรูปที่ 1-4 ในช่วงการเตรียมแปลงผัก 1 พบว่าดินเดิมเป็นดินถม มีอินทรีย์วัตถุต่ำ จึงปรับสภาพดินโดยใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวแห้ง อัตรา 800 กก./ไร่ 1 ครั้งก่อนปลูก สำหรับการใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ย N-P-K 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ รองพื้น 1 ครั้งก่อนเพาะปลูก สำหรับแปลงผัก 2 ได้เตรียมดินเช่นเดียวกับแปลงผัก 1 ขณะเริ่มทดลองพบว่าดินเดิมอัดตัวค่อนข้างแน่น มีอัตราการซึมน้ำต่ำมาก น้ำซึมไม่ผ่านถึงระดับ 0.6 และ 1.0 ม. เนื่องจากแปลงผัก 2 มีวัตถุประสงค์จะศึกษาถึงลักษณะน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก จึงเปลี่ยนชนิดดินปลูกโดยนำดินดำจากภายนอกมาเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นชนิดดินปลูกเริ่มต้นของแปลงผัก 2 จึงแตกต่างจากแปลงผัก 1



รูปที่ 1-2 ผังบริเวณแปลงปลูกผัก
(หมายเหตุ : หน่วยเป็นเมตร)

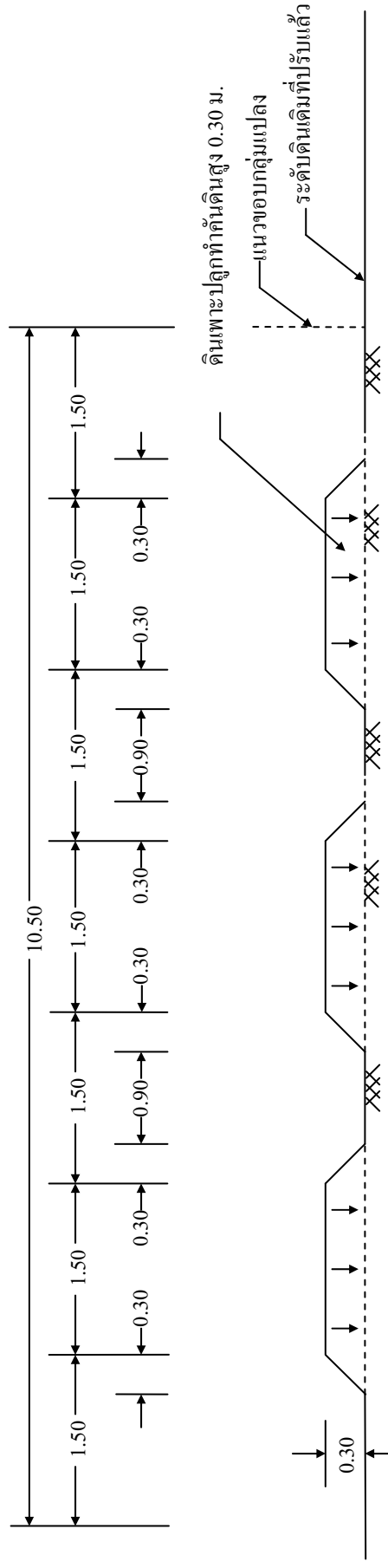


ก. รูปตัดแปลงผัก 1 ด้านยาว

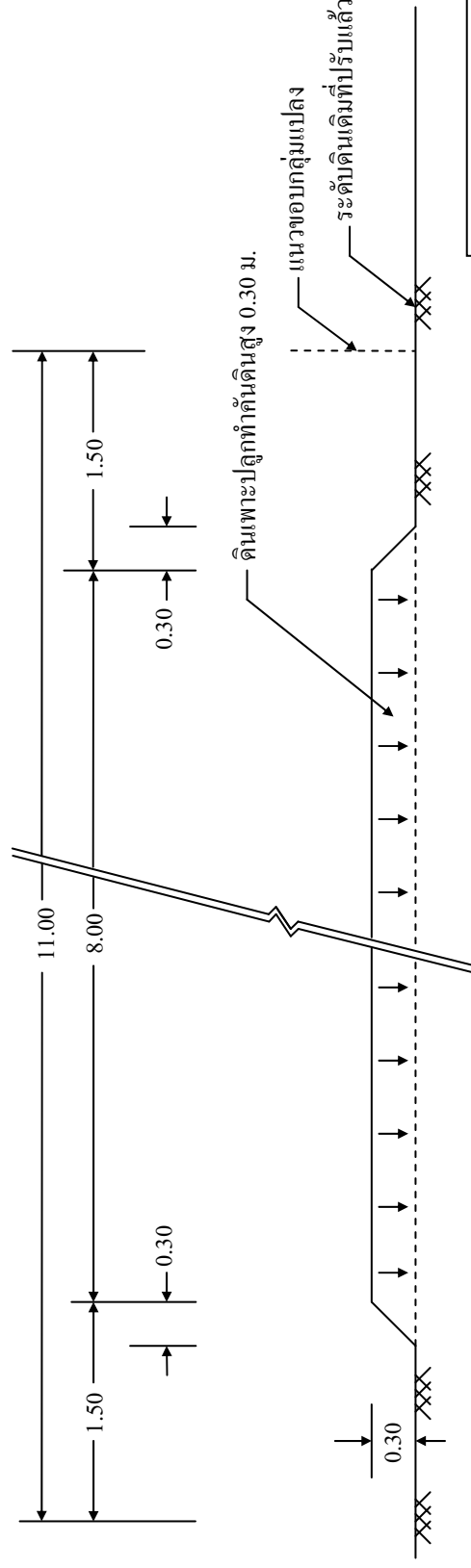


ข. รูปตัดแปลงผัก 1 ด้านยาว

รูปที่ 1-3 รูปตัดแปลงปลูกผัก
(หมายเหตุ : หน่วยเป็นเมตร)



ค. รูปตัดแปลงผัก 2 ด้านขวาง



ง. รูปตัดแปลงผัก 2 ด้านยาว

รูปที่ 1-3 รูปตัดแปลงปลูกผัก (ต่อ)
(หมายเหตุ : หน่วยเป็นเมตร)

แปลง 2/1 มีอาคาร 3 ระดับต่อแปลง
ทุกแปลง (3 ถาด/แปลง)
แปลง 2/2 มีอาคาร 1 ระดับต่อแปลง
(1 ถาด/แปลง) ทุกแปลง



ก. แปลงผัก 1



ข. มาตรวัดน้ำรดแปลงผัก 1

รูปที่ 1-4 รูปถ่ายแปลงผัก



ค. แปลงผัก 1 ขณะรดน้ำ



ง. แปลงผัก 2 (ขณะวางตาข่ายรับน้ำซึมที่ระดับ 0.3 ม.)

รูปที่ 1-4 รูปถ่ายแปลงผัก (ต่อ)



จ. แปลงผัก 2 (มีหลังคาพลาสติกใสกันฝน)



ฉ. ถังรับน้ำซึมใต้แปลงผัก 2

รูปที่ 1-4 รูปถ่ายแปลงผัก (ต่อ)

ในช่วงวันที่ 2-4 มิถุนายน 2546 ได้เก็บตัวอย่างดิน 2 จุด ที่ระดับผิวดินถึงความลึก 0.5 ม. ที่ตำแหน่งกลางแปลงผัก 1 (หลังจากได้มีการปรับปรุงดินด้วยการเติมปุ๋ยคอกและปลูกผักคะน้าโดยใช้น้ำ GWps ไปแล้ว 1 crop) และกลางแปลงผัก 2 (หลังจากได้นำดินจากภายนอกมาปรับปรุงแปลงผักเพื่อให้ร่วนซุยขึ้นกว่าเดิม) ตัวอย่างดินได้นำมาทดสอบ Liquid Limit, Plastic Limit, Specific Gravity, Sieve Analysis และหา Field Permeability ที่ระดับความลึก 0.5 ม. โดยวิธี Open End Borehole Test การวิเคราะห์ทำโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลการวิเคราะห์ในแปลงผักและนาข้าวได้แสดงในตารางที่ 1-1

ข) ชนิดน้ำรด

ข.1 น้ำเสีย (raw wastewater, RW) ได้ติดตั้งปั๊มจุ่มยี่ห้อ Marubishi ขนาด 0.5 แรงม้า 1 ชุด ที่บ่อพัก (manhole) ซึ่งรวมน้ำเสียก่อนลงบ่อสูบ P10 ของระบบบำบัดน้ำเสีย และสูบน้ำมายังถังพักน้ำ RW (ขนาดความจุ 1.1 ม³)

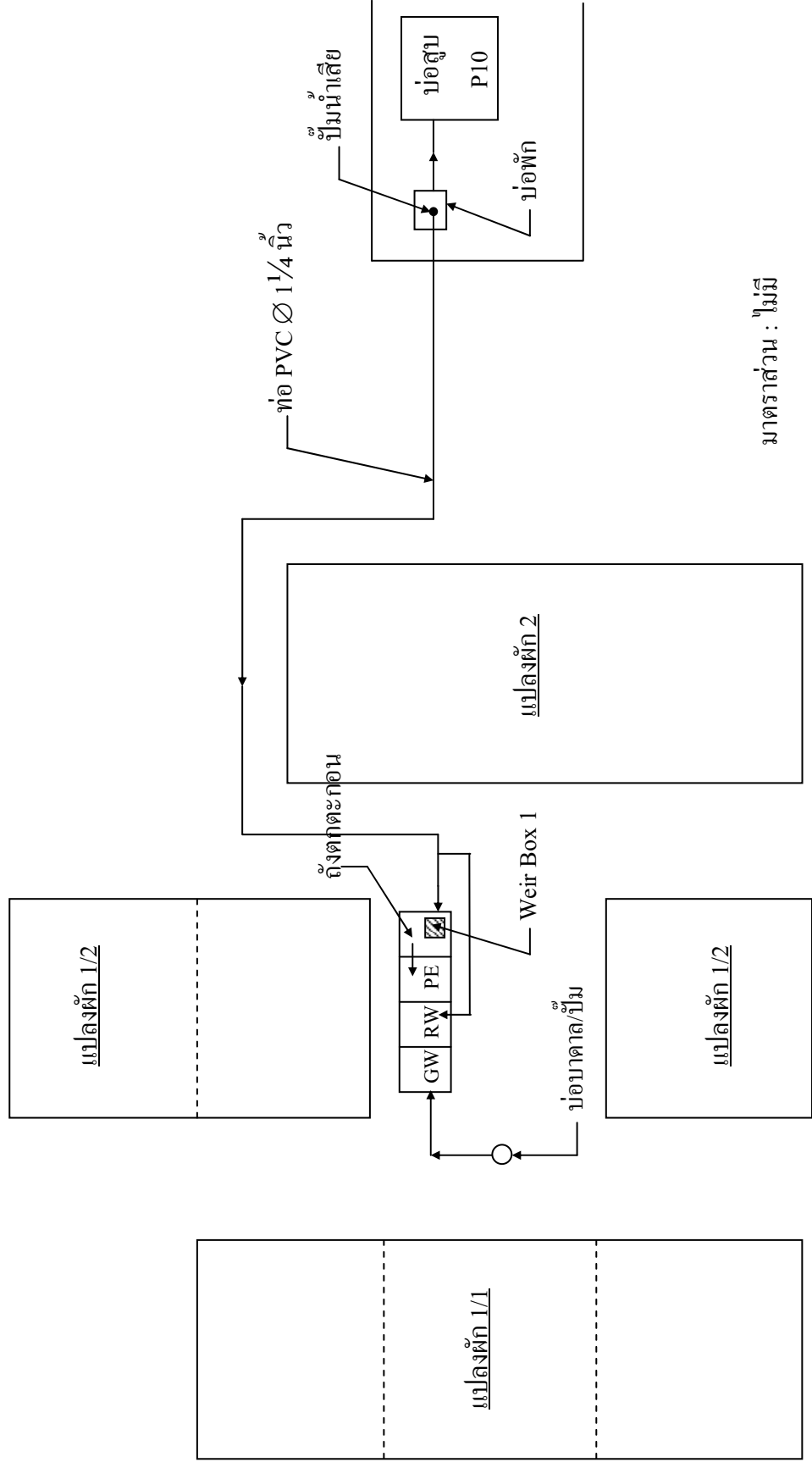
ข.2 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (primary treatment effluent, PE) ได้สูบน้ำ RW มายังถัง Weir Box 1 ทำด้วยสแตนเลส เพื่อปรับอัตราการไหลให้เท่ากับ 1 ม³/ชม. ก่อนไหลลงถังตกตะกอนขั้นต้น (primary sedimentation tank) ขนาดกว้าง 1.0 ม. ยาว 2.0 ม. ลึก 0.6 ม. น้ำ RW จะตกตะกอนและน้ำล้นไหลลงยังถังพักน้ำ PE (ขนาดความจุ 1.1 ม³)

ข.3 น้ำบาดาล (GWps) ได้เจาะบ่อบาดาลขนาดท่อกรู 2 นิ้ว ลึก 30 ม. ติดตั้งปั๊มหยอโข่งพร้อมถังแรงดันอัตโนมัติ ปั๊มยี่ห้อ Super Star Model SCP-251 ขนาด 1/3 แรงม้า 1 ชุด สูบน้ำบาดาลมาใส่ในถังพักน้ำ GWps (ขนาดความจุ 0.5 ม³)

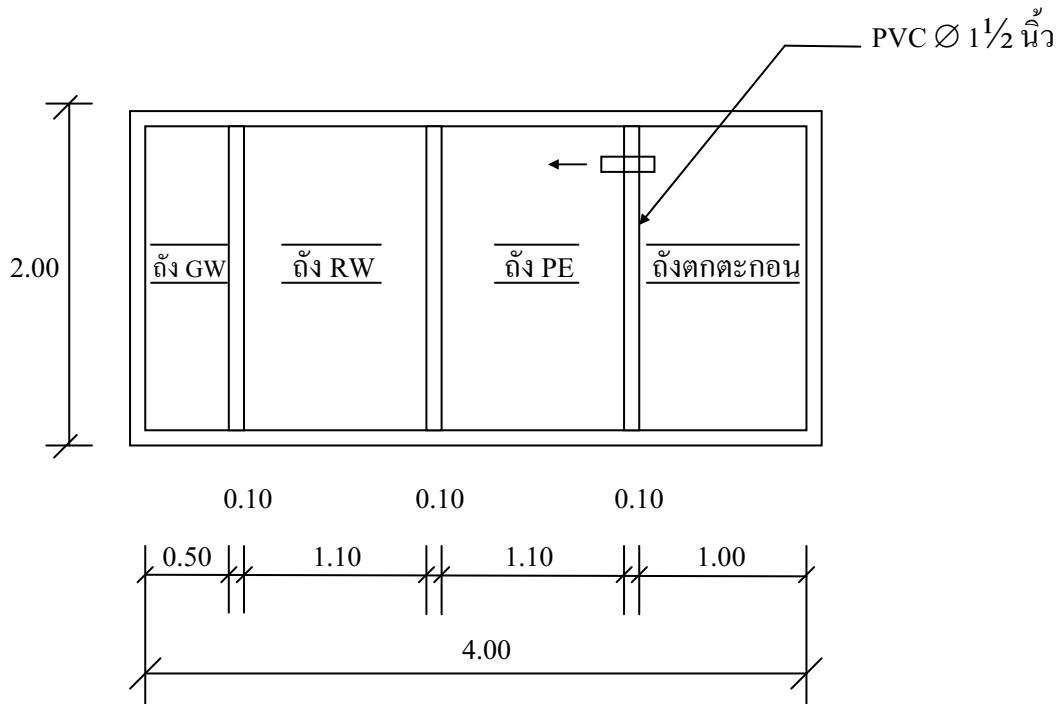
การสูบน้ำจากถังพักไปใช้รดแปลงผัก 1 จะใช้ปั๊มหยอโข่งขนาด 1/3 แรงม้า สูบผ่านมาตรวัดน้ำไปรดแปลงผัก สำหรับแปลงผัก 2 จะรดโดยใช้ฝักบัว พังบริเวณระบบเตรียมน้ำรดได้แสดงในรูปที่ 1-5 ขนาดถังและรูปถ่ายได้แสดงในรูปที่ 1-6 และ 1-7

ตารางที่ 1-1 ลักษณะสมบัติทางวิศวกรรมของดินในแปลงทดลอง

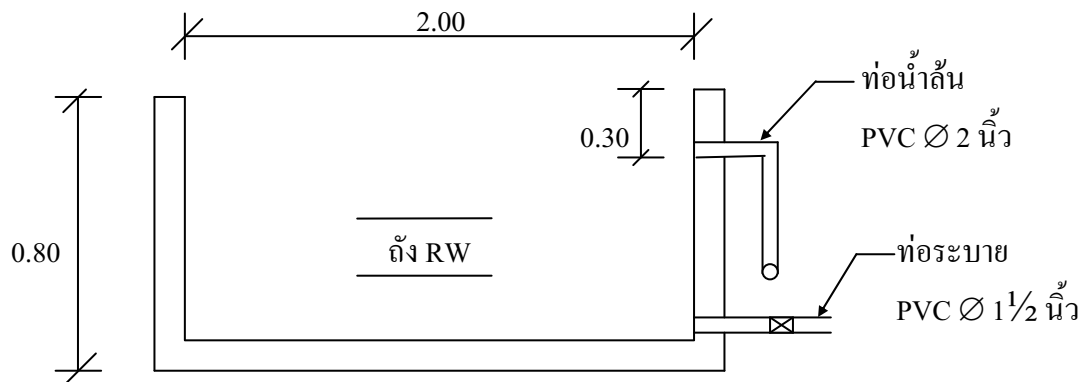
หลุมเจาะ	ตำแหน่ง	Atterberg Limit			Specific Gravity	Grain Size Analysis			Coefficient of Permeability (k) (cm/s)
		Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plastic Index		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
B1	น้ำข้าว 2/2	-	-	-	2.62	74.59	18.98	6.43	4.7×10^{-6}
B2	น้ำข้าว 2/2	17.8	11	6.8	2.71	47.98	37.30	14.72	3.7×10^{-7}
B3	น้ำข้าว 2/1	18.8	15	3.8	2.64	49.22	34.36	16.42	9.8×10^{-7}
B4	น้ำข้าว 2/2	33.5	17	16.5	2.65	39.28	38.74	21.98	3.7×10^{-6}
B5	น้ำข้าว 1	25.6	13	12.6	2.56	30.98	44.04	24.98	1.17×10^{-5}
B6	น้ำข้าว 2	19.5	14	5.5	2.64	43.01	38.17	18.82	1.47×10^{-5}
B7	แปลงพัก 1	35.8	25	10.8	2.63	24.61	57.79	17.64	1.24×10^{-6}
B8	แปลงพัก 2	30.4	23	7.4	2.60	53.36	38.99	7.65	1.37×10^{-6}



รูปที่ 1-5 แผนผังระบบสูบน้ำารคแปลงผัก



ก. แปลน



ข. รูปตัดตามขวาง

รูปที่ 1-6 ถังเก็บน้ำรคแปลงผัก
(หมายเหตุ : หน่วยเป็นเมตร)



ก. ถังตกตะกอนขั้นต้นและ Weir Box 1



ข. ถังตกตะกอนขั้นต้นและถังเก็บน้ำ

รูปที่ 1-7 รูปถ่ายระบบน้ำรด

ในช่วงแรกของการทดลอง (เมษายน-ตุลาคม 2546) โครงการวิจัยได้ประสานงานให้ผู้รับเหมาที่ก่อสร้างท่อคักน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ (บริษัท ริเวอร์เอ็นจิเนียริง จำกัด) สูบน้ำเสียผ่านบริเวณก่อสร้างซึ่งจะเป็นช่วง ๆ ให้ไหลเข้าท่อคักน้ำเสีย ลงบ่อสูบ P10 เพื่อสูบเข้าแปลงทดลองปลูกผัก แต่หลังจากเดือนพฤศจิกายน 2546 เป็นต้นไป ผู้รับเหมาไม่ได้สูบน้ำเสียส่งผ่านมาให้เนื่องจากได้เปิดหน้างานพร้อมกันหลายจุด จึงไม่มีน้ำเข้าบ่อสูบ P10 โครงการวิจัยจึงสูบน้ำสกปรกจากคลองแม่ข่าเข้าบ่อสูบ P10 มาทดลองแทน จากการสำรวจพบว่าน้ำเสียที่ไหลมายังบ่อสูบ P10 ในช่วงก่อสร้างท่อคักน้ำเสียและน้ำในคลองแม่ข่า (ซึ่งมีการผันน้ำเสียเทศบาลลงทิ้งในคลองด้วย) มีการปนเปื้อนต่ำกว่าน้ำเสีย RW จึงเรียกน้ำเหล่านี้ว่าน้ำสกปรก (contaminated water, CW) เมื่อนำไปปลูกผักได้สูบเข้าบำบัดขึ้นดินโดยถังตกตะกอนที่ออกแบบไว้ น้ำที่ผ่านการตกตะกอนเรียก Sedimentation-Contaminated Water (Sed.CW) ลักษณะคลองแม่ข่าได้แสดงในรูปที่ 1-8 การทดลองโดยน้ำ CW นี้เป็นการศึกษาเพิ่มเติมจากแผนเดิม

ในการทดลองแปลงผัก 2 ซึ่งใช้น้ำปริมาณไม่มากนักและต้องการผลงานวิจัยโดยเร็ว โครงการวิจัยจึงขนส่งน้ำ RW และน้ำ PE (น้ำ RW ที่ปล่อยตกตะกอน 1 ซม.) โดยสูบจากบ่อสูบ P2 (ถนนสันติธรรม เทศบาลนครเชียงใหม่) ใส่ถังขนาด 100 ลิตร 4 ถัง บรรทุกรถกระบะ นำมารดแปลงทดลอง 2 รูปถ่ายการขนส่งน้ำได้แสดงในรูปที่ 1-9



รูปที่ 1-8 คลองแม่ข่า จุดสูบน้ำ CW



ก. บ่อสูบ P2 (ถนนสันติธรรม)



ข. การบรรทุกน้ำเสีย

รูปที่ 1-9 การขนส่งน้ำเสียสำหรับแปลงผัก 2

ค) ชนิดพืช

ชนิดพืชที่ปลูกมีดังนี้

แปลงผัก 1

- ผักคะน้า เป็นผักที่ใช้บริโภคโดยทั่วไป ต้องทำให้สุกก่อน
- กะหล่ำดอก เป็นผักที่ใช้บริโภคโดยทั่วไป เป็นหัวที่มีผิวขรุขระ ซึ่งอาจ

เกิดการสะสมของแบคทีเรียและพยาธิได้

- ผักกาดขาวปลี เป็นผักห่อหัวใช้บริโภคทั้งสุกและดิบ
- ผักกาดหัว เป็นพืชหัวอยู่ในดิน ต้องทำให้สุกก่อนบริโภค
- ดอกแอสเตอร์ เป็นไม้ดอก (ปลูกเพิ่มเติมภายหลังตามคำแนะนำของ

ผู้ทรงคุณวุฒิ สกว.)

แปลงผัก 2

- ผักคะน้า

ง) รายละเอียดการเพาะปลูกแปลงผัก 1 น้ำ CW

การเพาะปลูกแปลงผัก 1 มีระยะเวลาดังตารางที่ 1-2 และ 1-3 มีรายละเอียดการเพาะปลูกดังต่อไปนี้ โดยน้ำรด 3 ชนิดคือ CW, Sed.CW, GWps เนื่องจากแปลงผักอยู่ข้างแม่น้ำปิง เป็นพื้นที่ลุ่ม ในเดือนกันยายนช่วงน้ำหลากสูงสุดจะเกิดน้ำท่วมแปลงทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ตลอดการวิจัย (พ.ศ. 2546-2548) เกิดน้ำท่วมในเดือนกันยายน ทุกปีหลังจากน้ำลด แปลงทดลองยังคงรูปเดิม แต่ต้องปรับปรุงเล็กน้อย

ตารางที่ 1-2 การเพาะปลูกในแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ชนิดพืช	ระยะเวลาทำการทดลอง (เดือน)																
	2546												2547				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ผักคะน้า				(1)	(1)	(2)	(2)		* ⁽¹⁾								(3)
กะหล่ำดอก				(1)	(1)	(2)	(2)										
ผักกาดขาวปลี											(1)	(1)	(2)	(2)			
ผักกาดหัว											(1)	(1)	(2)	(2)			

หมายเหตุ *⁽¹⁾ น้ำท่วมแปลงผักครั้งที่ 1

ตารางที่ 1-3 วันที่ทำการเพาะกล้า ย้ายปลูก และเก็บเกี่ยวผักในแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ชนิดผัก	ปลูกครั้งที่	วันที่เพาะกล้า	วันที่ย้ายปลูก	วันที่เก็บเกี่ยว	รวมเวลาปลูกบนแปลง (วัน)
ผักคะน้า	1	31 มี.ค. 46	25 เม.ย. 46	26 พ.ค. 46	31
	2	3 มิ.ย. 46	25 มิ.ย. 46	23 ก.ค. 46	28
	3 ⁽¹⁾	5 เม.ย. 47	29 เม.ย. 47	31 พ.ค. 47	32
กะหล่ำดอก	1	31 มี.ค. 46	25 เม.ย. 46	17 มิ.ย. 46	53
	2	4 มิ.ย. 46	30 มิ.ย. 46	28 ส.ค. 46	59
ผักกาดขาวปลี	1 ⁽¹⁾	10 ต.ค. 46	3 พ.ย. 46	9 ธ.ค. 46	36
	2 ⁽¹⁾	3 ธ.ค. 46	5 ม.ค. 47	11 ก.พ. 47	37
ผักกาดหัว ⁽²⁾	1 ⁽¹⁾	-	22 พ.ย. 46	13 ม.ค. 47	52
	2 ⁽¹⁾	-	3 ก.พ. 47	29 มี.ค. 47	54

หมายเหตุ (1) น้ำ CW สูบจากคลองแม่ข่า

(2) ใช้วิธีหยอดเมล็ดในแปลงปลูก

ง.1 ผักคะน้า

ใช้ผักคะน้าใบ พันธุ์ตราปลาทอง การดูแลรักษาก่อนปลูกใส่ปุ๋ย N-P-K 15-15-15 50 กก./ไร่ การปลูกใช้ระยะห่าง 25 ซม. × 30 ซม. (5 แถว ด้านกว้าง) รวม 195 ต้น/แปลง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ คือ ใส่สารกลุ่มคาร์บาริลป้องกันกำจัดหมีดักในในระยะแรก และใช้สารกลุ่มมาลาไธออนป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนสัปดาห์ละครั้ง และงดการฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยระหว่างการปลูกมี 2 ครั้ง โดยมีการปรับลดปุ๋ยในแปลงที่รดโดยน้ำ CW และ Sed. CW ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ครั้งแรก หลังย้ายปลูก 7 วัน ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 23.2 และ 24.1 กก./ไร่ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยครั้งที่สองหลังย้ายปลูก 14 วัน ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 19 และ 22 กก./ไร่ ตามลำดับ (รายละเอียดการคำนวณลดปุ๋ยในแปลง GWps, CW, Sed. CW ได้แสดงในภาคผนวก ก ทั้งนี้ถือว่า N, P ในน้ำรดจะถูกใช้โดยพืชเหมือนปุ๋ยเคมีที่เติม) การรดน้ำแปลงผักทำวันละ 2 ครั้ง เช้ากับเย็น ยกเว้นวันที่มีฝนตก

ง.2 กะหล่ำดอก

ใช้กะหล่ำดอกพันธุ์ตราช้าง การดูแลรักษา ก่อนปลูกใส่ปุ๋ย N-P-K 13-13-21 รองพื้นอัตรา 25 กก./ไร่ การปลูกใช้ระยะห่าง 40 ซม. × 40 ซม. (4 แถว ด้านกว้าง) รวม 104 ต้น/แปลง การจัดการดูแลรักษาใช้สารกลุ่มมาลาไทออนป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนสัปดาห์ละครั้ง เมื่อเริ่มออกดอกใช้สารกลุ่มฟิโนฟอสฟอนป้องกันกำจัดหนอนกะหล่ำดอก และงดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยระหว่างปลูก 3 ครั้ง ครั้งแรกหลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ย 13-13-21 ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 13.28 และ 19.15 กก./ไร่ ตามลำดับ หลังย้ายปลูก 10 วัน ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 23.2 และ 24.1 กก./ไร่ ตามลำดับ และหลังย้ายปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 21.6 และ 23.3 กก./ไร่ ตามลำดับ (รายละเอียดการปรับปริมาณปุ๋ยเพื่อให้ได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน รวมทั้งที่มีในน้ำ ได้แสดงในภาคผนวก ก) การรดน้ำแปลงผักทำวันละ 2 ครั้ง เช้ากับเย็น ยกเว้นวันที่มีฝนตก

ง.3 ผักกาดขาวปลี

ใช้พันธุ์ทรอปิคาสตาร์ การดูแลรักษา ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวแห้ง รองพื้นอัตรา 800 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ย N-P-K 15-15-15 50 กก./ไร่ การปลูกใช้ระยะห่าง 40 ซม. × 40 ซม. (4 แถว ด้านกว้าง) รวม 104 ต้น/แปลง การจัดการดูแลรักษาใช้สารกลุ่มมาลาไทออนป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนในระยะแรก และใช้สารกลุ่มไพรีทรอยด์ป้องกันกำจัดเพลี้ยแป้งที่แพร่ระบาด และงดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยระหว่างปลูก 1 ครั้ง หลังย้ายปลูก 15 วัน ใส่ปุ๋ย 15-15-15 ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 19 และ 22 กก./ไร่ ตามลำดับ เพื่อให้ผักได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใกล้เคียงกันรวมทั้งที่มีในน้ำ การรดน้ำแปลงผักทำวันละ 2 ครั้ง เช้ากับเย็น ยกเว้นวันที่มีฝนตก

ง.4 ผักกาดหัว

ใช้พันธุ์ตราช้าง การดูแลรักษา ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยคอกมูลวัวแห้ง รองพื้นอัตรา 800 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ย N-P-K 15-15-15 รองพื้น 50 กก./ไร่ การปลูกใช้ระยะห่าง 25 ซม. × 30 ซม. (4 แถว ด้านกว้าง) รวม 152 ต้น/แปลง การจัดการดูแลรักษาใช้สารกลุ่มคาร์บาริลป้องกันกำจัดเพลี้ยหมัดกระโดดในระยะ 3 สัปดาห์แรก และใช้สารกลุ่มมาลาไทออนป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนในช่วงหลัง และงดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยระหว่างปลูก 1 ครั้ง ใส่ปุ๋ย 15-15-15 ในแปลง GWps, CW, Sed. CW ที่อัตรา 25, 19 และ 22 กก./ไร่ ตามลำดับ เพื่อให้ผักได้รับ

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใกล้เคียงกันรวมทั้งที่มีในน้ำ การร่นน้ำแปลงผักทำวันละ 2 ครั้ง เช้ากับเย็น ยกเว้นวันที่มีฝนตก

จ) รายละเอียดการเพาะปลูกแปลงผัก 1 น้ำ RW

การเพาะปลูกมีระยะเวลาดังตารางที่ 1-4 และมีน้ำรด 3 ชนิดคือ RW, PE, GWps สำหรับพันธุ์ผักที่ใช้ วิธีการปลูก และการจัดการดูแลรักษา ผักแต่ละชนิด เหมือนกับกรณีของการใช้น้ำ CW ดังรายละเอียดในข้อ ง) ทุกประการ โดยอัตราการใช้น้ำของแปลงที่รดด้วยน้ำ RW จะเหมือนกับแปลงที่รดด้วยน้ำ CW และแปลงที่รดด้วยน้ำ PE จะเหมือนกับแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW

ในส่วนของการปลูกดอกแอสเตอร์มีรายละเอียดดังนี้คือ ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงไล่เหลือง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้า ใช้น้ำ 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้นหลังปลูกได้ 20 วัน ทำการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 500 กก./ไร่ ที่ 30 วันใส่ปุ๋ย 15-15-15 ในแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps, RW และ PE อัตรา 50, 38 และ 44 กก./ไร่ ตามลำดับ และเมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอกได้ใส่ปุ๋ย 12-24-12 ในแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps, RW และ PE อัตรา 50, 38 และ 44 กก./ไร่ ตามลำดับ การป้องกันกำจัดแมลงนั้นในแปลงเพาะกล้าใช้ไคเพนเอ็ม 45 ฉีดพ่นทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันโรคโคนเน่า ส่วนการป้องกันแมลงนั้นได้ใช้สารกลุ่มคาโบซัลเฟน ฉีดพ่นสลับกับสารกลุ่มมาลาไธออนทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ และเพลี้ยอ่อน และงดฉีดพ่นก่อนทำการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์

ตารางที่ 1-4 การเพาะปลูกในแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ชนิดพืช	ระยะเวลาการทดลอง (เดือน)																		
	2547								2548										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ผักคะน้า		(1)		* ⁽²⁾						(2)	(3)	(4)				* ⁽³⁾			
กะหล่ำดอก	←	(1)	→								←	→	←	→				←	→
ผักกาดขาวปลี						(1)	(2)												
ผักกาดหัว						(1)		(2)		(3)								(4)	
ดอกแอสเตอร์							(1)				(2)								

หมายเหตุ *⁽²⁾ นำท่วมแปลงผักครั้งที่ 2

*⁽³⁾ นำท่วมแปลงผักครั้งที่ 3

ตารางที่ 1-5 วันที่ทำการเพาะกล้า ย้ายปลูก และเก็บเกี่ยวผักในแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ชนิดผัก	ปลูก ครั้งที่	วันที่เพาะกล้า	วันที่ย้ายปลูก	วันที่เก็บเกี่ยว	รวมเวลาปลูก บนแปลง (วัน)
ผักคะน้า	1	9 มิ.ย. 47	1 ก.ค. 47	29 ก.ค. 47	28
	2	7 ก.พ. 48	3 มี.ค. 48	30 มี.ค. 48	28
	3	7 มี.ค. 48	1 เม.ย. 48	3 พ.ค. 48	32
	4	8 เม.ย. 48	16 พ.ค. 48	16 มิ.ย. 48	31
กะหล่ำดอก	1	18 พ.ค. 47	10 มิ.ย. 47	25 ส.ค. 47	56
	2	10 มี.ค. 48	16 เม.ย. 48	2 มิ.ย. 48	47
	3	26 เม.ย. 48	7 มิ.ย. 48	3 ส.ค. 48	56
	4	23 ส.ค. 48	19 ต.ค. 48	24 พ.ย. 48	47
ผักกาดขาวปลี	1	23 ก.ย. 47	15 ต.ค. 47	24 พ.ย. 47	40
	2	16 พ.ย. 47	7 ธ.ค. 47	17 ม.ค. 48	40
ผักกาดหัว*	1	-	1 ต.ค. 47	22 พ.ย. 47	53
	2	-	1 ธ.ค. 47	20 ม.ค. 48	51
	3	-	11 ก.พ. 48	31 มี.ค. 48	48
	4	-	19 ต.ค. 48	30 พ.ย. 48	41
ดอกแอสเตอร์	1	4 ต.ค. 47	9 พ.ย. 47	5 ก.พ. 48	88
	2	24 ธ.ค. 47	8 ก.พ. 48	3 พ.ค. 48	84

หมายเหตุ * ใช้วิธีหยอดเมล็ดในแปลงปลูก

ฉ) รายละเอียดการเพาะปลูกแปลงผัก 2

ทำการปลูกทดลองเฉพาะผักคะน้า ใช้ผักคะน้าใบพันธุ์ตราช้าง โดยมีแปลงทดลอง 2 แปลงคือ แปลงผัก 2/1 มีวัตถุประสงค์หาปริมาณน้ำรดที่เหมาะสม (ต่ำสุด) ที่พืชเจริญเติบโตได้ดีและมีผลกระทบต่อน้ำใต้ดินน้อยที่สุด ส่วนแปลงผัก 2/2 มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการใช้ปุ๋ยต่ำสุดและผลกระทบต่อน้ำใต้ดิน สำหรับการเพาะปลูกในแปลงผัก 2 การปลูกใช้ระยะห่าง 25 ซม. × 30 ซม. (5 แถว ด้านกว้าง) รวม 120 ต้น/แปลง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ คือ ใส่สารกลุ่มคาร์บาริล ป้องกันกำจัดหมีดผักในระยะแรก และใช้สารกลุ่มมาลาไธออนป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนสัปดาห์ละครั้ง การรดน้ำแปลงผักทำวันละ 2 ครั้ง เช้ากับเย็น สำหรับระยะเวลาและรายละเอียดอัตราน้ำรดและอัตราใส่ปุ๋ยในการปลูกแต่ละครั้งได้แสดงในตารางที่ 1-6 และ 1-7 โดยอัตราการใส่ปุ๋ยปกติ คือ ใส่ปุ๋ย N-P-K 15-15-5 จำนวน 50 กก./ไร่ ก่อนปลูก 1 วัน หลังปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ย N-P-K 46-0-0 จำนวน 20 กก./ไร่ อัตราน้ำรดปกติ คือ 400 ลบ.ม./ไร่/เดือน

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้เพิ่มแปลงทดลองขึ้นอีก 2 ชุด หลังการปลูกครั้งที่ 1 เป็นแปลง Control C1 และ C2 ขนาดกว้าง 1.5 ม. ยาว 8 ม. แปลงควบคุมตั้งกลางแจ้ง รับน้ำฝนตามธรรมชาติและปลูกผักคะน้า รดโดยน้ำ GWps ใช้ปุ๋ยและน้ำในอัตราปกติตลอดการทดลอง ขณะที่แปลง 2/1 และ 2/2 ปรับลดน้ำ-ปุ๋ยตามแผนการวิจัย

ตารางที่ 1-6 การเพาะปลูกในแปลงผัก 2 (น้ำ CW และ RW)

ชนิดน้ำ	ระยะเวลาทำการทดลอง																	
	2546												2547					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CW, Sed.CW, GWps						(1) ↔			*(1)									
RW, PE, GWps											(1) ↔	(2) ↔	(3) ↔	(4) ↔	(5) ↔			

หมายเหตุ *⁽¹⁾ น้ำท่วมแปลงผักครั้งที่ 1

ตารางที่ 1-7 วันที่ทำการเพาะกล้า ข้ายปลูก และเก็บเกี่ยวผักคะน้าแปลงพัก 2 พร้อมรายละเอียดอัตราน้ำรดและอัตราใส่ปุ๋ย

ชนิดน้ำรด	ปลูก ครั้งที่	วันที่เพาะกล้า	วันที่ข้ายปลูก	วันที่เก็บเกี่ยว	รวมเวลาปลูก บนแปลง (วัน)	แปลง 2/1		แปลง 2/2	
						อัตราน้ำรด ลบ.ม./ไร่-เดือน	อัตราใส่ปุ๋ย % ของอัตราปกติ ⁽¹⁾	อัตราน้ำรด ลบ.ม./ไร่-เดือน	อัตราใส่ปุ๋ย % ของอัตราปกติ ⁽¹⁾
CW, Sed.CW, GWps	1	26 พ.ค. 46	23 มี.ย. 46	27 ก.ค. 46	33	400	100 ⁽¹⁾	400	0
RW, PE, GWps	1 ⁽²⁾	6 ต.ค. 46	4 พ.ย. 46	28 พ.ย. 46	24	400	100	400	0
	2	19 พ.ย. 46	15 ธ.ค. 46	15 ม.ค. 47	31	300	100	400	20
	3	25 ธ.ค. 46	22 ม.ค. 47	19 ก.พ. 47	29	200	100	400	40
	4	4 ก.พ. 47	1 มี.ค. 47	30 มี.ค. 47	30	100	100	400	60
	5 ⁽³⁾	12 มี.ค. 47	7 เม.ย. 47	6 พ.ค. 47	29	-	-	400	80

หมายเหตุ (1) อัตราปกติ หมายถึง ใส่ปุ๋ย N-P-K 15-15-15 50 กก./ไร่ ก่อนปลูก และหลังปลูกใส่ปุ๋ย N-P-K 46-0-0 20 กก./ไร่

(2) ในการปลูกจริงได้ปลูก 2 ครั้ง ครั้งแรกย้ายปลูกวันที่ 27 สิงหาคม 2546 และเกิดน้ำท่วมแปลงทดลองในวันที่ 12 กันยายน 2546 จึงปลูกใหม่

(3) ทดลองเฉพาะแปลง 2/2

ข) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์

ข.1 การหาผลผลิต

ผลผลิตผักได้ซึ่งนำหนักสดผลผลิตรวมทั้งแปลง ก่อนทำการตัดแต่ง และ ซึ่งน้ำหนักหลังตัดแต่งโดยจะตัดส่วนรากและตัดแต่งใบแก่ออกทิ้ง เอาเฉพาะส่วนที่ขายได้ (marketable part) นำหนักรวมที่ได้หารด้วยพื้นที่ปลูกเพื่อหาผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ในกรณีแปลงผัก 1 มี 3 ชุดการทดลอง จะวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลในระดับความเชื่อมั่น 95%

ข.2 การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำรด น้ำฝน และน้ำซึม

น้ำเข้าแปลงผัก 1 ประกอบด้วยน้ำรดและน้ำฝน (ตามฤดูกาล) ในการทดลองได้บันทึกปริมาณน้ำรดทุกวันโดยใช้มาตรวัดน้ำแบบสะสมตัวเลขปลายท่อน้ำรด สำหรับน้ำฝนได้ใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดของโครงการวิจัยฯ (เครื่องวัดน้ำฝนแบบ Tipping Bucket ยี่ห้อ Sato Keiryoki Model 7980-S-40) ซึ่งติดตั้งที่บริเวณโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ ห่างจากแปลงผัก 1 ประมาณ 2 กม. (รูปที่ 1-10) สำหรับแปลงผัก 2 มีหลังคาโปร่งใสคลุม ไม่มีน้ำฝนเข้าแปลงทดลอง น้ำรดบันทึกปริมาณการตวงและรดน้ำโดยฝักบัว น้ำซึมได้แปลงทดลองบันทึกปริมาณการตวง



รูปที่ 1-10 เครื่องวัดน้ำฝนในบริเวณโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่

ข.3 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของน้ำรด

การตรวจสอบคุณภาพของน้ำรดที่ใช้ในการเพาะปลูกผักทำโดยการเก็บตัวอย่างน้ำรดแบบจ้วง (grab) มาวิเคราะห์ลักษณะ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ในช่วงเวลาที่ทำกรเพาะปลูก โดยเก็บจากปลายท่อที่ใช้รดน้ำภายหลังปล่อยน้ำทิ้งประมาณ 5 นาที สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำซึมใต้แปลงผัก 2 เก็บตัวอย่างจากถังพักน้ำซึมแบบรวม (composite) 2 ครั้ง/สัปดาห์ พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีได้แก่ พีเอช สภาพการนำไฟฟ้า ของแข็งละลาย (TDS) สารแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน ทีเคเอ็น โคลิฟอร์มรวม และฟีคัลโคลิฟอร์ม ด้วยวิธีมาตรฐานของ Standard Methods (APHA, AWWA, WPCF 1998) สำหรับรายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์ในแต่ละดัชนีคุณภาพน้ำได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

นอกจากนี้ยังหาโลหะหนักในน้ำ RW, PE, GWps โดยเก็บตัวอย่างแบบจ้วง เดือนละครั้ง รวม 12 เดือน เพื่อหาตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอพซอพชั่นสเปกโตรโฟโตกราฟี ด้วยวิธีมาตรฐานของ Standard Methods (APHA, AWWA, WPCF 1998) ในช่วงเดือนมิถุนายน 2547 – พฤษภาคม 2548

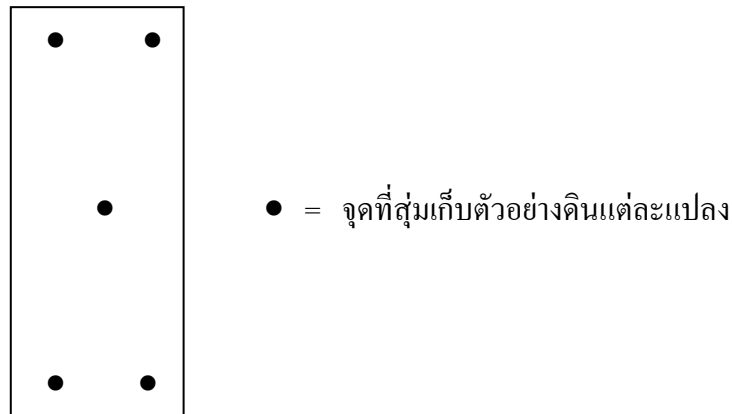
ข.4 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์โลหะหนักและธาตุอาหารในดิน

การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินทำโดยการเก็บตัวอย่างดินแบบรวม (composite) ที่ระดับ 0.15 ม. จากผิวดิน ก่อนและหลังการเพาะปลูกผัก มาวิเคราะห์หาปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอพซอพชั่นสเปกโตรโฟโตกราฟี และใช้วิธีการย่อยสลายของ EPA Method 3050 สำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินได้ส่งตัวอย่างดินแบบรวม ที่ผึ่งแห้งแล้วประมาณ 1 กก./ตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยหาพารามิเตอร์ดังนี้ พีเอช อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม รายละเอียดของวิธีการเก็บตัวอย่างดินได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

ข.5 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะทางจุลชีววิทยาของน้ำรดและดิน

- การเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจหาพยาธิ

ทำการสุ่มตัวอย่างจากแปลงเกษตรกรรมแต่ละแปลงก่อนและหลังการปลูกผัก โดยการสุ่มตัวอย่างดินจากจุดบริเวณ 4 มุมของแปลง และตรงกึ่งกลางของแปลงรวม 5 จุด (รูปที่ 1-11) โดยเก็บดินบริเวณหน้าดินลึกไม่เกิน 3 เซนติเมตร เก็บแต่ละจุดประมาณ 100 กรัม นำมาใส่รวมกันในถุงพลาสติกชนิดเย็นขนาด 6×9 นิ้วที่ใหม่และสะอาด ใช้ปากกาเคมีก้นน้ำเขียนรายละเอียดชนิดของน้ำที่ใช้รด ลำดับของแปลง วันที่เก็บตัวอย่าง แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการสำหรับวิธีการหาพยาธิได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง



รูปที่ 1-11 จุดเก็บตัวอย่างดินในแปลงผัก

- การเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์หาแบคทีเรียและพยาธิ

ตัวอย่างน้ำที่ตรวจหาเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคมี 3 ชนิด คือ GWps, RW และ PE วิธีการเก็บคือสูบน้ำที่ค้างในท่อทิ้งเป็นเวลา 5 นาที ก่อนทำการเก็บด้วยขวดแก้วที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อโรคแล้วจำนวน 3 ใบ เก็บน้ำชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นชนิดละ 500 มิลลิลิตร เขียนข้างขวดบอกชนิดของน้ำ และวันที่เก็บด้วยปากกาเคมีก้นน้ำ แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการทันที เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์หาเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคต่อไป สำหรับการหาพยาธิ ใช้ขวดแก้วที่ล้างสะอาดและแห้งโดยการอบแห้งเก็บน้ำ 3 ชนิด ชนิดละ 500 มิลลิลิตร และเขียนข้างขวดบอกชนิดของน้ำ และวันที่เก็บด้วยปากกาเคมีก้นน้ำ แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการทันที เพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดของพยาธิที่จะพบได้ในน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 18 เดือน ในช่วงเดือนมิถุนายน 2547 – พฤศจิกายน 2548 รายละเอียดการวิเคราะห์แบคทีเรีย ไข่ และหนอนพยาธิ ในน้ำ ได้แสดงในภาคผนวก จ

ข.6 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะทางจุลชีววิทยาและโลหะหนักของผัก

ทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละแปลง โดยการสุ่มตัวอย่างผักจากบริเวณ 4 มุมของแปลงและตรงกึ่งกลางของแปลงรวม 5 จุด ตำแหน่งเหมือนการเก็บตัวอย่างดินตรวจหาพยาธิ (รูปที่ 1-11) เก็บผักจุดละ 3 ต้น โดยตัดผักตามวิธีการที่เกษตรกรทำเป็นประจำวันและตามชนิดของผัก นำมาใส่ในถุงพลาสติกที่ใหม่และสะอาด ใช้ปากกาเคมีเขียนรายละเอียดชนิดของน้ำที่ใช้รดลำดับของแปลงที่ปลูก วันที่เก็บ แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อหาแบคทีเรีย ไข่ และหนอนพยาธิตามรายละเอียดในภาคผนวก ฉ

สำหรับการหาโลหะหนักจะรวมผักเป็นตัวอย่างรวม (composite) ตามชนิดน้ำรด และวิเคราะห์หาคะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยใช้เทคนิคอะตอมมิค-แอปซอพพชันสเปกโตรโฟโตกราฟฟี ใช้วิธีวิเคราะห์ตาม APFAN (1994) ตามรายละเอียดในภาคผนวก ช

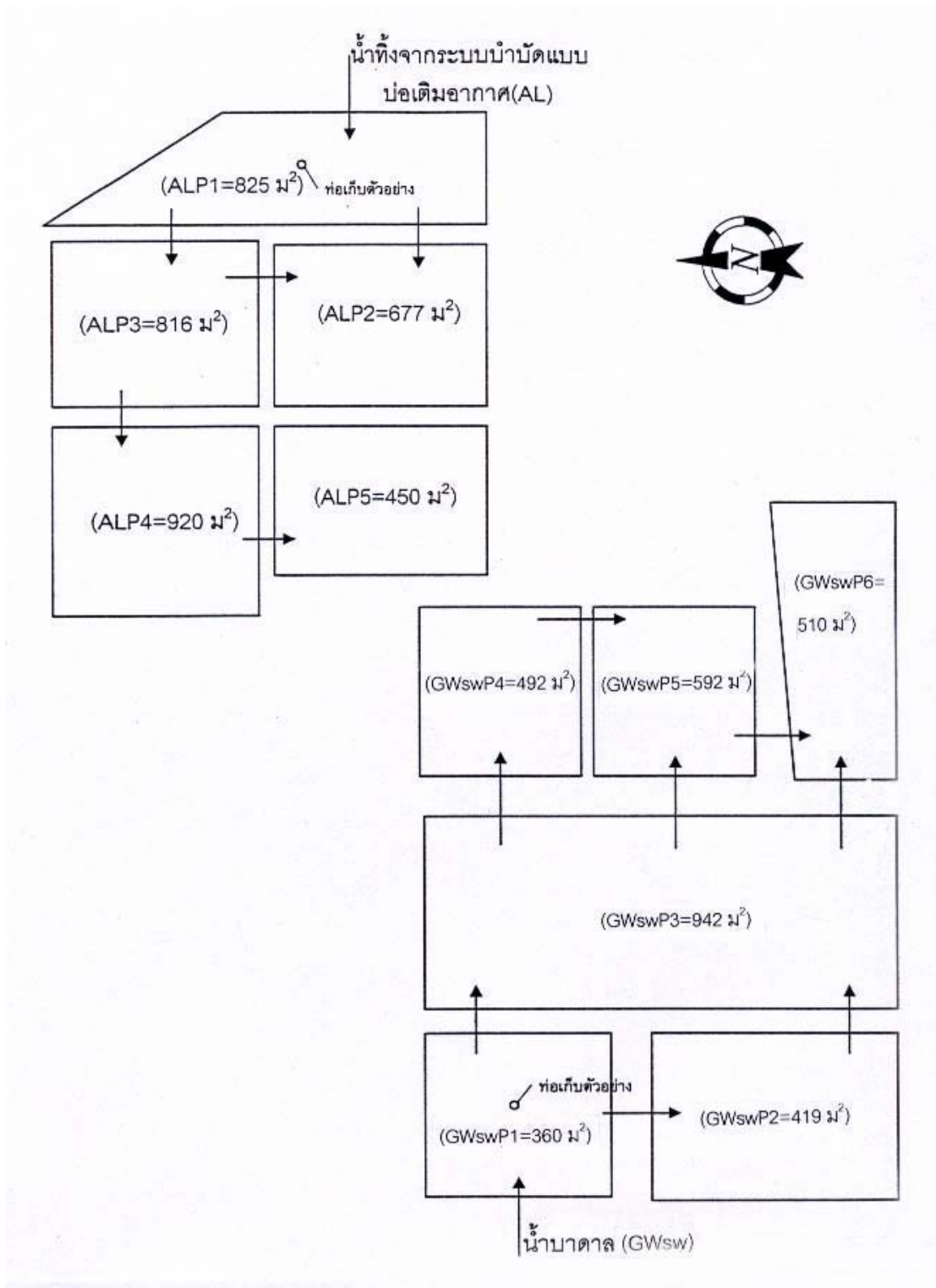
1.3.3 รายละเอียดการวิจัยในนาข้าว

ก) ขนาดแปลงนา

ก.1 นาข้าว 1 (ใช้น้ำ AL, GWsw)

การทดลองนาข้าว 1 โดยใช้น้ำรด AL และน้ำบาดาล GWsw เป็นการทดลองต่อเนื่องจากโครงการวิจัยระยะที่ 1 ที่ปลูกข้าว 4 crop (นาปี 2543 นาปี 2543 นาปี 2544 นาปี 2544) และโครงการวิจัยระยะที่ 1 (ส่วนขยาย) ที่ปลูกข้าว 2 crop (นาปี 2545 นาปี 2545) รวม 6 ครั้ง การเพาะปลูกที่ทำครั้งนี้เป็นการปลูกต่อเนื่อง คือครั้งที่ 7 (นาปี 2546) ครั้งที่ 8 (นาปี 2546) ครั้งที่ 9 (นาปี 2547) ครั้งที่ 10 (นาปี 2547) การเพาะปลูกครั้งที่ 7-10 ไม่ได้ใช้น้ำที่เป็นตัวแทนน้ำทิ้ง (AL) ที่แท้จริง เนื่องจากเทศบาลไม่ได้สูบน้ำเสียระบบบำบัดและไม่มีน้ำล้นออกโดยสม่ำเสมอ การเพาะปลูกโดยใช้น้ำ AL เป็นการปลูกครั้งที่ 11 (นาปี 2548) และครั้งที่ 12 (นาปี 2548)

แปลงนาที่ทดลองเป็นของเกษตรกรที่ร่วมโครงการ นายดวงดี คำสิงห์ หมู่ 3 ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ แปลงนาที่ใช้ลักษณะเป็นกระตังย่อย ๆ พื้นที่เพาะปลูกที่ใช้น้ำ AL (น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (aerated lagoon, AL) ของเทศบาลนครเชียงใหม่) มี 5 กระตังยอ รวม 3688 ม² (2.3 ไร่) พื้นที่เพาะปลูกที่ใช้น้ำบาดาล GWsw มี 6 กระตังยอ รวม 3252 ม² (2.0 ไร่) ลักษณะแปลงเพาะปลูกได้แสดงในรูปที่ 1-12 รูปถ่ายนาข้าวได้แสดงในรูปที่ 1-13 อนึ่ง พื้นที่โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่อยู่คร่อมระหว่าง ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ และ ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่



รูปที่ 1-12 ผังพื้นที่น้ำขั่ว 1

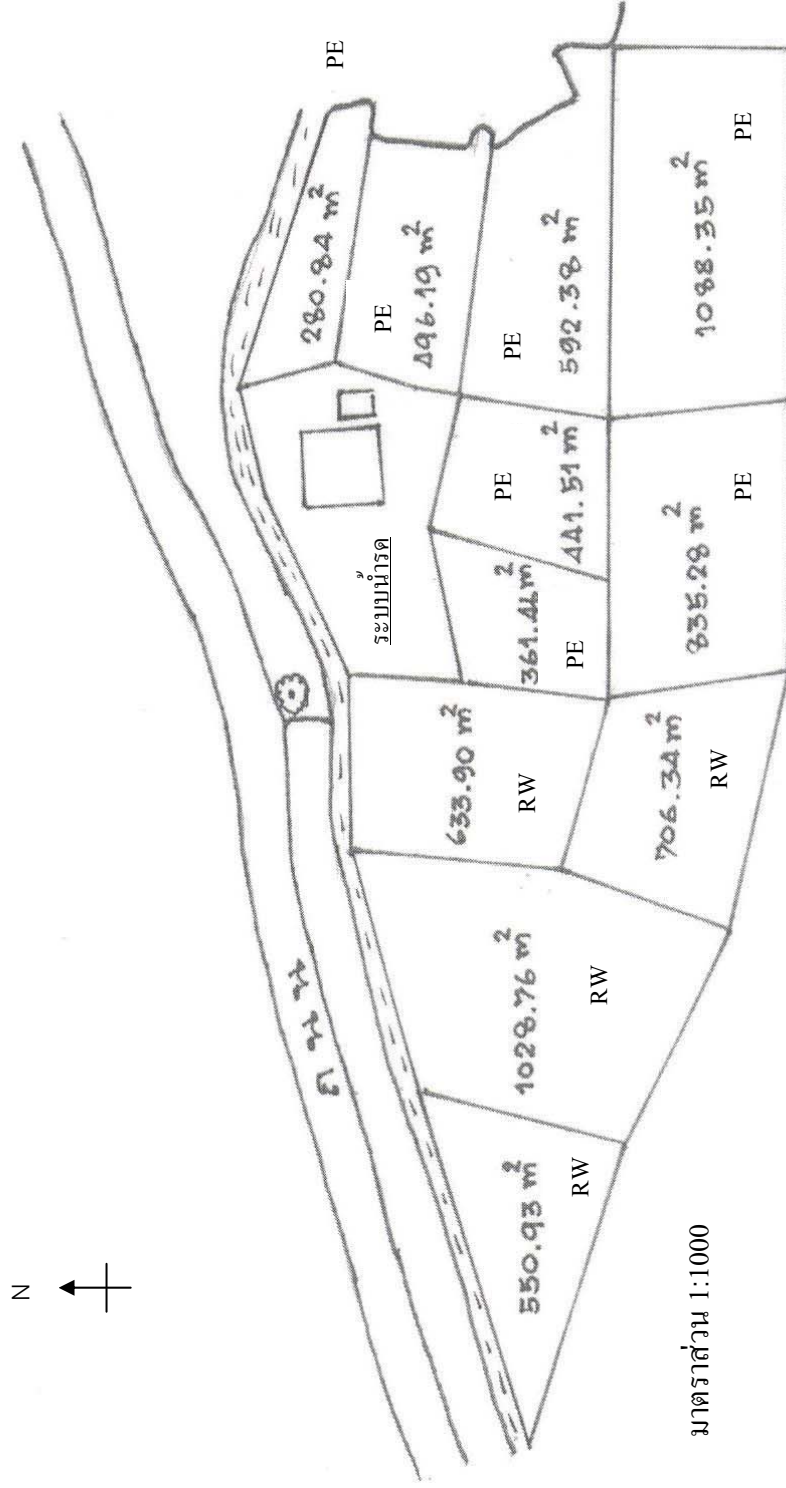


รูปที่ 1-13 รูปถ่ายนาข้าว 1

ก.2 นาข้าว 2 (ใช้น้ำ RW, PE)

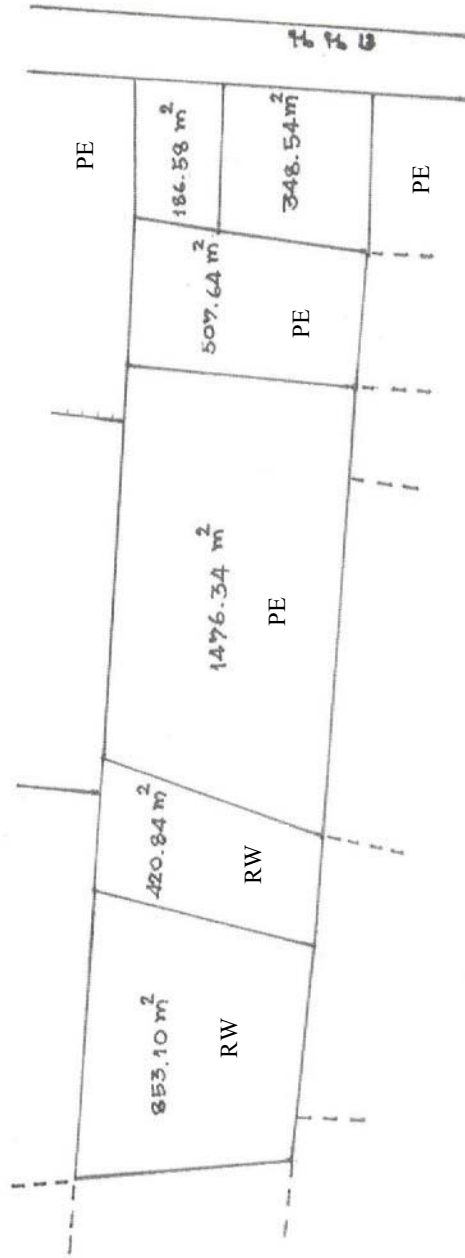
แปลงนา 2/1 เป็นของเกษตรกรที่ร่วมโครงการ นายประเสริฐ เรือนทน หมู่ 3 ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ แปลงนาอยู่ในบริเวณเดียวกับระบบเตรียมน้ำรด (ถังตกตะกอน ถังเก็บน้ำ RW, PE) มีพื้นที่เป็นกระตวยน้อย ๆ เพาะปลูกโดยใช้น้ำ RW 4 กระตวยนา พื้นที่ 2919.9 ม² (1.8 ไร่) เพาะปลูกโดยใช้น้ำ PE 7 กระตวยนา พื้นที่ 4096.0 ม² (2.6 ไร่) ในช่วงวิจัยฤดูนาปี 2546 ไม่ได้เพาะปลูก เพราะเทศบาลซ่อมท่อคักน้ำเสีย ไม่มีน้ำเสียเข้า ในฤดูนาปี 2546 เพาะปลูกโดยใช้น้ำธรรมชาติ (น้ำผิวดิน) ในปี 2547 ฤดูนาปี 2547 ไม่ได้ปลูก ฤดูนาปี 2547 ได้เพาะปลูกโดยใช้น้ำธรรมชาติ ข้อมูลการเพาะปลูก โดยน้ำธรรมชาติไม่นำเสนอในที่นี้ โครงการวิจัยฯ ต้องสนับสนุนการเพาะปลูกโดยน้ำธรรมชาติ เพื่อให้เกษตรกรยังคงร่วมมือกับโครงการต่อไป การเพาะปลูกจริงโดยใช้น้ำ RW, PE มี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 (นาปี 2548) และครั้งที่ 2 (นาปี 2548)

แปลงนา 2/2 เป็นของเกษตรกรที่ร่วมโครงการ นายตา สายชุมปา หมู่ 3 ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ อยู่ห่างจากระบบเตรียมน้ำรดประมาณ 420 ม. มีพื้นที่เป็นกระตวยน้อย ๆ เพาะปลูกโดยใช้น้ำ RW 2 กระตวยนา พื้นที่ 1273.9 ม² (0.8 ไร่) เพาะปลูกโดยใช้น้ำ PE 4 กระตวยนา พื้นที่ 2519.1 ม² (1.6 ไร่) ลักษณะแปลงเพาะปลูกและรูปถ่ายแปลงเพาะปลูกนาข้าว 2 ได้แสดงในรูปที่ 1-14 และ 1-15 ตามลำดับ



ก. นาข้าว 2/1

รูปที่ 1-14 ผังพื้นที่นาข้าว 2



มาตราส่วน 1:750

ข. นก้าว 2/2

รูปที่ 1-14 ผังพื้นที่น้าว 2 (ต่อ)



ก. นาข้าว 2/1



ข. นาข้าว 2/2

รูปที่ 1-15 รูปถ่ายนาข้าว 2 ขณะเริ่มปลูกข้าวนาปี 2546 ใช้น้ำธรรมชาติ

ข) ชนิดน้ำรด

ข.1 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบสระเติมอากาศ (AL) ได้ติดตั้งปั๊มหอยโข่งยี่ห้อ Bruno Model BN-15M ขนาด 1.5 แรงม้า 2 ชุด (ใช้งาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด) สูบน้ำจากจุดน้ำล้นออกบ่อดกตะกอน (polishing pond) ก่อนเข้าถังเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค (ซึ่งปัจจุบันไม่ได้เปิดใช้งานเติมคลอรีน) ของระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ ผ่านท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว และมาตรวัดน้ำในท่อไปยังนาข้าว ลักษณะปั๊มหอยโข่งที่ติดตั้งได้แสดงในรูปที่ 1-16



รูปที่ 1-16 ระบบสูบน้ำ AL ไปนาข้าว 1

ข.2 น้ำบาดาล (GW_{sw}) ได้เจาะบ่อบาดาลตอกกรุ PVC ขนาด 4 นิ้ว ลึก 28 ม. ติดตั้งปั๊มบาดาล (deep well submersible pump) ยี่ห้อ Goulds Model 16 GSZ-10 ขนาด 1 แรงม้า 1 ชุด สูบน้ำผ่านท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ผ่านมาตรวัดน้ำไปยังนาข้าว

ข.3 น้ำเสีย (raw wastewater, RW) ได้ติดตั้งปั๊มจุ่ม (P1รูปที่ 1-17) ยี่ห้อ HCP Model AF-15P ขนาด 2 แรงม้า 1 ชุด ที่บ่อกักกระจายน้ำเข้าของระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ สูบน้ำผ่านท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว มายังถังพักน้ำ RW (ขนาดกว้าง 9.70 ม. ยาว 9.80 ม. ลึก 1.0 ม. น้ำลึก 0.8 ม. ความจุใช้งาน 76 ม³)

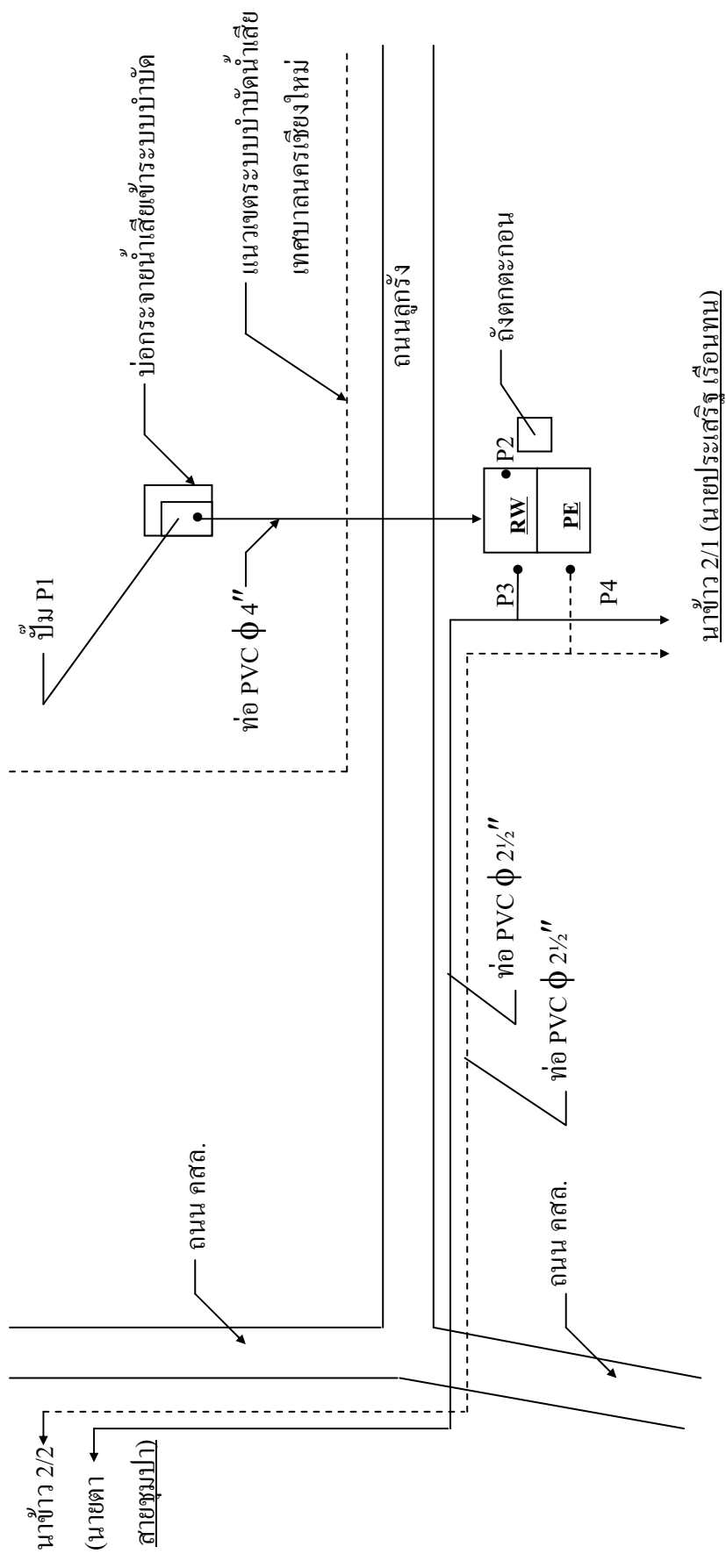
ข.4 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (primary treatment effluent, PE) ได้ติดตั้ง ปัมพ์หอยโข่ง (P2 รูปที่ 1-17) ยี่ห้อ VENZ Model VR-100 ขนาดมอเตอร์ 1 แรงม้า 2 ชุด (ใช้งาน 1 ชุด สำรอง 1 ชุด) สูบน้ำ RW จากถังพักน้ำ RW ไปยังถัง Weir Box 2 ทำด้วยสแตนเลส เพื่อปรับอัตราการไหลให้เท่ากับ 10 ม³/ชม. ก่อนไหลลงถังตกตะกอนขั้นต้น (primary sedimentation tank) ขนาดกว้าง 2.0 ม. ยาว 5.0 ม. ลึก 1.7 ม. น้ำลึก 1.5 ม. ความจุใช้งาน 15 ม³ น้ำ RW จะตกตะกอน และน้ำใสล้นไหลลงยังถังพักน้ำ PE (ขนาดกว้าง 2.5 ม. ยาว 9.8 ม. ลึก 1.0 ม. น้ำลึก 0.8 ม. ความจุใช้งาน 19.6 ม³)

ระบบสูบน้ำ RW และ PE ติดตั้งปั๊มหอยโข่ง (P3 และ P4 รูปที่ 1-17) ยี่ห้อ VENZ Model VR-200 ขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า จำนวน 4 ชุด (ใช้งาน 2 ชุด สำรอง 2 ชุด) สูบน้ำ จากถัง RW (P3) และถัง PE (P4) ผ่านมาตรวัดน้ำขนาด 2 นิ้ว 2 ชุด และท่อ PVC ขนาด 2½ นิ้ว 2 ท่อ ไปยังแปลงนา 2/1 และแปลงนา 2/2 ระบบสูบน้ำทั้งหมดควบคุมด้วยสวิทช์ลูกลอยอัตโนมัติ น้ำเข้าแปลงนา 2/1 และ 2/2 มีน้ำรั่วทั้ง 2 ชนิด (RW, PE) แผนผังและรูปถ่ายระบบตกตะกอนและสูบน้ำ RW, PE ได้แสดงในรูปที่ 1-17 ถึง 1-19

ค) รายละเอียดการเพาะปลูก

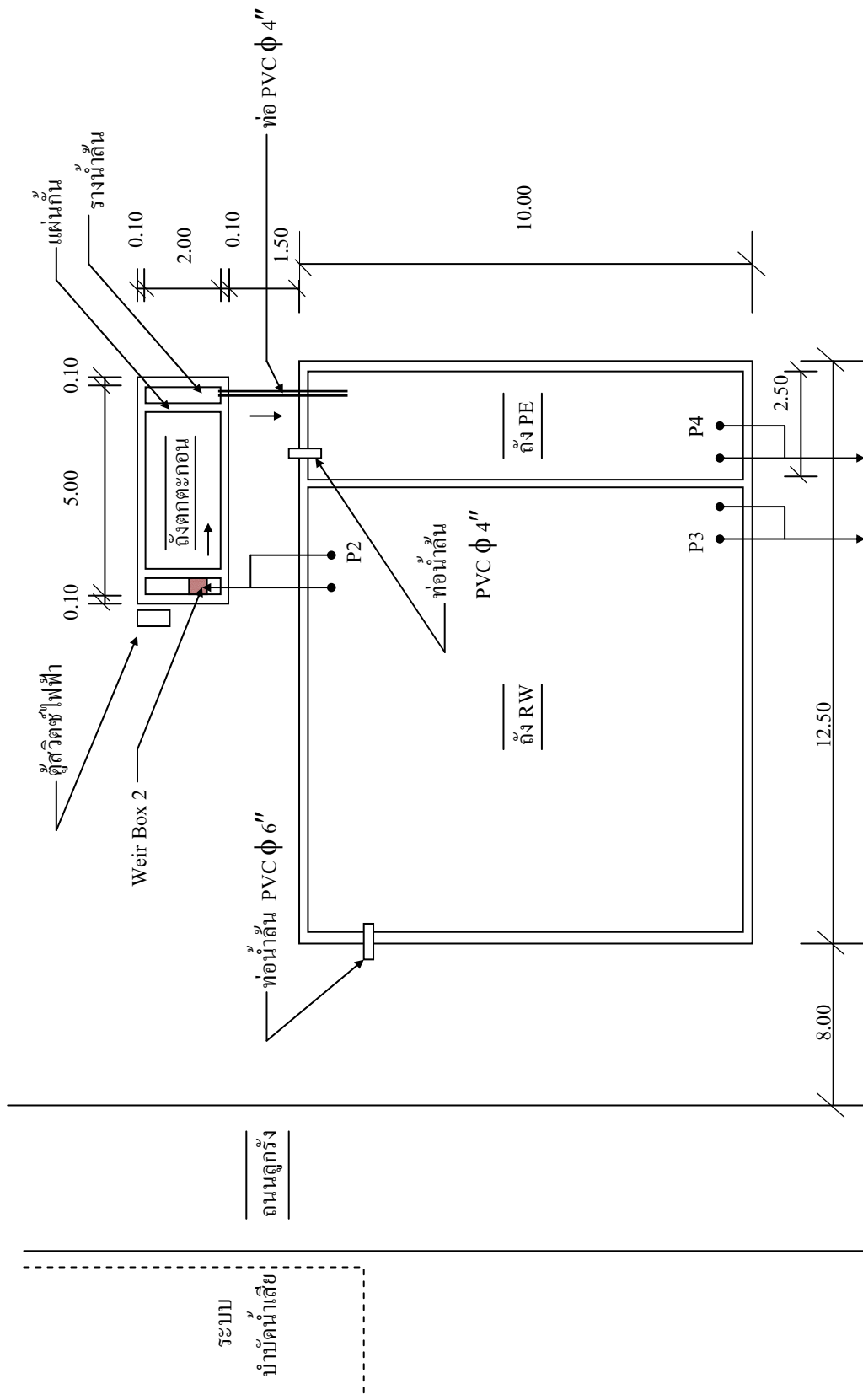
รายละเอียดการเพาะปลูกได้แสดงในตารางที่ 1-8 และ 1-9 มีรายละเอียดการเพาะปลูกดังนี้

การปลูกข้าวในนาข้าว 1 ปกติใช้ระยะปักดำ 20×20 ซม. ยกเว้นการปลูกครั้งที่ 8 และ 12 ใช้ระยะปักดำ 27×27 ซม. ส่วนการปลูกข้าวนาข้าว 2/1 และ 2/2 ครั้งที่ 1 ใช้ระยะปักดำ 20×20 ซม. และการปลูกครั้งที่ 2 ใช้ระยะปักดำ 27×27 ซม. มี 3 ต้นกล้า/หลุม การจัดการดูแลรักษาข้าวในแปลงทดลอง ได้แก่ การควบคุมวัชพืช ใช้สารกำจัดวัชพืช โนวิด 68 จี (บิวทาคลอร์ + 2, 4 – ดี ไอโซบิวทิลเอสเทอร์) อัตรา 3 กิโลกรัม/ไร่ การป้องกันกำจัดหอยเชลล์ใช้จุลินทรีย์ อัตรา 4 กิโลกรัม/ไร่ ป้องกันกำจัดแมลงและโรคพืชใช้พอสซ์ อัตรา 40 ซี.ซี. เบนเลท 30 กรัม สารจับใบเบสเมอร์ 5 ซี.ซี. ต่อน้ำ 20 ลิตร ที่ระยะก่อนออกรวงเล็กน้อย ปุ๋ยใช้ 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ หลังปักดำ 20 วัน ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ หลังปักดำ 65 วัน การเก็บข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต ได้เริ่มทำการวัดหลังปักดำได้ 3-4 สัปดาห์ และทำต่อเนื่องทุกสัปดาห์จนถึงระยะแทงรวง 75% ข้อมูลที่วัดได้แก่ ความสูง จำนวนหน่อตอกอ คำนวณพื้นที่ใบ และการสร้างน้ำหนักรวม ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวทำการเก็บเกี่ยวตัวอย่างข้าวเป็นพื้นที่ 2×2 ตารางเมตร จำนวน 2 จุดต่อแปลง นำมาหาผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด และดัชนีเก็บเกี่ยว



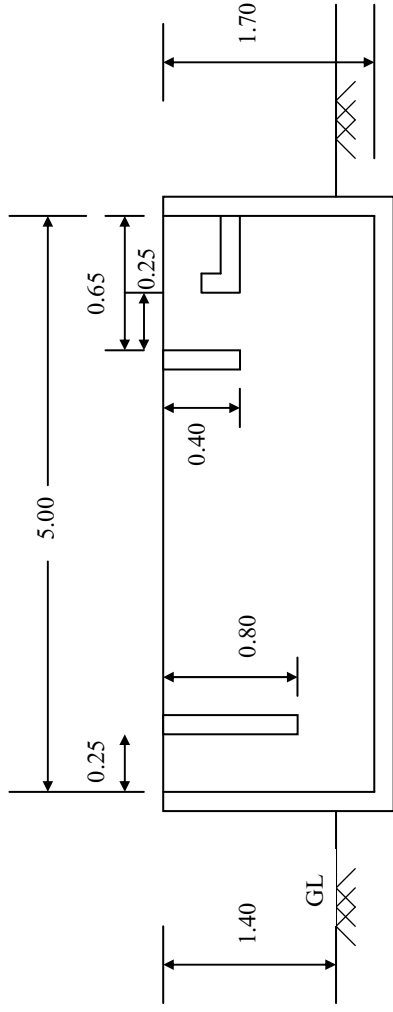
มาตราส่วน : ไม่มี

รูปที่ 1-17ผังบริเวณระบบสูบน้ำรัดขาว 2

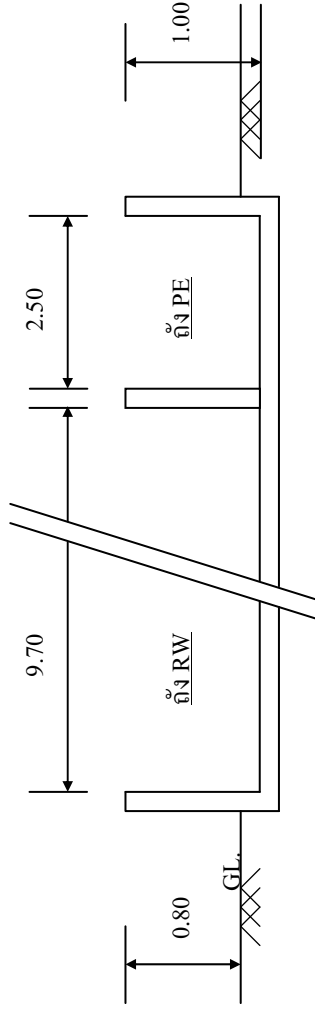


ก. ผังบริเวณ

รูปที่ 1-18 รายละเอียดถังตกตะกอนขั้นต้นและถังเก็บน้ำ (หน่วยเป็นเมตร)



ข. รูปตัดถึงตักตะกอนชั้นต้น



ค. รูปตัดถึง RW และ PE

รูปที่ 1-18 รายละเอียดถึงตักตะกอนชั้นต้นและถึงเก็บน้ำ (ต่อ)
(หมายเหตุ : หน่วยเป็นเมตร)



ก. ถังตกตะกอนขั้นต้นและถังเก็บน้ำ RW, PE



ข. ป้อนน้ำเข้านาข้าว 2 (P3 และ P4)

รูปที่ 1-19 รูปถ่ายระบบน้ำรด

ตารางที่ 1-8 การเพาะปลูกในนาข้าว

กิจกรรม/รายละเอียด	ระยะเวลาทำการทดลอง, เดือน																																			
	2546												2547												2548											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
- นาข้าว 1 (น้ำ AL, GW _{sw})				←	→	←	→	←	→	←	→		←		←	crop 9	→	←	crop 10	→						←	crop 11 (AL1)	→	←	crop 12 (AL2)	→					
- นาข้าว 2								←	→	←	→	←	→	←	→				←	น้ำธรรมชาติ 1	→					←	crop 1 (RW)	→	←	crop 2 (RW)	→					

ตารางที่ 1-2 วันที่เพาะกล้า ปักดำ และเก็บเกี่ยวในการปลูกข้าว

นาข้าว	ปลูกครั้งที่	ฤดูปลูก	พันธุ์ข้าว	ชนิดน้ำรด	วันที่เพาะกล้า	วันที่เริ่มปักดำ	วันที่เก็บเกี่ยวเสร็จ	รวมเวลาปลูกบนแปลง (วัน)
นาข้าว 1	7	นาปรัง 2546	สันป่าตอง 1	GW _{sw} , AL*	11 ก.พ. 46	12 มี.ค. 46	1 ก.ค. 46	111
	8	นาปี 2546	กข.6		29 มิ.ย. 46	29 ก.ค. 46	24 พ.ย. 46	118
	9	นาปรัง 2547	กข.10		8 มี.ค. 47	20 เม.ย. 47	22 ส.ค. 47	124
	10	นาปี 2547	กข.6		4 ก.ค. 47	23 ส.ค. 47	2 ธ.ค. 47	101
	11	นาปรัง 2548	กข.10	GW _{sw} , AL	11 ม.ค. 48	16 ก.พ. 48	26 พ.ค. 48	99
	12	นาปี 2548	กข.6		30 มิ.ย. 48	8 ส.ค. 48	29 พ.ย. 48	113
นาข้าว 2/1	1	นาปรัง 2548	กข.10	RW, PE	13 ม.ค. 48	2 มี.ค. 48	1 มิ.ย. 48	91
	2	นาปี 2548	หอมมะลิ 105		30 มิ.ย. 48	2 ส.ค. 48	29 พ.ย. 48	119
นาข้าว 2/2	1	นาปรัง 2548	กข.10	RW, PE	11 ม.ค. 48	24 ก.พ. 48	26 พ.ค. 48	91
	2	นาปี 2548	กข.6		30 มิ.ย. 48	2 ส.ค. 48	29 พ.ย. 48	119

หมายเหตุ AL* คือน้ำจิ้งในบ่อต้ม (polishing pond) ระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่

ง) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์

ง.1 การวัดอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ในนาข้าวได้กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างโดยเอาไม้ทำแนว ขนาดกว้าง 2.0 ม. ยาว 2.0 ม. รวม 4 จุด/แปลงย่อย ในทุก ๆ แปลงย่อยสังเกตความเป็นพิษ วัดความสูงและจำนวนหน่อต่อกอทุกสัปดาห์ และนำมาหาค่าเฉลี่ย ในการหาดัชนีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจะตัดข้าวจากทุกแปลงเก็บตัวอย่าง 2 กอ/สัปดาห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ย สำหรับผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว จะตัดตัวอย่างข้าวเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวจากทุกแปลงเก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย อนึ่ง ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ที่ได้เป็นข้อมูลเฉลี่ยจากแปลงเก็บตัวอย่างทั้งหมดในการใช้น้ำแต่ละชนิด ข้อมูลทางด้านการเกษตรกรรมได้วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ง.2 การเก็บข้อมูลน้ำรด

น้ำเข้านาข้าว ประกอบด้วย น้ำรดและน้ำฝน (ตามฤดูกาล) ในการทดลองได้บันทึกปริมาณน้ำรดโดยใช้มาตรวัดน้ำแบบสะสมตัวเลขที่ป้อนน้ำ RW, PE, AL, GWsw ตามลำดับ สำหรับน้ำฝนได้ใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดของโครงการวิจัยฯ (เครื่องวัดน้ำฝนแบบ Tipping Bucket ยี่ห้อ Sato Keiryoki Model 7980-S-40) ซึ่งติดตั้งที่บริเวณโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ (รูปที่ 1-10)

ง.3 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์โลหะหนักและธาตุอาหารในดิน

การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน ทำโดยการเก็บตัวอย่างดินแบบรวมที่ระดับ 0.15 ม. จากผิวดินก่อนและหลังการปลูกข้าวมาวิเคราะห์หาปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอพซอพชั่นสเปกโตรโฟโตกราฟี และใช้วิธีการย่อยสลายของ EPA Method 3050 สำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินได้ส่งตัวอย่างดินแบบรวมที่ผึ่งแห้งแล้ว ประมาณ 1 กก./ตัวอย่าง ไปวิเคราะห์ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยหาพารามิเตอร์ดังนี้ พีเอช อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม รายละเอียดของวิธีการเก็บตัวอย่างดินได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ง.4 การเก็บตัวอย่างและตรวจหาพยาธิในดิน

การสุ่มตัวอย่างดินก่อนและหลังการปลูกข้าวจากแปลงนาย่อยบางแปลง ทำโดยการสุ่มตัวอย่างดินจากจุดบริเวณ 4 มุมของแปลง และตรงกึ่งกลางของแปลงรวม 5 จุด โดยเก็บดินบริเวณหน้าดินลึกไม่เกิน 3 เซนติเมตร โดยเก็บแต่ละจุดประมาณ 100 กรัม นำมาใส่รวมกันในถุงพลาสติกชนิดเย็นขนาด 6×9 นิ้วที่ใหม่และสะอาด ใช้ปากกาเคมีก้านน้ำเขียนรายละเอียดชนิดของน้ำที่ไ้รด ลำดับของแปลง วันที่เก็บตัวอย่าง แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการ สำหรับวิธีการหาพยาธิได้แสดงในภาคผนวก ง

ง.5 การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์โลหะหนักในข้าว

ทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละแปลง โดยการเก็บตัวอย่างข้าวแบบรวมตามชนิดน้ำรด นำมาสีเป็นข้าวขาวและข้าวกล้อง และวิเคราะห์หาคะกำ แคลเมียม ทองแดง และสังกะสี โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอพซอพชั่นสเปกโตรโฟโตกราฟี ใช้วิธีวิเคราะห์ตาม APFAN (1994) ตามรายละเอียดในภาคผนวก ข

ง.6 การศึกษาลักษณะสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

ในช่วงวันที่ 2-4 มิถุนายน 2546 ได้เก็บตัวอย่างดิน 6 จุด ที่ระดับผิวดินถึงความลึก 0.5 ม. ที่ตำแหน่งกลางนาข้าว 1 รวม 2 จุด กลางนาข้าว 2/1 รวม 2 จุด และกลางนาข้าว 2/2 รวม 2 จุด ตัวอย่างดินได้นำมาทดสอบ Liquid Limit, Plastic Limit, Specific Gravity, Sieve Analysis และหา Field Permeability ที่ระดับความลึก 0.5 ม. โดยวิธี Open End Borehole Test การวิเคราะห์ทำโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลวิเคราะห์ได้แสดงตารางที่ 1-1

1.3.4 การศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง

ก) วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- ศึกษาทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการใช้น้ำเสีย (RW) และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) ในการเกษตรกรรม
- ศึกษาแนวโน้มการยอมรับของผู้บริโภคและผู้รับซื้อผลผลิตต่อผลผลิตที่ผลิตโดยใช้น้ำ RW และน้ำ PE
- เพื่อสนับสนุนวิชาการด้านการใช้น้ำเสียและน้ำทิ้งในการเกษตรกรรมแก่ผู้เกี่ยวข้อง

ข) วิธีการศึกษา

ข.1 การออกแบบงานวิจัย

รายละเอียดเนื้อหาข้อมูล (ตัวแปรต่าง ๆ) ที่จะทำการรวบรวมรวมทั้งการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล ใช้รูปแบบและแนวทางเดียวกับโครงการ “การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม” (พ.ศ. 2542-2545) เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาในส่วนที่ต่อเนื่องกันได้ โดยการสำรวจข้อมูลกลุ่มเกษตรกรอาสาสมัครที่ร่วมการทดลองปลูกพืชโดยใช้น้ำ AL, GW, RW, PE ใช้วิธีการศึกษาแบบรายกรณี (case study) โดยสำรวจติดตามผลด้านทัศนคติ 2 ครั้ง คือ ระหว่างพืชเจริญเติบโตและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ข.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

- พื้นที่ทดลองของเกษตรกรอาสาสมัครจำนวน 3 แปลง คือ
 - : แปลงทดลองปลูกข้าว นาข้าว 1 โดยใช้น้ำ AL, GW_{sw} ซึ่งเป็นแปลงทดลองเดิม ตั้งแต่ดำเนินงานโครงการระยะที่ 1 โดยเกษตรกรอาสาสมัครรายเดิมยังคงร่วมดำเนินงานต่อ
 - : แปลงทดลองปลูกข้าว นาข้าว 2 โดยใช้น้ำ RW, PE จำนวน 2 แปลง ซึ่งเป็นแปลงทดลองที่เริ่มทดลองในโครงการระยะที่ 2 โดยมีเกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการจำนวน 2 ราย
- พื้นที่ที่ทำการเผยแพร่ผลงานการทดลองของโครงการฯ ทุกครั้งที่

โครงการดำเนินงานจัดประชุมเผยแพร่ผลการดำเนินงานจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทัศนคติของผู้เข้าร่วมประชุมทุกกลุ่ม

ข.3 ประชากรตัวอย่าง

ประชากรตัวอย่างที่ทำการศึกษาแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ

- เกษตรกรที่เป็นอาสาสมัครของโครงการ จำนวน 3 ราย
- เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ที่ร่วมประชุมการเผยแพร่ผลงานและเยี่ยมชมแปลงทดลองของโครงการฯ
- กลุ่มผู้บริโภค และกลุ่มผู้รับซื้อผลผลิตทางการเกษตร

ข.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลจากประชากรตัวอย่างแต่ละกลุ่มใช้วิธีการ ดังนี้

- กลุ่มเกษตรกรอาสาสมัครใช้วิธีการศึกษาแบบรายกรณี (case study) โดยติดตามถามเกษตรกรอาสาสมัครอย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ
- กลุ่มเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ผู้เข้าร่วมประชุมรับฟังการเผยแพร่ผลงานทดลองของโครงการและเยี่ยมชมแปลงทดลองของโครงการ โดยใช้แบบสอบถาม
- กลุ่มผู้บริโภคและผู้รับซื้อผลผลิต ใช้วิธีการสัมภาษณ์โดยพนักงานสัมภาษณ์ของโครงการฯ

บทที่ 2 ผลการวิจัยในการปลูกผัก

2.1 โลหะหนักและจุลินทรีย์ในน้ำรด

2.1.1 โลหะหนัก

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่ (RW) น้ำทิ้งจากระบบบำบัด
ขั้นต้น (PE) และน้ำบาดาล (GWps) มาทำการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก ซึ่งได้แก่ แคดเมียม
ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี โดยเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2547 –
พฤษภาคม 2548 ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำที่ใช้ปลูกผักช่วงเดือนมิถุนายน 2547 – พฤษภาคม 2548

ชนิดน้ำรด	ปริมาณโลหะหนัก, มก./ล.			
	แคดเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	สังกะสี
RW	< 0.006	< 0.006 – 0.046	< 0.006 – 0.026	< 0.032 – 0.076
PE	< 0.006	< 0.006 – 0.025	< 0.006 – 0.008	< 0.032 – 0.048
GWps	< 0.006	< 0.006 – 0.026	< 0.006 – 0.013	< 0.032 – 0.014
มาตรฐานคุณภาพ น้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล	≥ 0.05	≥ 0.1	≥ 0.05	≥ 1.0

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าน้ำรดทุกชนิดไม่มีแคดเมียมปนเปื้อนทุกครั้งของการ
ตรวจวัด (< 0.006 Detection Limit) และถึงแม้ว่าจะพบการปนเปื้อนของทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี
ในน้ำ RW และ PE ในบางครั้งของการตรวจวัด โลหะดังกล่าวก็มีปนเปื้อนในระดับที่ต่ำมาก โดยมี
ค่าสูงสุดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล นอกจากนี้ยังมีระดับการปนเปื้อนที่
ไม่แตกต่างไปจากน้ำธรรมชาติ (GWps) จากข้อมูลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียชุมชน
เทศบาลโดยทั่วไปมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในระดับต่ำมาก

2.1.2 จุลินทรีย์และพยาธิ

การศึกษาด้านจุลินทรีย์และพยาธิในน้ำที่ไ้รดฝักจำนวน 3 ชนิด คือ น้ำบาดาล (GWps) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) และน้ำเสียชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่ (RW) นับว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญเพราะน้ำที่ไ้รดจะเป็นแหล่งหนึ่งที่จะก่อให้เกิดเชื้อโรคและหนอนหรือไข่พยาธิในผลผลิต ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ไ้รดเดือนละครั้ง เป็นระยะเวลายาวนานตลอดระยะเวลาการศึกษา คือตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2547 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2548 ถึงแม้ว่าบางเดือนจะไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้ เนื่องจากน้ำท่วมแปลงผัก

2.1.2.1 พยาธิในน้ำ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำรดชนิดต่างๆติดต่อกันเป็นระยะเวลา 18 เดือน แล้วนำมาวิเคราะห์หาไข่และหนอนพยาธิที่จะเป็นอันตรายต่อคน พบว่าน้ำบาดาล (GWps) เป็นน้ำที่สะอาดปราศจากหนอนหรือไข่พยาธิใด ๆ แต่น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) พบหนอนพยาธิที่พบได้ในธรรมชาติ ชนิดที่เป็น Free Living Nematode จำนวนหลายชนิด ซึ่งไม่สามารถระบุชนิดได้ (unidentified free living nematode, UFLN) แต่พยาธิเหล่านี้จะไม่เป็นอันตรายต่อคน และพบได้ในปริมาณไม่มากนัก โดยพบพยาธิเหล่านี้มากที่สุดในน้ำเสียชุมชน (RW) ดังตารางที่ 2-2

2.1.2.1 แบคทีเรียในน้ำ

ผลการติดตามตรวจหาเชื้อแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อคนในน้ำ 3 ชนิด ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 18 เดือน มีผลดังตารางที่ 2-3

จากการตรวจพบว่า น้ำบาดาล (GWps) เป็นน้ำสะอาด ปราศจากเชื้อที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรง เช่น *Salmonella* หรือ *Shigella* หรือเชื้ออหิวาตกโรค *Cholera* และเชื้อโรคอื่น ๆ ที่อาจทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารได้แต่ไม่ร้ายแรง ส่วนน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) และน้ำเสียชุมชน (RW) พบเชื้อที่อาจทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารชนิดไม่ร้ายแรงไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในเดือนพฤศจิกายน 2547 ในน้ำ PE และน้ำ RW พบเชื้อ *Salmonella enteritidis group E* ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรงได้ นอกจากนั้นในน้ำ PE และ RW ยังพบเชื้ออหิวาตกโรค *Cholera* ชนิดที่ไม่ได้ทำให้เกิดโรค ในเดือนตุลาคม 2548 และ พฤศจิกายน 2548 ด้วย

ตารางที่ 2-2 ผลการตรวจหาพยาธิในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการเพาะปลูกช่วงเดือนมิถุนายน 2547-พฤศจิกายน 2548

วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลเฉลี่ยของพยาธิในน้ำ/100 มล.		
	RW	PE	GWps
17 มิถุนายน 2547	677 UFLN	61 UFLN	Neg
21 กรกฎาคม 2547	170 UFLN	129 UFLN	Neg
18 สิงหาคม 2547	4 UFLN	11 UFLN	Neg
กันยายน 2547	Not Done	Not Done	Not Done
21 ตุลาคม 2547	66 UFLN	25 UFLN	Neg
24 พฤศจิกายน 2547	1 UFLN	Neg	Neg
21 ธันวาคม 47	2 UFLN	1 UFLN	Neg
19 มกราคม 2548	3 UFLN	1 UFLN	Neg
16 กุมภาพันธ์ 2548	3 UFLN	Neg	Neg
24 มีนาคม 2548	2 UFLN	1 UFLN	Neg
21 เมษายน 2548	1 UFLN	Neg	Neg
18 พฤษภาคม 2548	1 UFLN	1 UFLN	Neg
16 มิถุนายน 2548	1 UFLN	1 UFLN	Neg
20 กรกฎาคม 2548	4 UFLN	2 UFLN	Neg
สิงหาคม 2548	Not Done	Not Done	Not Done
กันยายน 2548	Not Done	Not Done	Not Done
31 ตุลาคม 2548	Neg	1 UFLN	2 UFLN
16 พฤศจิกายน 2548	Neg	Neg	1 UFLN

หมายเหตุ Not Done ไม่ได้เก็บตัวอย่างเนื่องจากน้ำท่วมแปลงทดลอง

Neg ตรวจไม่พบ

UFLN Unidentifield Free Living Nematode

ตารางที่ 2-3 ผลการตรวจหาแบคทีเรียในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการเพาะปลูกช่วงเดือนมิถุนายน 2547 – พฤศจิกายน 2548

ครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจแบคทีเรีย หน่วยนับ เป็น cfu/ml (colonies forming unit/ml)		
		RW	PE	GWps
1	17 มิ.ย. 47	- No S,S,C	- No S,S,C - Coag-ve Staphylococci 10^3 - 10^4	- No S,S,C
2	21 ก.ค. 47	- No S,S,C - Enterobacter cloacae 10^3 - 10^4 - E. coli 10^3 - 10^4	- No S,S,C - Enterobacter cloacae 10^3 - 10^4 - Klebsella pneumoniae 10^3 - 10^4 - E. coli 10^3 - 10^4	- No S,S,C
3	18 ส.ค. 47	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aerobacter sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Pseudomonas spp. 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Pseudomonas spp. 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Enterobacter cloacae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aerobacter sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C
4	ก.ย. 47	Not done	Not done	Not done
5	21 ต.ค. 47	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Citrobacter koseri 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^3 – 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C
6	24 พ.ย. 47	- No Shigella, No Cholera - Salmonella enteritidis group E (Indirect culture) - Citrobacter freundii 10^3 - 10^4 cfu/ml. - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Enterobacter agglomeraris 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Pseudomonas spp. 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No Shigella, No Cholera - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Enterobacter cloacae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Salmonella enteritidis group E (Indirect culture)	- No S,S,C
7	21 ธ.ค.47	- No S,S,C - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Enterobacter cloacae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla spp. 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Enterobacter cloacae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - E. coli	- No S,S,C

ตารางที่ 2-3 ผลการตรวจหาแบคทีเรียในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการเพาะปลูกช่วงเดือนมิถุนายน 2547 – พฤศจิกายน 2548 (ต่อ)

ครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจแบคทีเรีย หน่วยนับ เป็น cfu/ml (colonies forming unit/ml)		
		RW	PE	GWps
8	19 ม.ค.48	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C
9	16 ก.พ.48	- No S,S,C - Serratia marcescens 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^2 - 10^3 cfu/ml.	- No S,S,C
10	24 มี.ค.48	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Citrobacter koseri 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C
11	21 เม.ย.48	- No S,S,C - E. coli 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^2 - 10^3 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Klebsilla spp 10^2 - 10^3 cfu/ml.	- No S,S,C
12	18 พ.ค. 48	- Klebsilla pneumoniae 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Serratia marcescens 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Vibrio cholerae Type non-O1, O139	- Enterobacter cloacae 10^2 - 10^3 cfu/ml. - E. coli 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Pseudomonas spp. 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Vibrio cholerae Type non-O1, O139	- No S,S,C
13	16 มิ.ย. 48	- No S,S,C - E. coli 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Enterobacter sakazakii 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3 - 10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3 - 10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Enterobacter cloacae 10^2 - 10^3 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^2 - 10^3 cfu/ml.	- No S,S,C

ตารางที่ 2-3 ผลการตรวจหาแบคทีเรียในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการเพาะปลูกช่วงเดือนมิถุนายน 2547 – พฤศจิกายน 2548 (ต่อ)

ครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจแบคทีเรีย หน่วยนับ เป็น cfu/ml (colonies forming unit/ml)		
		RW	PE	GWps
14	20 ก.ค. 48	- No S,S,C - E. coli 10^2-10^3 cfu/ml. - Citrobacter jraundii 10^2-10^3 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^2-10^3 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^2-10^3 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^2-10^3 cfu/ml.	- No S,S,C - E. coli 10^2-10^3 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^2-10^3 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^2-10^3 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^2-10^3 cfu/ml.	- No S,S,C
15	ส.ค. 48	Not done	Not done	Not done
16	ก.ย. 48	Not done	Not done	Not done
17	31 ต.ค. 48	- No S,S,C - Klebsilla pneumoniae 10^3-10^4 cfu/ml. - Enterobacter cloacae 10^3-10^4 cfu/ml. - E. coli 10^3-10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3-10^4 cfu/ml.	- No S,S,C - Vibrio cholerae non-agglutination - Pseudomonas spp. 10^3-10^4 cfu/ml. - pantoea agglomirans 10^3-10^4 cfu/ml. - E. coli 10^3-10^4 cfu/ml. - Aeromonas hydrophila 10^3-10^4 cfu/ml.	- No S,S,C
18	16 พ.ย. 48	- No S,S - E. coli 10^3-10^4 cfu/ml. - Enterobacter spp. 10^3-10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3-10^4 cfu/ml. - Citrobacter amalonaticus 10^3-10^4 cfu/ml. - Vibrio cholerae non-agglutination	- No S,S - Pseudomonas spp. 10^3-10^4 cfu/ml. - E. coli 10^3-10^4 cfu/ml. - Aeromonas sobria 10^3-10^4 cfu/ml. - Enterobacter spp. 10^3-10^4 cfu/ml. - Klebsilla pneumoniae 10^3-10^4 cfu/ml. - Vibrio cholerae non-agglutination	- No S,S,C

จากผลการตรวจจะเห็นได้ว่า น้ำ PE และน้ำ RW แทบไม่มีความแตกต่างในเรื่องของชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรีย เพราะน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยการตกตะกอนไม่สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้ และน้ำ RW, PE มีความเสี่ยงในการแพร่เชื้อโรคทางเดินอาหารสูงมาก

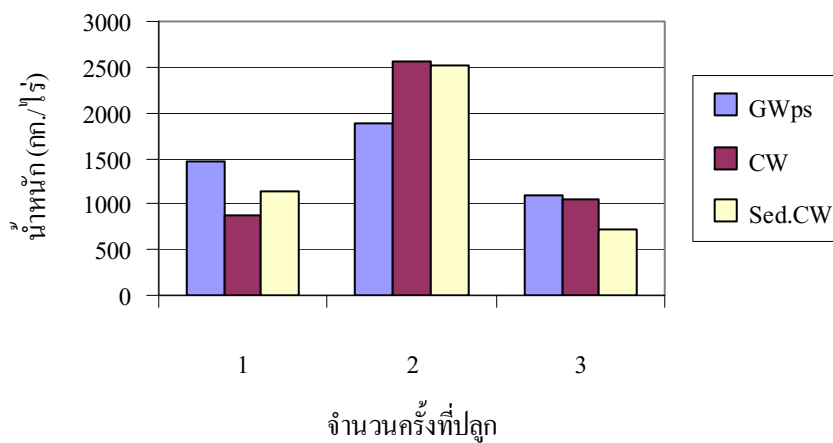
2.2 ผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)

2.2.1 ผักคะน้า (น้ำ CW)

2.2.1.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกผักคะน้าในแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำสกปรก (CW) น้ำสกปรกที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการตกตะกอน (Sed.CW) และน้ำบาดาลได้ทดลองรวม 3 ครั้ง การปลูกครั้งที่ 1 และ 2 เป็นการทดลองต่อเนื่อง ส่วนการปลูกครั้งที่ 3 ได้ทำหลังจากปลูกผักกาดขาวปลีแทรกประมาณ 8 เดือน การปลูกครั้งที่ 3 ใช้น้ำคลองแม่ข่าเป็นน้ำ CW ผลผลิตได้แสดงในรูปที่ 2-1 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-4

ผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักคะน้าในการปลูกครั้งที่ 1 พบว่า ผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้น้ำ CW ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 869.3 กก./ไร่ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ของผลผลิตจากการใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดเพาะปลูก อนึ่ง ผลวิจัยที่ได้ยังไม่อาจชี้ชัดว่าน้ำ CW และ Sed.CW ไม่เหมาะสมในการเพาะปลูก เนื่องจากอาจมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องด้วย แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า ผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้น้ำ CW ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 2556.7 กก./ไร่ ผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 1889.7 กก./ไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักคะน้าครั้งที่ 3 พบว่า ผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 1089.8 กก./ไร่ ผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้น้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 728.9 กก./ไร่ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดเพาะปลูกเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2-1 ผลผลิตเฉลี่ยผักคะน้าแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-4 ข้อมูลผลผลิตของผักคะน้าในแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
GWps	1472.0	1889.7	1089.8
CW	869.3	2556.7	1047.1
Sed.CW	1129.9	2528.0	728.9
LSD (0.05)	541.15	NS	NS
CV (%)	20.05	13.80	28.82

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

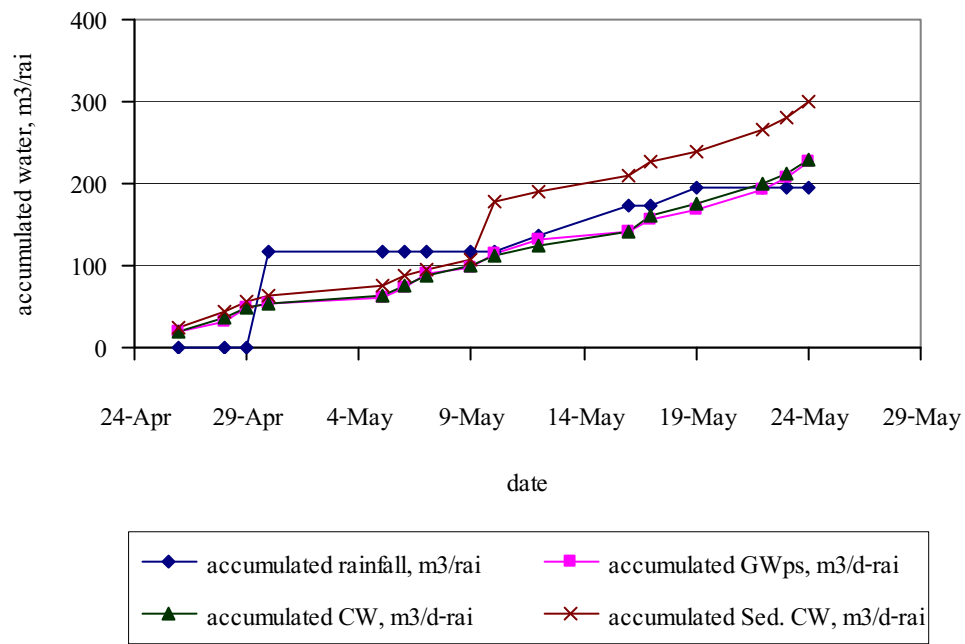
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

2.2.1.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

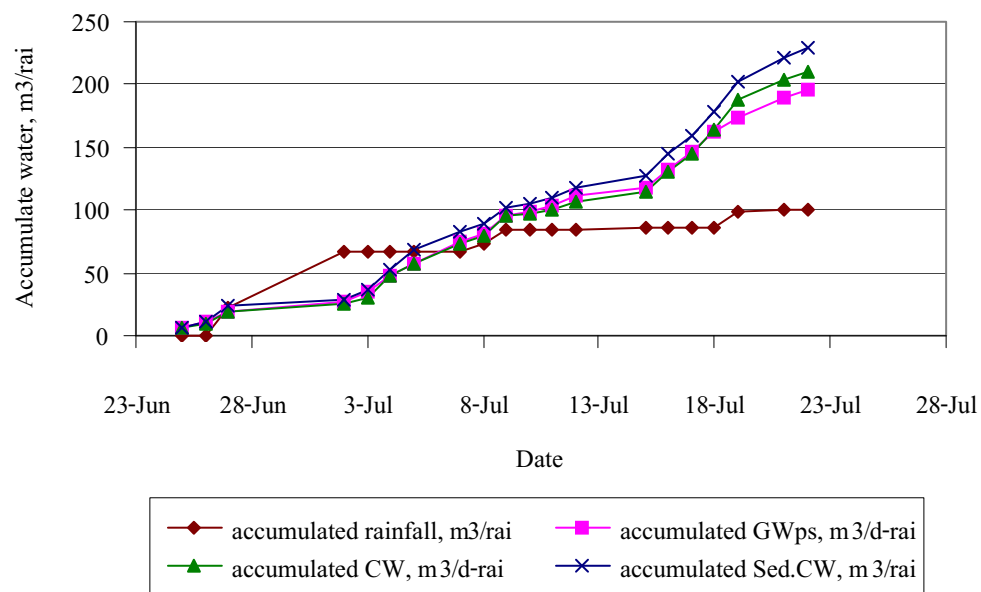
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักคะน้าทั้ง 3 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-2 และสรุปผลในตารางที่ 2-5

การเพาะปลูกผักคะน้าครั้งที่ 1 และ 2 ทำต่อเนื่องในช่วงฤดูฝนปี พ.ศ. 2546 การปลูกครั้งที่ 1 ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม 2546 (รูปที่ 2-2 ก.) มีฝนตกหนักในวันที่ 30 เมษายน 2546 ซึ่งเป็นวันที่ 5 หลังการย้ายกล้าปลูก และมีฝนตกอีก 3 วันในช่วง 3 สัปดาห์หลัง ในการปลูกครั้งที่ 2 มีฝนตกเป็นช่วง ๆ ตลอดเวลา แต่ปริมาณน้ำฝนโดยรวมน้อยกว่าการปลูกครั้งที่ 1 ส่วนการปลูกครั้งที่ 3 อยู่ในช่วงฤดูร้อนปี พ.ศ. 2547 แต่มีฝนตกมากถึง 14 วัน เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้าแปลงทั้งหมดพบว่า การปลูกครั้งที่ 3 มีน้ำรดต่ำสุดในช่วง 36.0-38.9% ขณะที่การปลูกครั้งที่ 1 และ 2 มีปริมาณน้ำรดใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 53.8-69.4% ของน้ำเข้ารวม

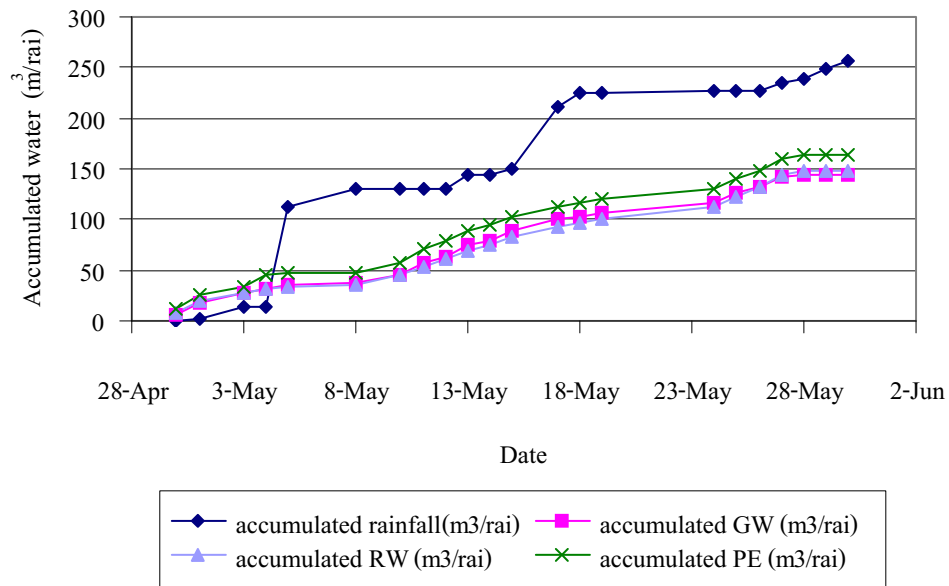


ก. ครั้งที่ 1 (25 เมษายน – 26 พฤษภาคม 2546)



ข. ครั้งที่ 2 (25 มิถุนายน – 23 กรกฎาคม 2546)

รูปที่ 2-2 การแปรผันน้ำรดในการปลูกผักคะน้า (น้ำ CW)



ก. ครั้งที่ 3 (29 เมษายน – 31 พฤษภาคม 2547)

รูปที่ 2-2 การแปรผันน้ำรดในการปลูกผักคะน้า (น้ำ CW) (ต่อ)

ตารางที่ 2-5 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักคะน้า (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อ น้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (25 เม.ย.–26 พ.ค. 46)	GWps	227	195	422	53.8
	CW	229	195	424	54.0
	Sed.CW	301	195	496	60.7
2 (25 มิ.ย.–23 ก.ค. 46)	GWps	195	101	296	65.9
	CW	209	101	310	67.4
	Sed.CW	229	101	330	69.4
3 (29 เม.ย.–31 พ.ค. 47)	GWps	144	256	400	36.0
	CW	148	256	404	36.6
	Sed.CW	163	256	419	38.9

ข) คุณภาพน้ำรด

คุณภาพโดยเฉลี่ยและช่วงพิสัยของน้ำรดที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าทั้ง 3 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-6 ถึง 2-8 สำหรับการแปรผันคุณภาพน้ำรดในดัชนีสำคัญได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-3 ถึง 2-9

เนื่องจากน้ำ CW ในการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 เป็นน้ำเสียชุมชนที่ขังในบ่อพักหน้าบ่อสูบ P10 เป็นเวลานาน โดยไม่มีการสูบน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงที่ทำการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง จึงมีระดับการปนเปื้อนที่ต่ำกว่าน้ำเสียชุมชนทั่วไป โดยมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว และมีคุณภาพได้มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารในทุกดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์หา สำหรับน้ำ CW จากการปลูกครั้งที่ 3 เป็นน้ำจากคลองแม่ข่าที่ปนเปื้อนน้ำเสียชุมชนเทศบาลนครเชียงใหม่

อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 2-3 ถึง 2-9 และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธีการทางสถิติพบว่า ในการเพาะปลูกคะน้า 3 ครั้ง น้ำ CW ของการปลูกครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของสารปนเปื้อนส่วนใหญ่ซึ่งได้แก่ ซีโอดี บีโอดี เจดาคัลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสฟอรัสรวมสูงกว่ารอบการปลูกครั้งอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่รอบการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 น้ำ CW มีลักษณะไม่แตกต่างกันในเกือบทุกดัชนี ยกเว้น บีโอดีและเจดาคัลไนโตรเจน

ในส่วนของน้ำ Sed.CW ก็พบเช่นเดียวกันกับน้ำ CW โดยน้ำที่ใช้ปลูกครั้งที่ 3 มีสารปนเปื้อนทุกพารามิเตอร์ ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้าและไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนสูงกว่าของรอบการปลูกอื่น ๆ ในขณะที่การปลูกครั้งที่ 1 และ 2 น้ำ Sed.CW มีลักษณะไม่แตกต่างกัน สำหรับน้ำบาดาลนั้นพบว่ามีลักษณะโดยเฉลี่ย (ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้าและไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจน) ที่ไม่แตกต่างกันทั้ง 3 ครั้ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำรดทั้ง 3 ชนิดในแต่ละรอบของการเพาะปลูกพบว่า น้ำ CW และ Sed.CW มีลักษณะไม่แตกต่างกัน โดย Sed.CW มีระดับการปนเปื้อนที่ต่ำกว่า CW เพียงเล็กน้อย แต่น้ำ GWps มีระดับการปนเปื้อนของสารทุกตัวต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่มีระดับการปนเปื้อนที่สูงกว่าของน้ำ CW และ Sed.CW

ตารางที่ 2-6 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 1 (น้ำ CW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed. CW	GWps
พีเอช	min-max	6.96-8.18	6.48-8.39	5.46-6.13
	ave $\pm$ s	7.42 $\pm$ 0.48	7.67 $\pm$ 0.73	5.83 $\pm$ 0.26
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	546-712	484-626	1082-1164
	ave $\pm$ s	632 $\pm$ 73.6	561 $\pm$ 55.1	1129 $\pm$ 32.3
TDS, มก./ล.	min-max	281-343	267-312	605-732
	ave $\pm$ s	314 $\pm$ 29.1	298 $\pm$ 18.6	674 $\pm$ 48.1
สารแขวนลอย, มก./ล.	min-max	13.2-111	2.4-31.6	-
	ave $\pm$ s	54.3 $\pm$ 40.5	12.1 $\pm$ 11.4	-
COD, มก./ล.	min-max	15.4-37.8	8.19-28.2	0.85-7.51
	ave $\pm$ s	25.1 $\pm$ 10	17.5 $\pm$ 8.6	4.18 $\pm$ 3.84
BOD, มก./ล.	min-max	6.24-16.9	2.54-9.44	0.24-0.79
	ave $\pm$ s	10.9 $\pm$ 4.3	5.56 $\pm$ 2.5	0.46 $\pm$ 0.2
TP, มก./ล.	min-max	0.16-0.40	0.06-0.21	0.03-0.26
	ave	0.26 $\pm$ 0.09	0.12 $\pm$ 0.06	0.08 $\pm$ 0.10
NO _{2,3} -N, มก./ล.	min-max	0.03-2.03	0.47-1.98	0.02-0.15
	ave $\pm$ s	0.96 $\pm$ 0.84	1.26 $\pm$ 0.61	0.05 $\pm$ 0.05
NH ₃ -N, มก./ล.	min-max	1.32-7.47	0.25-3.71	0.05-0.30
	ave $\pm$ s	3.68 $\pm$ 2.55	2.08 $\pm$ 1.58	0.16 $\pm$ 0.09
TKN, มก./ล.	min-max	2.80-11.2	0.64-9.38	0.07-0.40
	ave $\pm$ s	7.0 $\pm$ 3.59	4.65 $\pm$ 3.17	0.18 $\pm$ 0.13
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	40-16,000	7 - >1,600	2-50
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	40-16,000	<2-350	<2-30

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง

ตารางที่ 2-7 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 2 (น้ำ CW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	6.81-7.41	7.01-7.85	5.63-6.48
	ave $\pm$ s	7.17 $\pm$ 0.21	7.34 $\pm$ 0.28	5.93 $\pm$ 0.28
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	443-681	453-664	856-1060
	ave $\pm$ s	573 $\pm$ 92.4	557 $\pm$ 81.7	979 $\pm$ 82.9
TDS, มก./ล.	min-max	284-724	287-479	617-876
	ave $\pm$ s	403 $\pm$ 148	362 $\pm$ 76.3	718 $\pm$ 99.5
สารแขวนลอย, มก./ล.	min-max	22.3-184	26.4-115	-
	ave $\pm$ s	57.7 $\pm$ 52.2	54.6 $\pm$ 28.8	-
COD, มก./ล.	min-max	16.3-41.7	22.4-43.2	0.36-9.71
	ave $\pm$ s	25.4 $\pm$ 9.81	27.2 $\pm$ 6.78	5.64 $\pm$ 2.98
BOD, มก./ล.	min-max	2.88-10.7	3.34-9.80	0.17-0.96
	ave $\pm$ s	6.13 $\pm$ 2.80	5.96 $\pm$ 2.20	0.54 $\pm$ 0.24
TP, มก./ล.	min-max	0.13-0.36	0-0.22	0-0.06
	ave $\pm$ s	0.19 $\pm$ 0.08	0.16 $\pm$ 0.07	0.03 $\pm$ 0.02
NO _{2,3} -N, มก./ล.	min-max	0.14-0.83	0.13-0.70	0-0.03
	ave $\pm$ s	0.48 $\pm$ 0.21	0.41 $\pm$ 0.17	0.01 $\pm$ 0.01
NH ₃ -N, มก./ล.	min-max	0.44-4.10	0.34-2.90	0.12-0.24
	ave $\pm$ s	2.63 $\pm$ 0.98	2.25 $\pm$ 0.75	0.17 $\pm$ 0.05
TKN, มก./ล.	min-max	0.95-4.63	0.72-3.14	0.15-0.48
	ave $\pm$ s	3.66 $\pm$ 1.13	2.67 $\pm$ 0.76	0.25 $\pm$ 0.09
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	40-800	40-2400	<2-4
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20-500	<2-800	<2-2

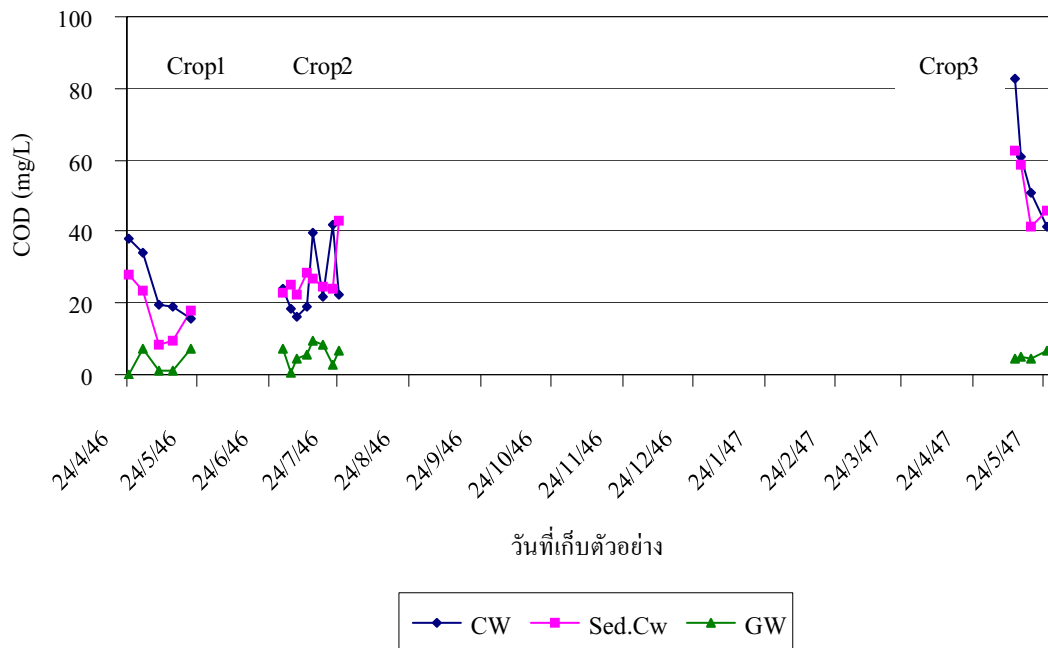
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 9 ครั้ง

ตารางที่ 2-8 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 3 (น้ำ CW)

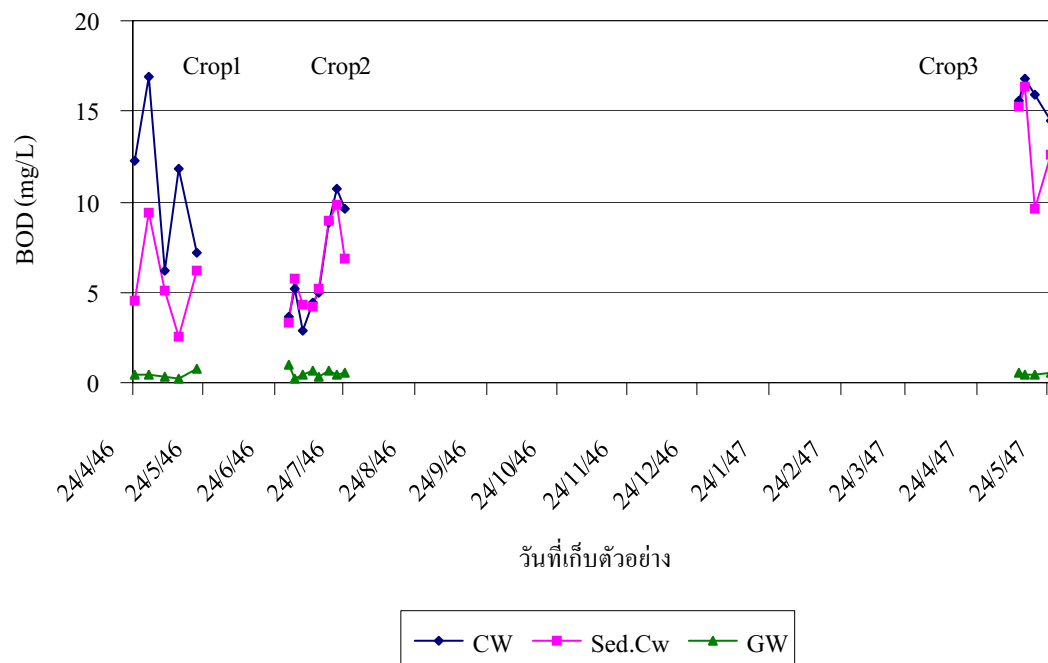
ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	7.16-7.40	6.96-7.65	5.69-6.20
	ave $\pm$ s	7.27 $\pm$ 0.12	7.26 $\pm$ 0.34	5.94 $\pm$ 0.23
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	311-711	307-693	277-1172
	ave $\pm$ s	514 $\pm$ 208	497 $\pm$ 205	715 $\pm$ 482
TDS*, มก./ล.	min-max	384, 403	373, 426	341, 372
	ave $\pm$ s	-	-	-
สารแขวนลอย*, มก./ล.	min-max	21.2, 24.8	13.6, 23.2	-
	ave $\pm$ s	-	-	-
COD, มก./ล.	min-max	41.4-82.5	41.5-62.8	4.40-6.97
	ave $\pm$ s	58.9 $\pm$ 17.6	52.3 $\pm$ 10.1	5.28 $\pm$ 1.16
BOD, มก./ล.	min-max	14.5-16.8	9.65-16.4	0.40-0.60
	ave $\pm$ s	15.7 $\pm$ 0.95	13.4 $\pm$ 2.98	0.50 $\pm$ 0.10
TP*, มก./ล.	min-max	0.67, 0.69	0.55, 0.65	0.04, 0.20
	ave $\pm$ s	-	-	-
NO _{2,3} -N, มก./ล.	min-max	0.10-0.37	0.05-0.15	0.010-0.16
	ave $\pm$ s	0.23 $\pm$ 0.14	0.10 $\pm$ 0.05	0.080 $\pm$ 0.062
NH ₃ -N, มก./ล.	min-max	4.68-8.17	4.44-7.11	0.03-0.19
	ave $\pm$ s	6.31 $\pm$ 1.71	5.81 $\pm$ 1.51	0.10 $\pm$ 0.08
TKN, มก./ล.	min-max	9.10-13.2	8.20-12.6	0.31-0.40
	ave $\pm$ s	11.0 $\pm$ 1.74	10.4 $\pm$ 1.86	0.35 $\pm$ 0.05
Total Coliforms*, MPN/100 มล	min-max	3,500,000-9,000,000	2,200,000-3,500,000	21-23
Fecal Coliforms*, MPN/100 มล	min-max	900,000-1,700,000	260,000-340,000	4-7

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง

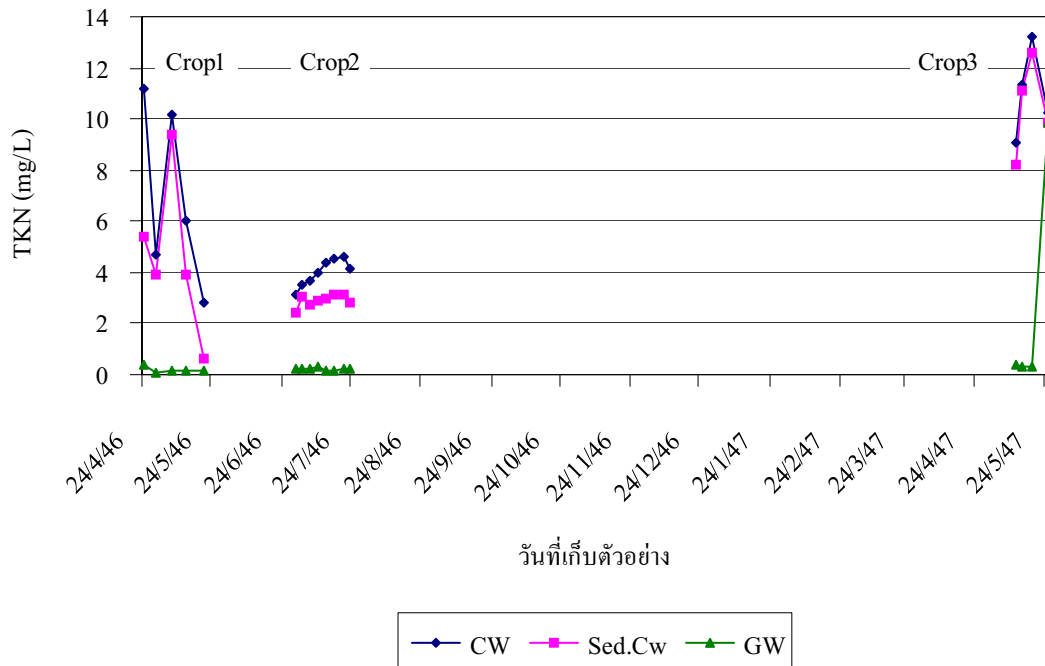
* มีข้อมูล 2 ครั้ง



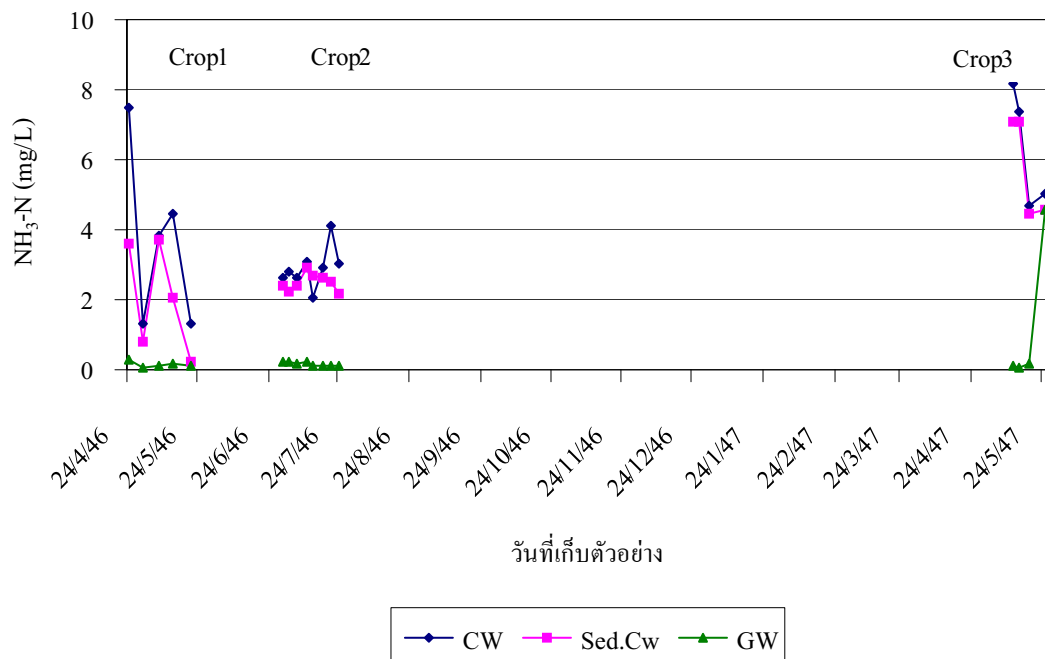
รูปที่ 2-3 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW



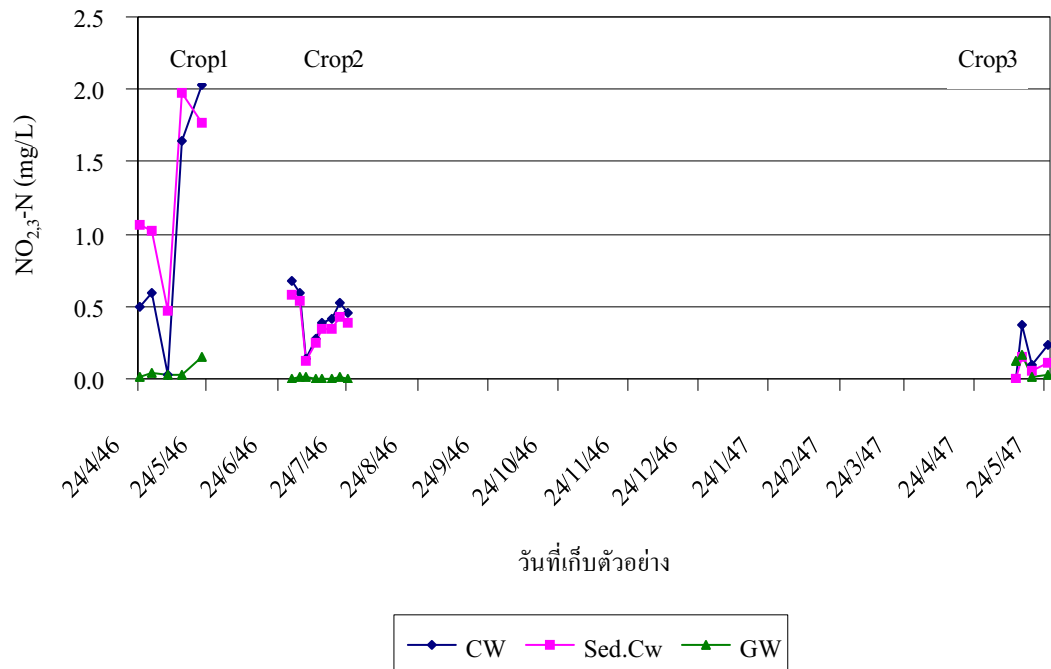
รูปที่ 2-4 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW



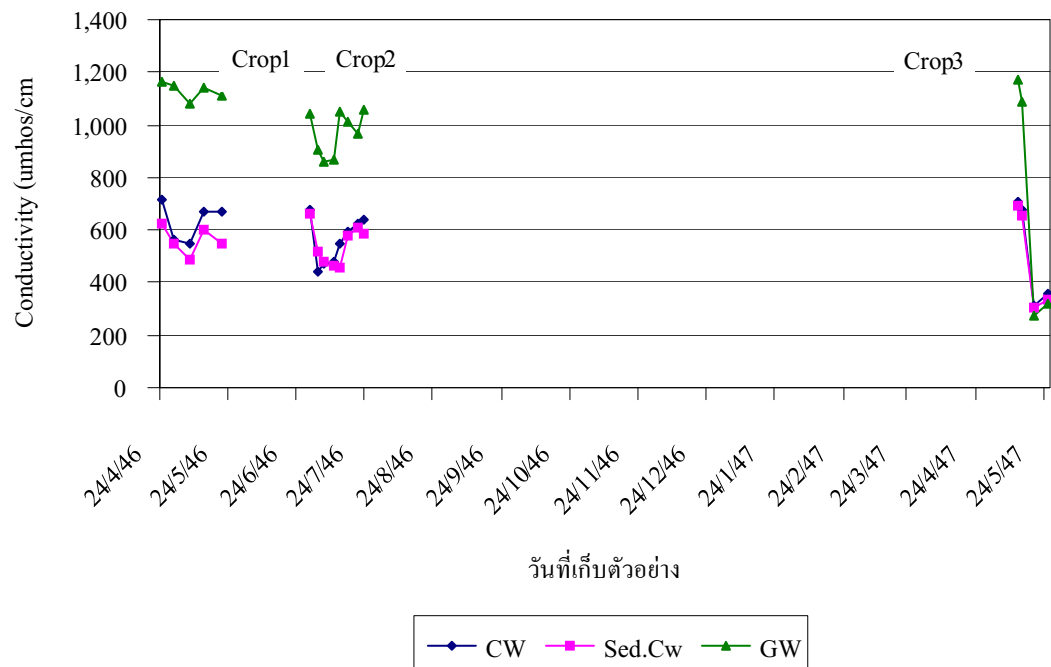
รูปที่ 2-5 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW



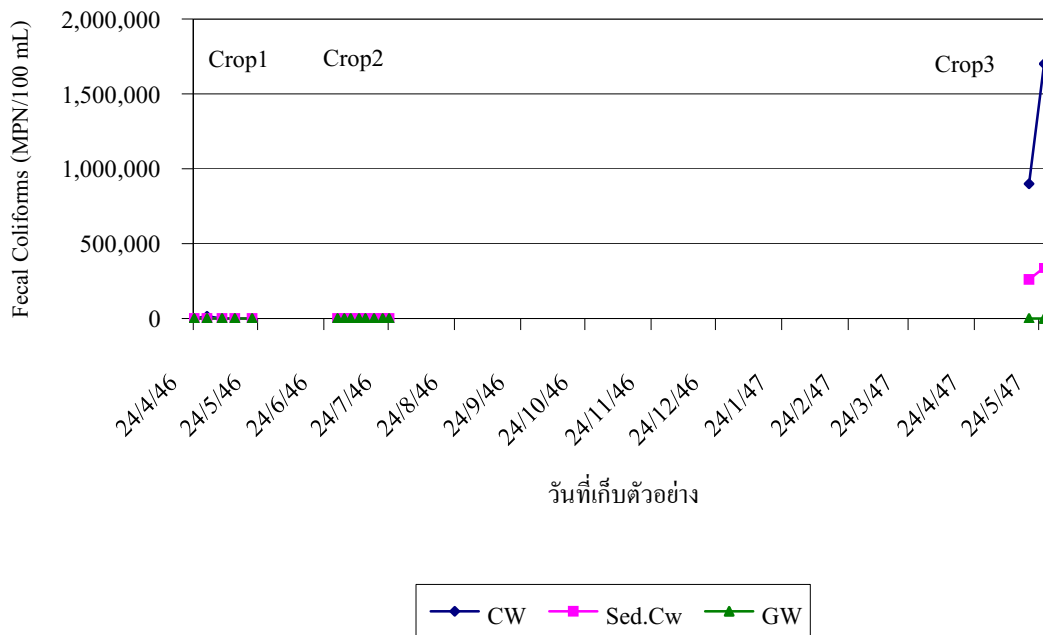
รูปที่ 2-6 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW



รูปที่ 2-7 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW



รูปที่ 2-8 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW



รูปที่ 2-9 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-CW

เนื่องจากน้ำบาดาลที่ใช้ปลูกผักมีสภาพการนำไฟฟ้าที่สูงมากโดยเฉพาะในรอบการปลูกที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าของน้ำ CW และ Sed.CW ประมาณหนึ่งเท่า คณะผู้ศึกษาจึงได้ทำการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำเพิ่มเติมในการเก็บตัวอย่างเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2546 ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2-9 โดยพบว่าน้ำบาดาลดังกล่าวมีความกระด้าง 230 มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต มีเหล็ก 9.97 มก./ล. และมีสารอนินทรีย์ทุกตัวสูงกว่าน้ำ CW และ Sed. CW โดยเฉพาะโซเดียม คลอไรด์ เหล็ก และแมกนีเซีย มีค่าสูงกว่าน้ำ CW และ Sed. CW มาก และเมื่อนำปริมาณของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซีย ไปคำนวณค่า SAR พบว่าน้ำบาดาลมีค่า SAR > 3 ประกอบกับน้ำบาดาลนี้มี TDS ที่มากกว่า 500 มก./ล. จึงกล่าวได้ว่าการใช้น้ำบาดาลนี้อาจส่งผลกระทบต่อ การเพาะปลูกพืชบางชนิด (sensitive plants) ได้ และเนื่องจากค่า SAR อยู่ในช่วง 3-9 จึงจัดว่าเป็นน้ำที่มีข้อจำกัดสำหรับการเพาะปลูกอยู่ในระดับปานกลาง (อ้างอิงตาม WPCF (1989) Water Reuse, 2nd Ed., Manual of Practice SM-3, Water Pollution Control Federation, Alexandria, Virginia, USA.)

ตารางที่ 2-9 ปริมาณสารอนินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในน้ำรด เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2546

ดัชนีคุณภาพน้ำ	CW	Sed. CW	GWps
ความกระด้าง, มก./ล. CaCO_3	182	159	230
แคลเซียม, มก./ล.	56	46	64
แมกนีเซียม, มก./ล.	10	11	17
โซเดียม, มก./ล.	43	40	110
SAR	1.97	1.94	4.47
คลอไรด์, มก./ล.	34	38	176
เหล็ก, มก./ล.	1.61	0.38	9.97
แมงกานีส, มก./ล.	1.92	0.16	3.03

2.2.1.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การสะสมโลหะหนักในดิน

การศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินของการปลูกผักคะน้าได้ทำ 2 ครั้ง คือ ในการปลูกครั้งที่ 1 และ 3 ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2-10

จากการวิเคราะห์พบว่าดินที่นำมาใช้ปลูกไม่มีแคลเซียมปนเปื้อนอยู่ ในส่วนของทองแดง สังกะสี และตะกั่ว พบว่า มีปนเปื้อนในระดับต่ำและได้มาตรฐานความปลอดภัยสูงสุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณสังกะสีในดินก่อนปลูกผักคะน้าครั้งที่ 3 มีค่าสูงกว่าของผักคะน้าครั้งที่ 1 อย่างเห็นได้ชัดในขณะที่โลหะหนักตัวอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

สำหรับปริมาณโลหะหนักในดินหลังการปลูกไม่ว่าจะใช้น้ำรดประเภทใด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันกับปริมาณก่อนการปลูกในรอบการปลูกเดียวกัน และไม่พบการสะสมของโลหะหนักในดินเมื่อใช้น้ำรดเป็นน้ำ CW และ Sed.CW เช่นเดียวกันกับเมื่อใช้น้ำรดเป็นน้ำบาดาล

ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 ซม.) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงผักคะน้าทั้ง 3 ครั้งได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-11

ตารางที่ 2-10 โลหะหนักในดินแปลงผักคะน้า (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำรด	ปริมาณโลหะหนักในดิน (มก./ก. ดินแห้ง)			
		แคดเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.017	< 0.007	0.023
	หลังปลูก	< 0.003	0.016	< 0.007	0.018
	CW ก่อนปลูก	< 0.003	0.024	0.013	0.033
	หลังปลูก	< 0.003	0.020	< 0.007	0.019
	Sed.CW ก่อนปลูก	< 0.003	0.023	0.007	0.026
	หลังปลูก	< 0.003	0.018	< 0.007	0.022
3	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.026	0.077	0.021
	หลังปลูก	< 0.003	0.086	0.082	0.016
	CW ก่อนปลูก	< 0.003	0.021	0.069	0.023
	หลังปลูก	< 0.003	0.025	0.084	0.020
	Sed.CW ก่อนปลูก	< 0.003	0.026	0.084	0.025
	หลังปลูก	< 0.003	0.010	0.063	0.017
ค่าความปลอดภัยสูงสุด (Webber และคณะ, 1983)		≧ 0.003	≧ 0.10	≧ 0.10	≧ 0.10

ตารางที่ 2-11 คุณสมบัติทางเคมีของดินในแปลงผักคะน้า (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ตัวอย่างดินจากแปลงที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	6.20	6.13	2.39	1.69	0.12	0.11	31.0	16.2	134.0	107.1
	CW	6.20	5.76	2.39	1.91	0.12	0.13	31.0	16.7	134.0	218.8
	Sed.CW	6.20	5.77	2.39	1.96	0.12	0.13	31.0	17.3	134.0	174.0
2	GWps	6.13	5.80	1.69	2.33	0.11	0.12	16.2	37.0	107.1	135.0
	CW	5.76	5.80	1.91	2.83	0.13	0.14	16.7	70.0	218.8	238.0
	Sed.CW	5.77	5.90	1.96	2.46	0.13	0.12	17.3	43.0	174.0	152.0
3	GWps	5.30	5.11	2.29	3.29	0.11	0.14	67.0	146.3	128.0	289.5
	CW	5.70	4.60	2.56	3.63	0.13	0.16	82.0	143.1	200.0	340.2
	Sed.CW	5.10	4.59	2.72	3.11	0.14	0.14	82.0	133.4	262.0	322.8

ในการปลูกครั้งที่ 1 ผลวิเคราะห์ดินในแปลงผัปก่อนปลูกซึ่งเป็นตัวอย่างรวมของทุกแปลงพบว่า ดินมีลักษณะเป็นกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 6.20 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง 2.39% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 31 มก.ก./ก. ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินอยู่ในระดับสูงมาก คือ 134.0 มก.ก./ก. ชนิดของเนื้อดินมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินในแปลงผักคะน้าหลังการเพาะปลูกพบว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสลดลงทุกแปลง แปลงที่ใช้น้ำ GWps ดินมีลักษณะเป็นกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 6.13 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง 1.69% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงจากก่อนปลูกค่อนข้างมาก แต่ค่าอยู่ค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 16.2 มก.ก./ก. ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินหลังปลูกค่าลดลงเล็กน้อยและอยู่ในระดับสูงมาก คือ 107.1 มก.ก./ก. แปลงที่ใช้น้ำ CW หลังปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 5.76 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง 1.91% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 16.7 มก.ก./ก. ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนปลูกและอยู่ในระดับสูงมาก คือ 218.8 มก.ก./ก. แปลงที่ใช้น้ำ Sed.CW ดินหลังการปลูกมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและไนโตรเจนใกล้เคียงกับแปลงที่รดโดยน้ำ CW ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก คือ 174.0 มก.ก./ก.

ในการปลูกครั้งที่ 2 เป็นการปลูกต่อเนื่อง จึงใช้ลักษณะดินหลังปลูกครั้งที่ 1 เป็นค่าก่อนปลูก หลังการเพาะปลูกแปลงที่ใช้น้ำ GWps ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 5.80 ในแปลงที่ใช้น้ำ CW และ Sed.CW หลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH ใกล้เคียงกับก่อนปลูก หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นทุกชนิดการใช้น้ำ มีค่าอยู่ในระดับปานกลางในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และมีค่าในระดับค่อนข้างสูงในแปลงที่ใช้น้ำ CW และ Sed.CW สำหรับปริมาณไนโตรเจนก่อนและหลังปลูกมีค่าใกล้เคียงกันในแปลงเพาะปลูกทั้ง 3 กลุ่ม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าเพิ่มขึ้นทุกแปลงอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินมีค่าเพิ่มขึ้นในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ CW มีค่าอยู่ในระดับสูงมากทุกแปลง

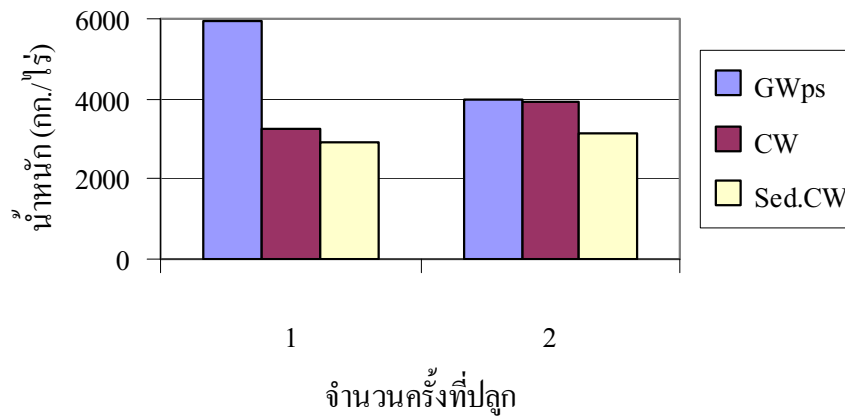
ในการปลูกครั้งที่ 3 แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนและหลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ในแปลงที่ใช้น้ำ CW และ Sed.CW ก่อนการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง และหลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง มีค่า pH อยู่ที่ 4.59-4.60 ในแปลงเพาะปลูกทั้ง 3 กลุ่ม หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น มีค่าในระดับสูงมาก มีการเพิ่มไนโตรเจนเล็กน้อยทั้ง 3 กลุ่มแปลง แต่ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้นทุกกลุ่ม

แปลงอยู่ในระดับสูงมาก จากการเพาะปลูกต่อเนื่องทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารสะสมเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมาก ธาตุอาหารอาจมาจากปุ๋ยที่ใส่ระหว่างเพาะปลูกและน้ำรด โดยแปลงที่ใช้น้ำ CW มีค่าค่อนข้างสูงกว่ากลุ่มแปลงอื่น

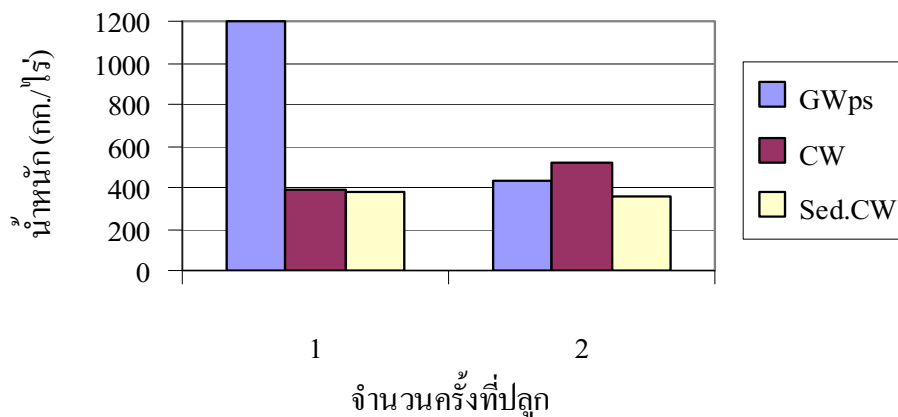
2.2.2 กะหล่ำดอก (น้ำ CW)

2.2.2.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกกะหล่ำดอกในแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำ CW ได้ทำ 2 ครั้งต่อเนื่องกัน ได้ผลผลิตดังแสดงในรูปที่ 2-10 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-12



ก. ก่อนตัดแต่ง



ข. หลังตัดแต่ง

รูปที่ 2-10 ผลผลิตเฉลี่ยกะหล่ำดอกแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-12 ข้อมูลผลผลิตของกะหล่ำดอกในแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ชนิดน้ำที่ใช้ เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	ก่อนตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง	ก่อนตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง
GWps	5966.9	1196.8	3971.2	437.6
CW	3249.4	384.0	3940.3	521.7
Sed.CW	2918.8	374.7	3168.0	352.7
LSD (0.05)	374.7	240.4	NS	100.88
CV (%)	0.23	0.22	12.18	9.90

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

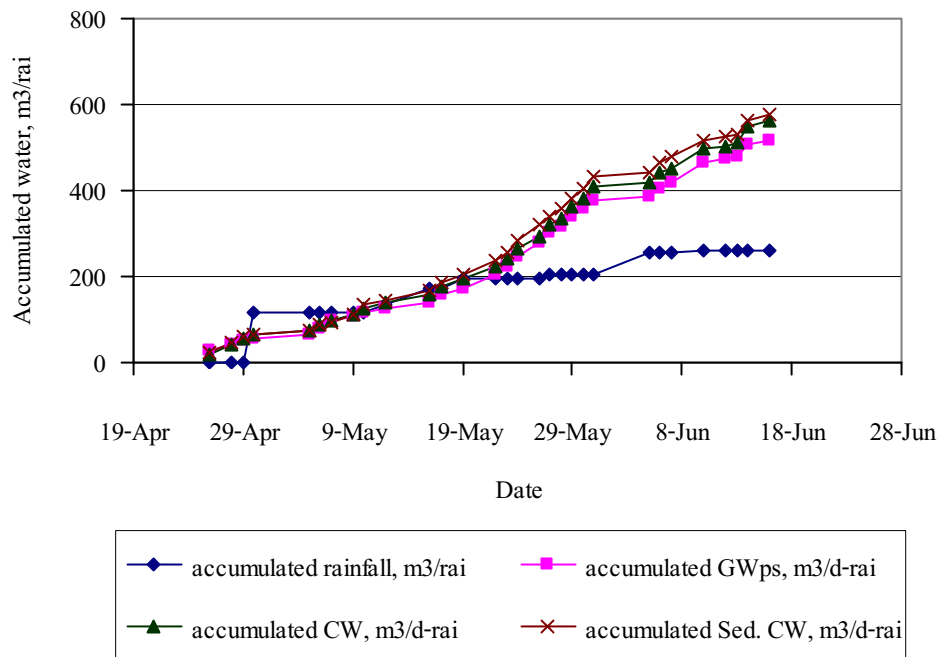
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลผลิตโดยเฉลี่ยครั้งที่ 1 ของกะหล่ำดอกก่อนตัดแต่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกะหล่ำดอกที่ปลูกโดยใช้น้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 2918.8 กก./ไร่ สำหรับผลผลิตหลังตัดแต่งก็มีรูปแบบคล้ายกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกะหล่ำดอกที่ปลูกโดยใช้น้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 374.73 กก./ไร่ และที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 1196.8 กก./ไร่ และในการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า ผลผลิตโดยเฉลี่ยของกะหล่ำดอกก่อนตัดแต่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกะหล่ำดอกที่ปลูกด้วยน้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 3168.0 กก./ไร่ สำหรับผลผลิตหลังตัดแต่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกะหล่ำดอกที่ปลูกด้วยน้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 352.71 กก./ไร่ และน้ำ CW ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 521.96 กก./ไร่

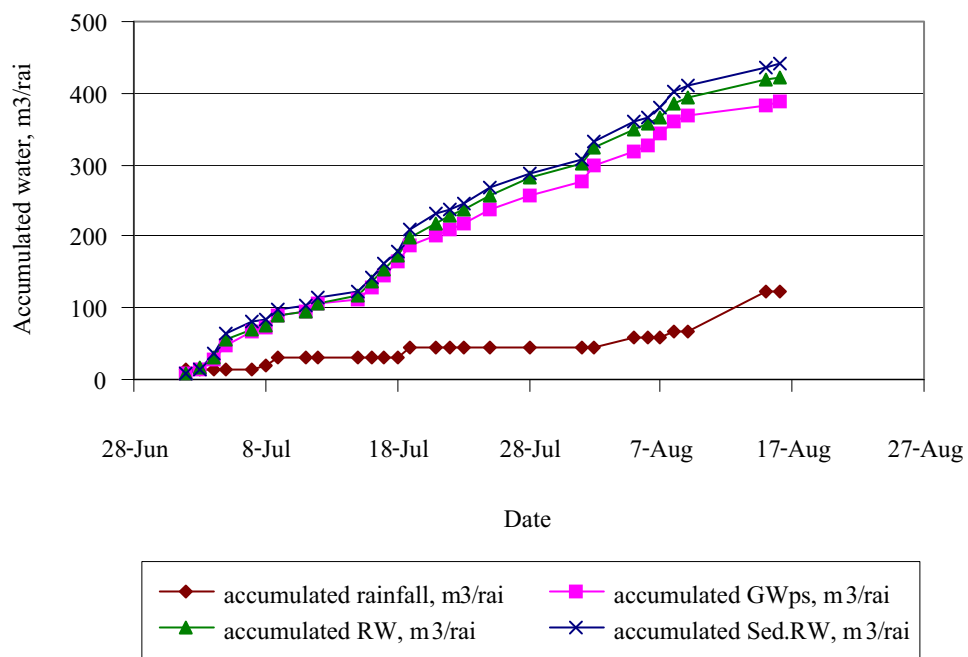
2.2.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกกะหล่ำดอกทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-11 และสรุปผลในตารางที่ 2-13



ก. ครั้งที่ 1 (25 เมษายน – 17 มิถุนายน 2546)



ข. ครั้งที่ 2 (30 มิถุนายน – 28 สิงหาคม 2546)

รูปที่ 2-11 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-13 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อ น้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (25 เม.ย.-17 มิ.ย. 46)	GWps	518	261	779	66.5
	CW	568	261	823	69.0
	Sed.CW	579	261	840	68.9
2 (30 มิ.ย.-28 ส.ค. 46)	GWps	389	122	511	76.1
	CW	423	122	545	77.6
	Sed.CW	442	122	564	78.4

ในการเพาะปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 1 มีน้ำเข้าแปลงทดลองมากกว่าการปลูกครั้งที่ 2 และเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนรวมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในวันที่ 30 เมษายน 2546 สำหรับการปลูกในครั้งที่ 2 ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม 2546 พบว่ามีฝนตก 8 วัน คิดเป็นปริมาณฝนทั้งหมด 76.5 มม. การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา เมื่อพิจารณาสัดส่วนปริมาณน้ำรดต่อปริมาณน้ำรวมพบว่า การปลูกครั้งที่ 1 มีสัดส่วนต่ำกว่าการปลูกครั้งที่ 2 สัดส่วนน้ำรดมีช่วงค่าที่ค่อนข้างสูง (>60%) แสดงว่าน้ำรดเป็นองค์ประกอบหลักแม้จะปลูกในระหว่างฤดูฝนก็ตาม

ข) คุณภาพน้ำรด

คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยของการปลูกกะหล่ำดอกได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-14 และ 2-15 สำหรับรายละเอียดการแปรผันคุณภาพน้ำรดในดัชนีสำคัญได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-12 ถึง 2-18

จากข้อมูลในรูปดังกล่าวจะเห็นว่าน้ำ CW และ Sed.CW มีคุณภาพที่ค่อนข้างแปรปรวนในการปลูกทั้ง 2 ครั้ง ในขณะที่น้ำ GWps มีคุณภาพค่อนข้างคงที่ และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีการทางสถิติพบว่า น้ำรดชนิดเดียวกันที่ใช้ปลูกกะหล่ำดอกทั้ง 2 ครั้ง มีคุณภาพโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนของน้ำ CW และ Sed.CW และค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ GWps ที่มีค่าเฉลี่ยของการปลูกครั้งที่ 2 ต่ำกว่าของครั้งแรก นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำบาดาลมีสารปนเปื้อนทุกตัว (ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้า) ต่ำกว่าน้ำ CW และ Sed.CW อย่างเด่นชัด ในขณะที่น้ำ CW และ Sed.CW มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดย Sed.CW มีสารปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำ CW เพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 2-14 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 1 (น้ำ CW)

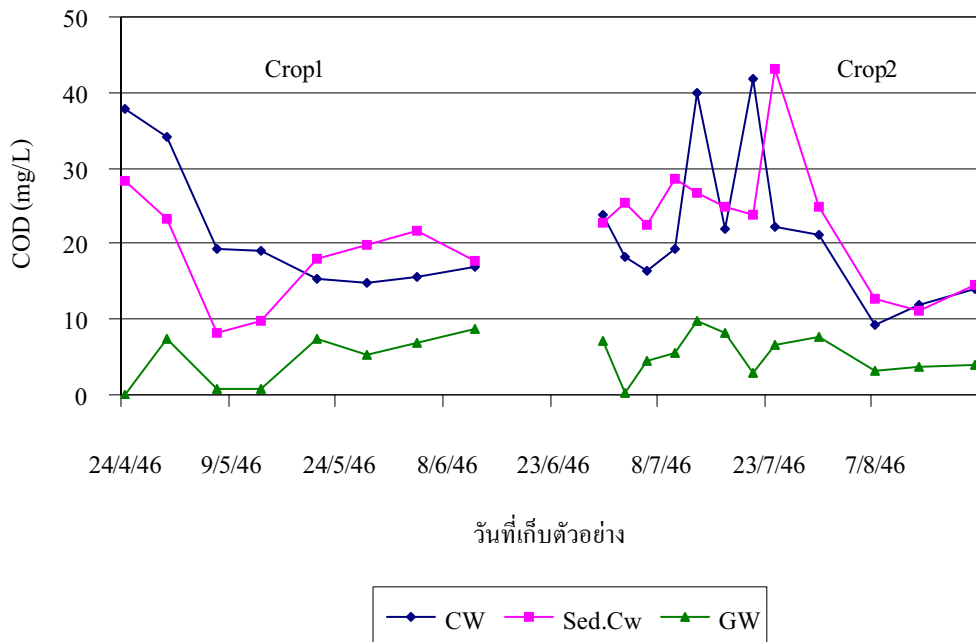
ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed. CW	GWps
พีเอช	min-max	6.96-8.18	6.48-8.39	5.46-6.13
	ave $\pm$ s	7.33 $\pm$ 0.39	7.59 $\pm$ 0.59	5.75 $\pm$ 0.23
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	546-712	484-626	952-1164
	ave $\pm$ s	631 $\pm$ 57	557 $\pm$ 43	1091 $\pm$ 69
TDS, มก/ล	min-max	281-399	267-346	605-770
	ave $\pm$ s	336 $\pm$ 39.7	310 $\pm$ 23.6	674 $\pm$ 58
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	12.8-111	2.4-32	-
	ave $\pm$ s	41.5 $\pm$ 35.9	11.5 $\pm$ 8.9	-
COD, มก/ล	min-max	14.9-37.8	8.2-28.2	0.85-8.7
	ave $\pm$ s	21.6 $\pm$ 9.0	18.4 $\pm$ 6.7	5.36 $\pm$ 3.24
BOD, มก/ล	min-max	3.88-16.9	1.8-9.44	0.20-0.79
	ave $\pm$ s	8.34 $\pm$ 4.79	4.68 $\pm$ 2.36	0.44 $\pm$ 0.18
TP, มก/ล	min-max	0.08-0.53	0.04-0.21	0.03-0.26
	ave $\pm$ s	0.25 $\pm$ 0.15	0.10 $\pm$ 0.06	0.08 $\pm$ 0.08
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.03-2.03	0.47-1.98	0.01-0.15
	ave $\pm$ s	0.93 $\pm$ 0.64	1.09 $\pm$ 0.53	0.05 $\pm$ 0.04
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.04-7.47	0.05-3.71	0.05-0.30
	ave $\pm$ s	2.48 $\pm$ 2.55	1.37 $\pm$ 1.55	0.14 $\pm$ 0.08
TKN, มก/ล	min-max	0.43-11.2	0.42-9.38	0.07-0.40
	ave $\pm$ s	4.84 $\pm$ 4.07	3.12 $\pm$ 3.20	0.18 $\pm$ 0.10
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	40-16,000	7 - >1,600	2-50
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20-16,000	<2-350	<2-30

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง

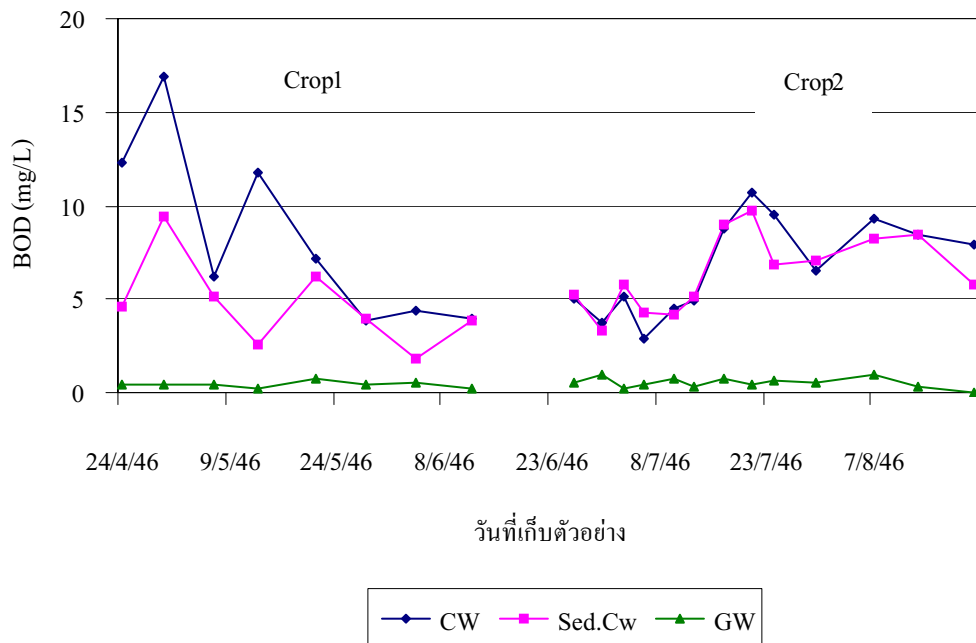
ตารางที่ 2-15 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 2 (น้ำ CW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	6.73-7.41	6.82-7.85	5.63-6.48
	ave $\pm$ s	7.09 $\pm$ 0.22	7.26 $\pm$ 0.28	5.87 $\pm$ 0.25
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	443-681	453-664	856-1060
	ave $\pm$ s	566 $\pm$ 80.7	550 $\pm$ 72.6	963 $\pm$ 78.7
TDS, มก/ล	min-max	284-724	287-479	617-876
	ave $\pm$ s	404 $\pm$ 129	372 $\pm$ 72.1	716 $\pm$ 90.6
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	22.3-184	26.4-69.7	-
	ave $\pm$ s	53.6 $\pm$ 44.6	45.2 $\pm$ 13.5	-
COD, มก/ล	min-max	7.79-41.7	9.00-43.2	0.36-9.71
	ave $\pm$ s	20.6 $\pm$ 10.3	22.3 $\pm$ 9.02	5.16 $\pm$ 2.59
BOD, มก/ล	min-max	2.88-10.7	3.34-9.78	0-1.01
	ave $\pm$ s	6.71 $\pm$ 2.52	6.39 $\pm$ 2.01	0.51 $\pm$ 0.29
TP, มก/ล	min-max	0.13-0.36	0-0.33	0-0.08
	ave $\pm$ s	0.19 $\pm$ 0.06	0.18 $\pm$ 0.08	0.03 $\pm$ 0.02
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.14-1.23	0.13-1.16	0-0.28
	ave $\pm$ s	0.55 $\pm$ 0.27	0.49 $\pm$ 0.25	0.03 $\pm$ 0.08
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.44-4.09	0.34-2.91	0.09-0.24
	ave $\pm$ s	2.50 $\pm$ 0.95	2.04 $\pm$ 0.82	0.16 $\pm$ 0.052
TKN, มก/ล	min-max	0.95-4.63	0.72-3.14	0.13-0.48
	ave $\pm$ s	3.43 $\pm$ 1.15	2.46 $\pm$ 0.84	0.23 $\pm$ 0.093
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	40-16,000	40-16,000	<2-4
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20-16,000	<2-16,000	<2-4

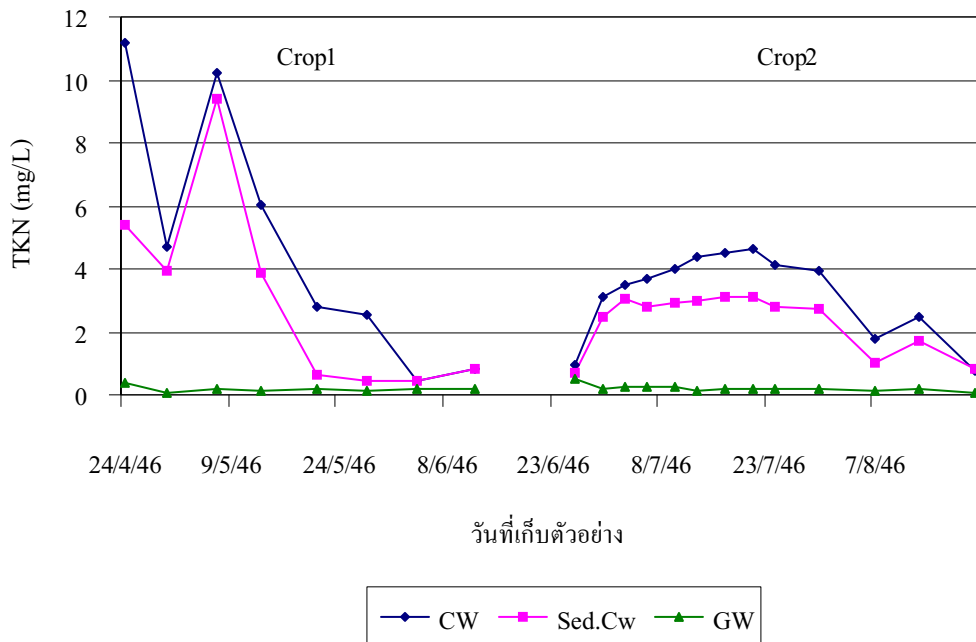
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 13 ครั้ง



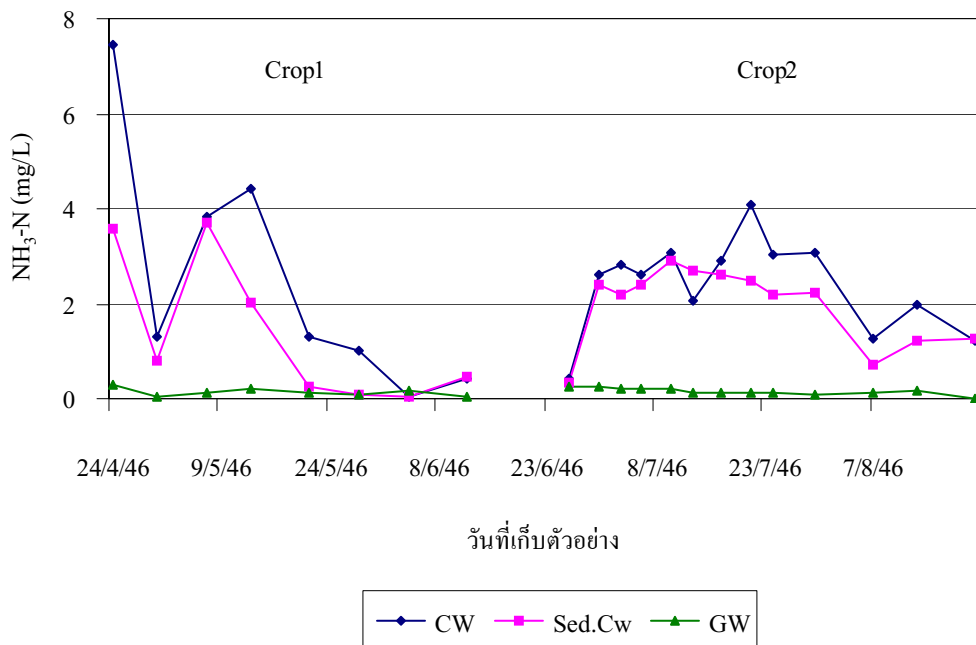
รูปที่ 2-12 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



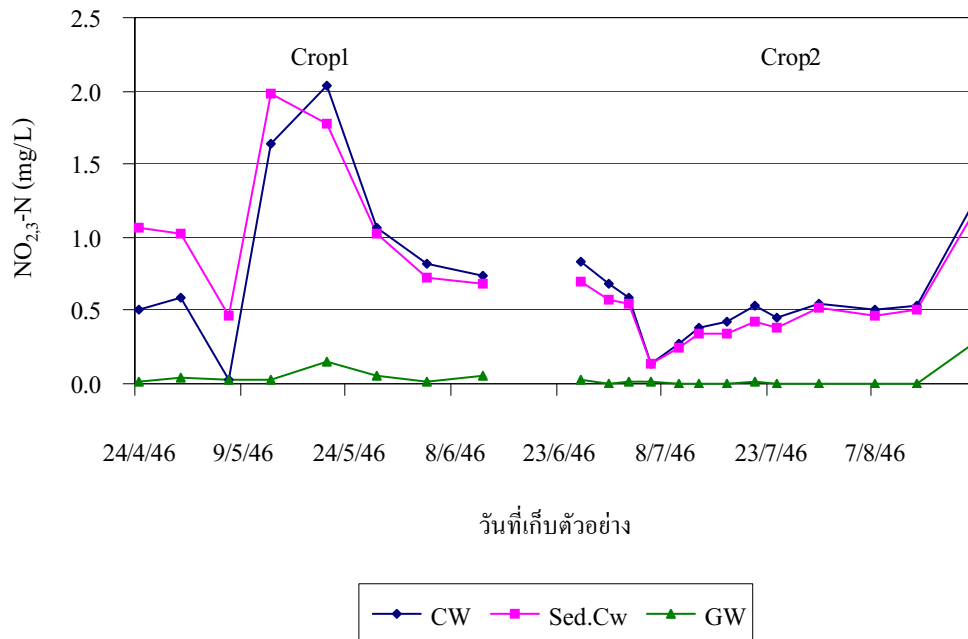
รูปที่ 2-13 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



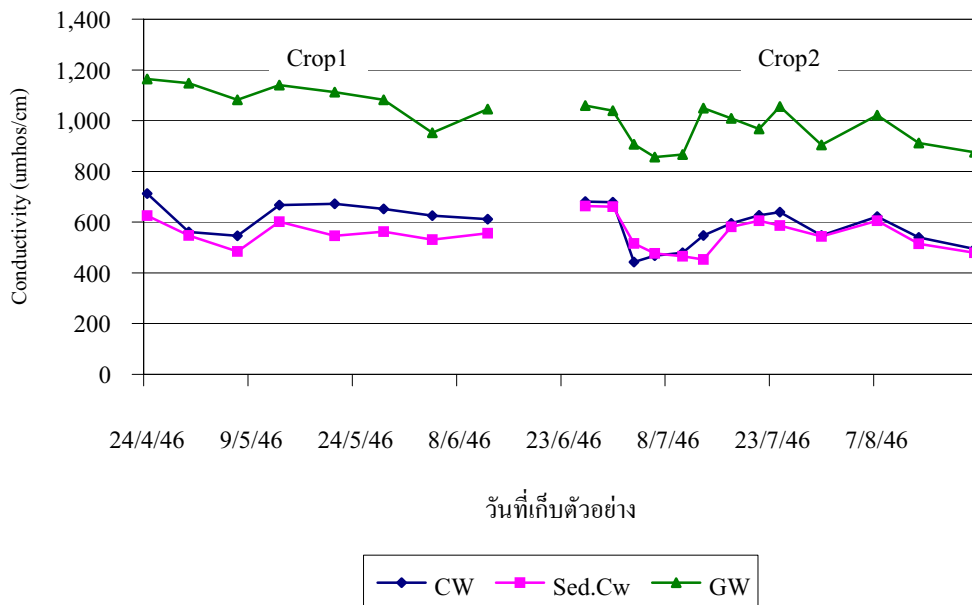
รูปที่ 2-14 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



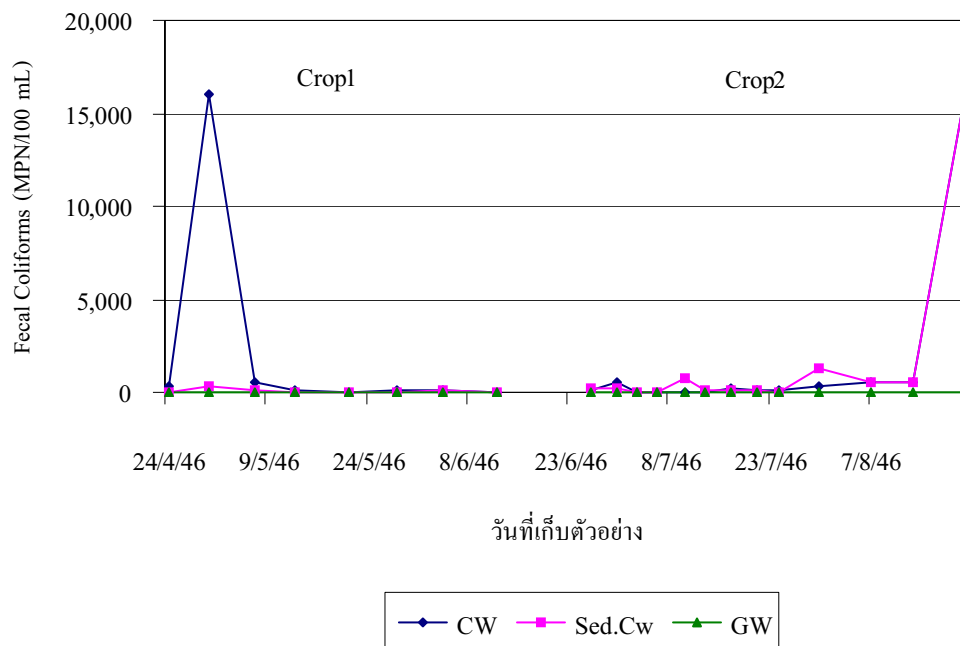
รูปที่ 2-15 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



รูปที่ 2-16 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



รูปที่ 2-17 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



รูปที่ 2-18 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW

2.2.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การสะสมโลหะหนักในดิน

การศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินที่ใช้ปลูกกะหล่ำดอกด้วยน้ำ CW ได้ทำการปลูกครั้งที่ 1 ครั้งเดียว โดยได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2-16 จากข้อมูลในตารางดังกล่าว จะเห็นว่าดินที่นำมาใช้ในการเพาะปลูกกะหล่ำดอกซึ่งเป็นดินจากแหล่งเดียวกันกับที่นำมาใช้ในการปลูกผักคะน้าไม่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ ในขณะที่ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว มีการปนเปื้อนในระดับที่ต่ำมากและได้มาตรฐานความปลอดภัยสูงสุดเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ก็ยังไม่พบการสะสมของโลหะดังกล่าวในดินที่นำมาใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกด้วยน้ำ CW และ Sed.CW เช่นเดียวกับการปลูกกะหล่ำดอกด้วยน้ำบาดาล

ตารางที่ 2-16 โลหะหนักในดินแปลงกะหล่ำดอกครั้งที่ 1 (น้ำ CW)

แปลงเพาะปลูก	ปริมาณโลหะหนักในดิน (มก./ก. ดินแห้ง)			
	แคดเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.017	< 0.007	0.020
หลังปลูก	< 0.003	0.015	< 0.007	0.023
CW ก่อนปลูก	< 0.003	0.016	< 0.007	0.018
หลังปลูก	< 0.003	0.014	< 0.007	0.019
Sed.CW ก่อนปลูก	< 0.003	0.011	< 0.007	0.017
หลังปลูก	< 0.003	0.009	< 0.007	0.016
ค่าความปลอดภัยสูงสุด (Webber และคณะ, 1983)	≠ 0.003	≠ 0.10	≠ 0.10	≠ 0.10

ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 ซม.) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงกะหล่ำดอกทั้ง 2 ครั้งได้แสดงในตารางที่ 2-17

ตารางที่ 2-17 คุณสมบัติทางเคมีของดินในแปลงกะหล่ำดอก (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ตัวอย่างดินจากแปลงที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	6.20	6.26	2.39	2.01	0.12	0.12	31.0	19.4	134.0	124.6
	CW	6.20	5.93	2.39	1.27	0.12	0.09	31.0	11.6	134.0	150.0
	Sed.CW	6.20	5.73	2.39	1.41	0.12	0.10	31.0	12.1	134.0	148.5
2	GWps	6.26	6.30	2.01	2.50	0.12	0.13	19.4	66.0	124.6	134.0
	CW	5.93	6.10	1.27	1.66	0.09	0.08	11.6	38.0	150.0	149.0
	Sed.CW	5.73	6.00	1.41	1.66	0.10	0.08	12.1	37.0	148.5	147.0

ผลวิเคราะห์ดินในแปลงผักก่อนปลูกซึ่งเป็นตัวอย่างรวมของทุกแปลง พบว่าดินมีลักษณะเป็นกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 6.20 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง 2.39% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 31.0 มก.ก./ก. ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินอยู่ในระดับสูงมาก คือ 134.0 มก.ก./ก. ชนิดของเนื้อดินมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)

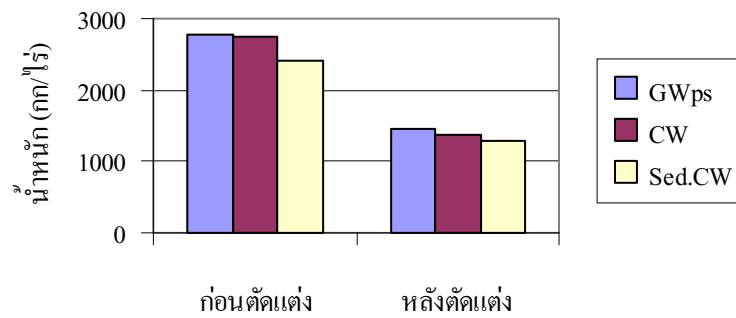
ผลวิเคราะห์ดินในแปลงผักกะหล่ำดอกหลังการเพาะปลูกครั้งที่ 1 พบว่าแปลงที่ใช้น้ำ GWps ดินมีลักษณะเป็นกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 6.26 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงเล็กน้อย ค่าอยู่ในระดับปานกลาง 2.01% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงมาก แต่ค่ายังอยู่ค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 19.4 มก.ก./ก. ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินอยู่ในระดับสูงมากมีค่าลดลงเล็กน้อย คือ 124.6 มก.ก./ก. แปลงที่ใช้น้ำ CW ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 5.93 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงมากอยู่ในระดับต่ำ 1.27% ปริมาณฟอสฟอรัสลดลงมากอยู่ในระดับต่ำ คือ 11.6 มก.ก./ก. ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอยู่ในระดับสูงมาก คือ 150.0 มก.ก./ก. แปลงที่ใช้น้ำ Sed.CW ดินมีลักษณะใกล้เคียงกับแปลงที่ใช้น้ำ CW สำหรับไนโตรเจนลดลงเล็กน้อยทั้ง 3 กลุ่มแปลง

การปลูกครั้งที่ 2 เป็นการปลูกต่อเนื่อง จึงใช้ลักษณะดินหลังการปลูกครั้งที่ 1 เป็นค่าก่อนปลูก ลักษณะดินหลังการปลูกพบว่า ทุกแปลงดินมีลักษณะเป็นกลาง มี pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับไนโตรเจนก่อนและหลังปลูกมีการเพิ่มขึ้นในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และลดลงเล็กน้อยในแปลงที่รดโดยน้ำ CW และ Sed.CW แปลงที่ใช้น้ำ GWps หลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น มีค่าสูงมาก คือ 66.0 มก.ก./ก. ในแปลงที่ใช้น้ำ CW และ Sed.CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 37-38.0 มก.ก./ก สำหรับโพแทสเซียมหลังปลูกทั้ง 3 กลุ่มแปลงมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก และเปลี่ยนแปลงจากเดิมเล็กน้อย โดยมีค่าเพิ่มในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และลดลงในแปลงที่รดโดยน้ำ CW และ Sed.CW

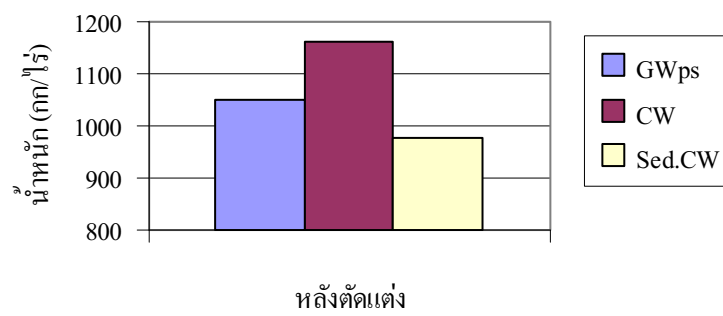
2.2.3 ผักกาดขาวปลี (น้ำ CW)

2.2.3.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกผักกาดขาวปลีในแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำ CW (ช่วงทดลองสุบจากคลองแม่ข่า) ได้ทดลอง 2 ครั้งต่อเนื่อง (โดยใช้แปลงที่เดิมปลูกผักกะหล่ำครั้งที่ 2 น้ำ CW เสร็จแล้ว) ได้ผลผลิตดังแสดงในรูปที่ 2-19 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-18



ก. ครั้งที่ 1



ข. ครั้งที่ 2

รูปที่ 2-19 ผลผลิตเฉลี่ยผักกาดขาวปลีแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-18 ข้อมูลผลผลิตของผักกาดขาวปลีในแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)		
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2
	ก่อนตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง
GWps	2780.4	2454.2	1048.9
CW	2755.6	1379.6	1162.2
Sed.CW	2403.6	1276.4	977.8
LSD (0.05)	NS	NS	NS
CV (%)	12.11	14.57	31.96

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

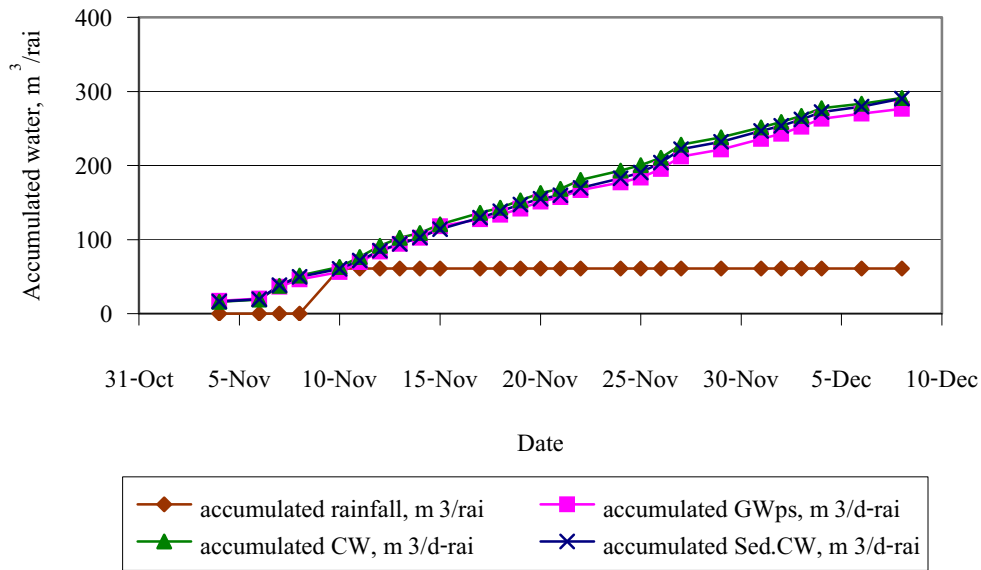
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลผลิตโดยเฉลี่ยในการปลูกครั้งที่ 1 ของผักกาดขาวปลีก่อนตัดแต่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยผักกาดขาวปลีที่ปลูกด้วยน้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 2403.6 กก./ไร่ สำหรับผลผลิตหลังตัดแต่งก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผักกาดขาวปลีที่ปลูกด้วยน้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 1276.4 กก./ไร่ และน้ำ GWps ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 1454.2 กก./ไร่ และในการปลูกครั้งที่ 2 ก็ให้ผลคล้ายคลึงกันคือผลผลิตโดยเฉลี่ยหลังตัดแต่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผักกาดขาวปลีที่ปลูกด้วยน้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 977.8 กก./ไร่ และน้ำ CW ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 1162.2 กก./ไร่

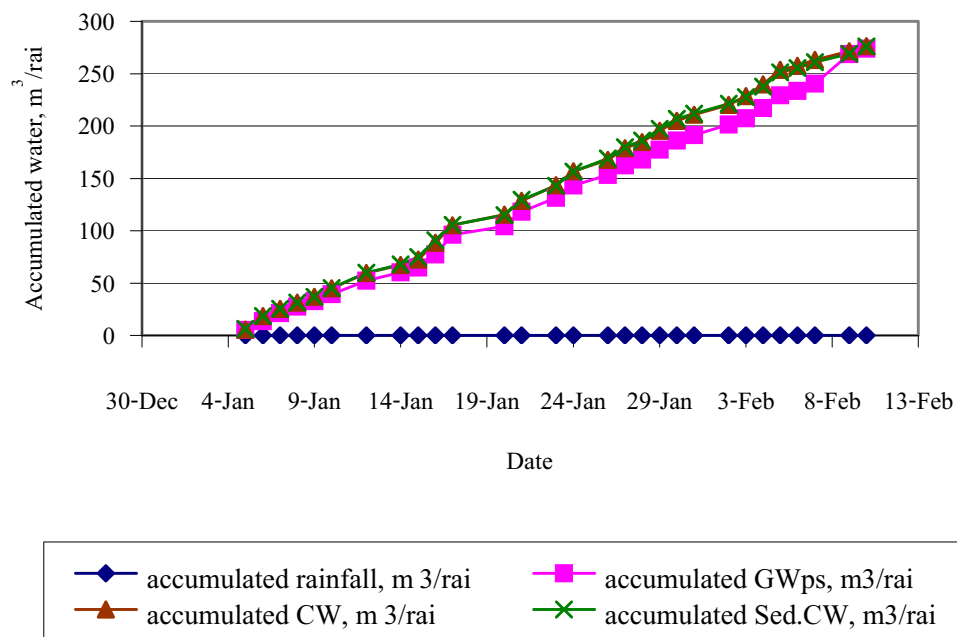
2.2.3.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

ปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี 2 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-20 และสรุปผลในตารางที่ 2-19



ก. ครั้งที่ 1 (3 พฤศจิกายน – 9 ธันวาคม 2546)



ข. ครั้งที่ 2 (5 มกราคม – 11 กุมภาพันธ์ 2547)

รูปที่ 2-20 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-19 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (3 พ.ย. – 9 ธ.ค. 46)	GWps	276	61	337	81.9
	CW	291	61	352	82.7
	Sed.CW	290	61	351	82.6
2 (5 ม.ค. – 11 ก.พ. 47)	GWps	274	0	274	100
	CW	276	0	276	100
	Sed.CW	276	0	276	100

ในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลีครั้งที่ 1 ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 2546 มีฝนตกเพียง 1 วันคือ ในวันที่ 9 พฤศจิกายน 2546 โดยมีปริมาณฝนที่ตก 38 มม. สำหรับการปลูกครั้งที่ 2 ไม่มีฝนตกเลย การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา เมื่อรวมปริมาณน้ำรดและน้ำฝนดังแสดงในตารางที่ 2-19 พบว่า ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวมเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง (>80%)

ข) คุณภาพน้ำรด

คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยของการปลูกผักกาดขาวปลีด้วยน้ำ CW ครั้งที่ 1 และ 2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-20 และ 2-21 สำหรับรายละเอียดการแปรผันคุณภาพน้ำรดในดัชนีสำคัญได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-21 ถึง 2-27

จากข้อมูลในรูปดังกล่าวจะเห็นว่าในรอบการเพาะปลูกเดียวกัน น้ำ CW และ Sed.CW มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน โดยน้ำ Sed.CW มีการปนเปื้อนของสารน้อยกว่าน้ำ CW เล็กน้อย ส่วนน้ำบาดาลมีสารปนเปื้อนทุกตัว (ยกเว้นค่าสภาพการนำไฟฟ้า) ต่ำกว่าของน้ำ CW และ Sed.CW อย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีการทางสถิติพบว่าในรอบการปลูกครั้งที่ 1 น้ำรดทั้ง 3 ชนิดมีคุณภาพโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ในรอบการปลูกครั้งที่ 2 น้ำ CW และ Sed.CW มีคุณภาพน้ำไม่แตกต่างกัน ในขณะที่น้ำ GWps มีระดับการปนเปื้อนของสารทุกตัว (ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้า) ต่ำกว่าของน้ำ CW และ Sed.CW อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2-20 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ปลูกผักกาดขาวปลีครั้งที่ 1 (น้ำ CW)

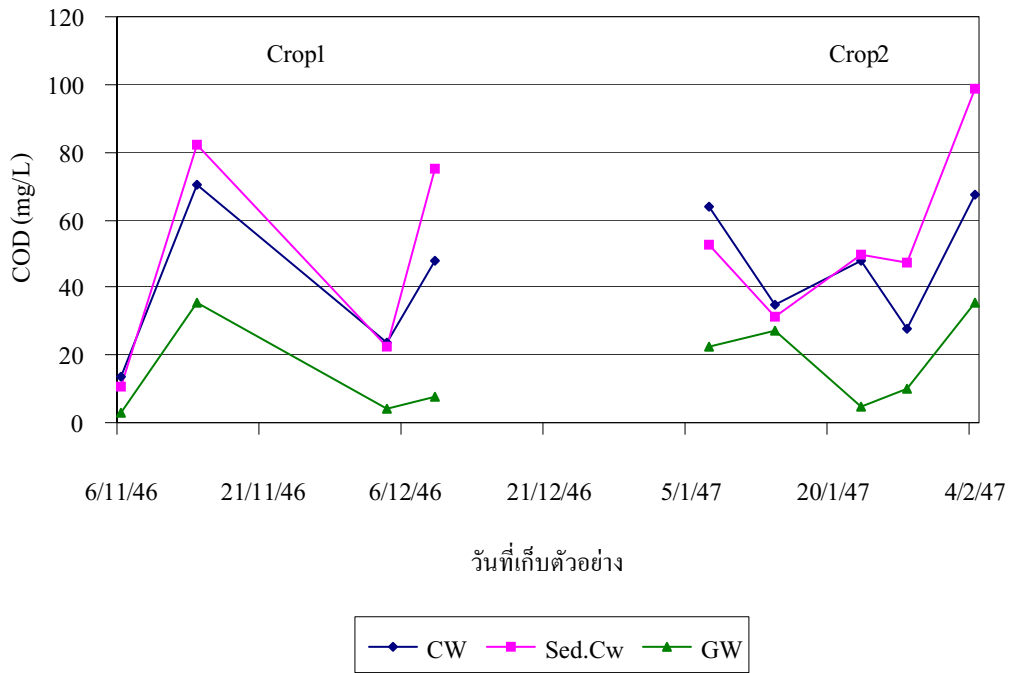
ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	7.13-8.35	7.14-8.36	5.63-6.24
	ave $\pm$ s	7.82 $\pm$ 0.51	7.77 $\pm$ 0.51	5.82 $\pm$ 0.28
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	642-1110	635-1077	736-824
	ave $\pm$ s	863 $\pm$ 234	840 $\pm$ 237	794 $\pm$ 40.0
TDS, มก/ล	min-max	276-652	235-401	251-444
	ave $\pm$ s	389 $\pm$ 177	287 $\pm$ 76.9	333 $\pm$ 95.6
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	18.0-39.9	8.40-20.3	-
	ave $\pm$ s	30.4 $\pm$ 11.2	15.1 $\pm$ 4.92	-
COD, มก/ล	min-max	13.5-70.6	10.5-82.3	3.01-35.3
	ave $\pm$ s	39.0 $\pm$ 25.5	47.5 $\pm$ 36.4	12.6 $\pm$ 15.3
BOD, มก/ล	min-max	1.65-13.9	1.39-13.9	0.10-1.26
	ave $\pm$ s	6.21 $\pm$ 5.68	5.88 $\pm$ 5.81	0.72 $\pm$ 0.49
TP, มก/ล	min-max	0.50-1.26	0.39-1.10	0-0.08
	ave $\pm$ s	0.98 $\pm$ 0.36	0.80 $\pm$ 0.30	0.04 $\pm$ 0.03
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0-12.2	0-4.60	0-0.22
	ave $\pm$ s	4.61 $\pm$ 5.05	1.43 $\pm$ 1.89	0.13 $\pm$ 0.09
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.40-11.4	0.40-10.6	0-0.18
	ave $\pm$ s	4.49 $\pm$ 5.16	5.01 $\pm$ 5.16	0.08 $\pm$ 0.08
TKN, มก/ล	min-max	0.96-12.1	1.26-13.6	0.03-0.52
	ave $\pm$ s	6.38 $\pm$ 5.28	6.60 $\pm$ 6.25	0.24 $\pm$ 0.21
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	2,700-5,000,000	2,700-5,000,000	<2-4
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	900-700,000	1,100-700,000	<2-4

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ตัวอย่าง 2 ครั้งแรก น้ำ CW เป็นน้ำขังในบ่อสูบน้ำเสีย P10 ส่วนตัวอย่าง 2 ครั้งหลัง น้ำ CW เป็นน้ำในคลองแม่ข่า

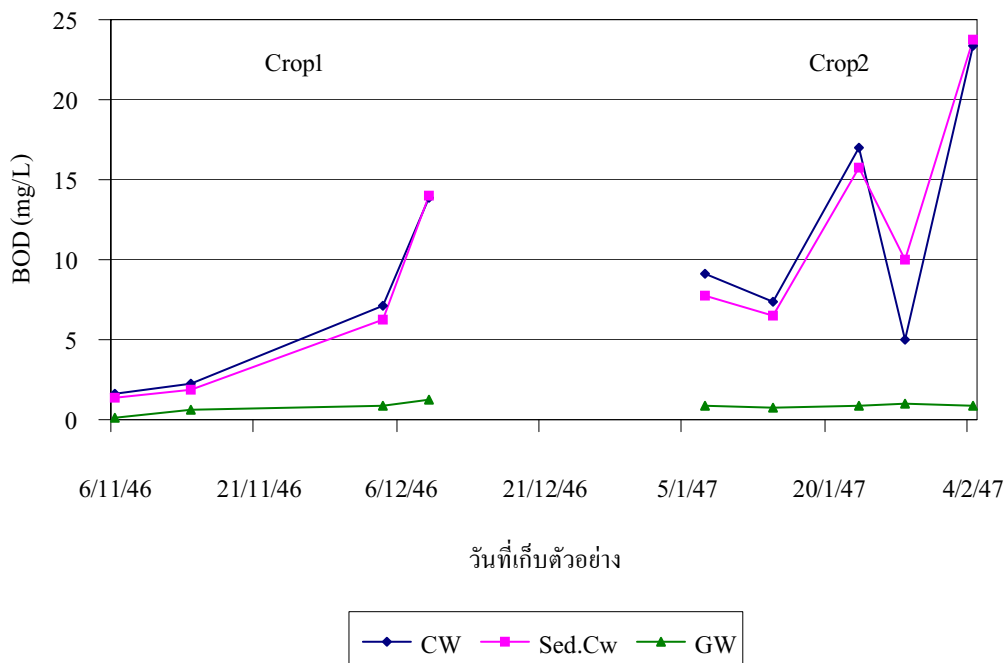
ตารางที่ 2-21 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักกาดขาวปลีครั้งที่ 2 (น้ำ CW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	6.98-8.31	6.89-8.28	5.89-8.10
	ave $\pm$ s	7.90 $\pm$ 0.53	7.89 $\pm$ 0.58	7.23 $\pm$ 0.89
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	427-606	416-534	725-873
	ave $\pm$ s	523 $\pm$ 63.8	502 $\pm$ 48.7	769 $\pm$ 64.0
TDS, มก/ล	min-max	203-330	271-322	468-565
	ave $\pm$ s	289 $\pm$ 50.3	291 $\pm$ 21.3	512 $\pm$ 38.6
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	20.5-40.2	11.8-26.4	-
	ave $\pm$ s	32.0 $\pm$ 7.36	18.5 $\pm$ 5.79	-
COD, มก/ล	min-max	27.5-67.1	31.2-98.7	4.98-35.5
	ave $\pm$ s	48.3 $\pm$ 17.3	55.9 $\pm$ 25.3	20.1 $\pm$ 12.5
BOD, มก/ล	min-max	4.95-23.4	6.45-23.7	0.81-1.02
	ave $\pm$ s	12.4 $\pm$ 7.65	12.7 $\pm$ 7.1	0.88 $\pm$ 0.08
TP, มก/ล	min-max	0.88-1.37	0.44-0.97	0.078-0.22
	ave $\pm$ s	1.10 $\pm$ 0.19	0.77 $\pm$ 0.22	0.16 $\pm$ 0.052
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0-0.61	0-0.33	0-0.05
	ave $\pm$ s	0.20 $\pm$ 0.24	0.11 $\pm$ 0.13	0.02 $\pm$ 0.02
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	5.50-13.1	5.15-13.0	0.06-0.10
	ave $\pm$ s	10.1 $\pm$ 3.74	9.76 $\pm$ 3.71	0.07 $\pm$ 0.02
TKN, มก/ล	min-max	5.94-16.6	5.50-16.3	0.26-0.37
	ave $\pm$ s	11.6 $\pm$ 4.72	11.1 $\pm$ 4.76	0.30 $\pm$ 0.04
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20,000-16,000,000	20,000-16,000,000	<2-500
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20,000-3,000,000	20,000-2,200,000	<2-17

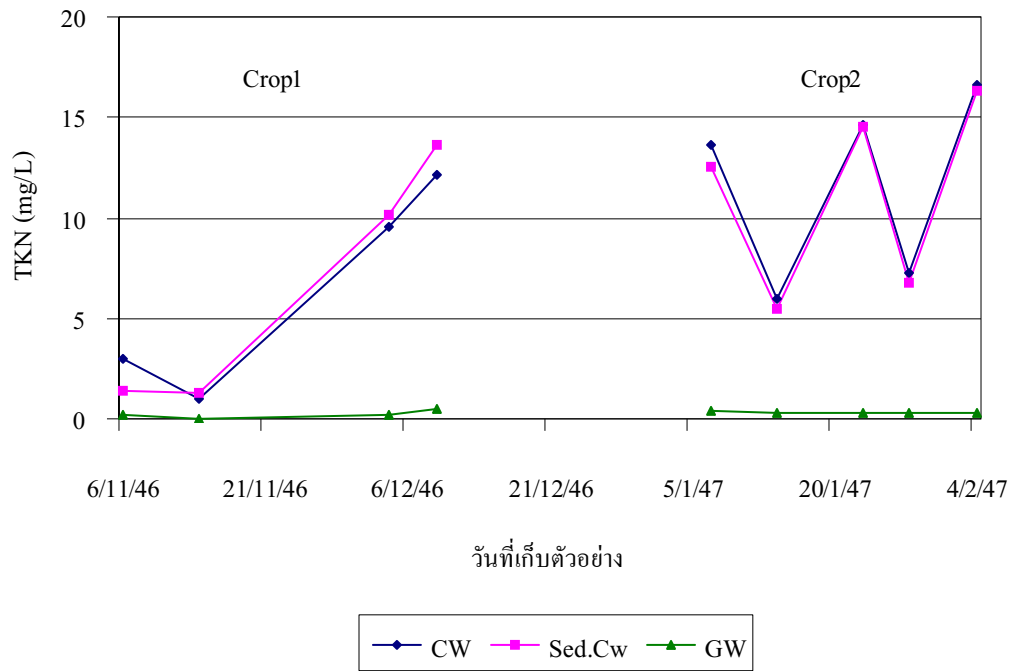
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง



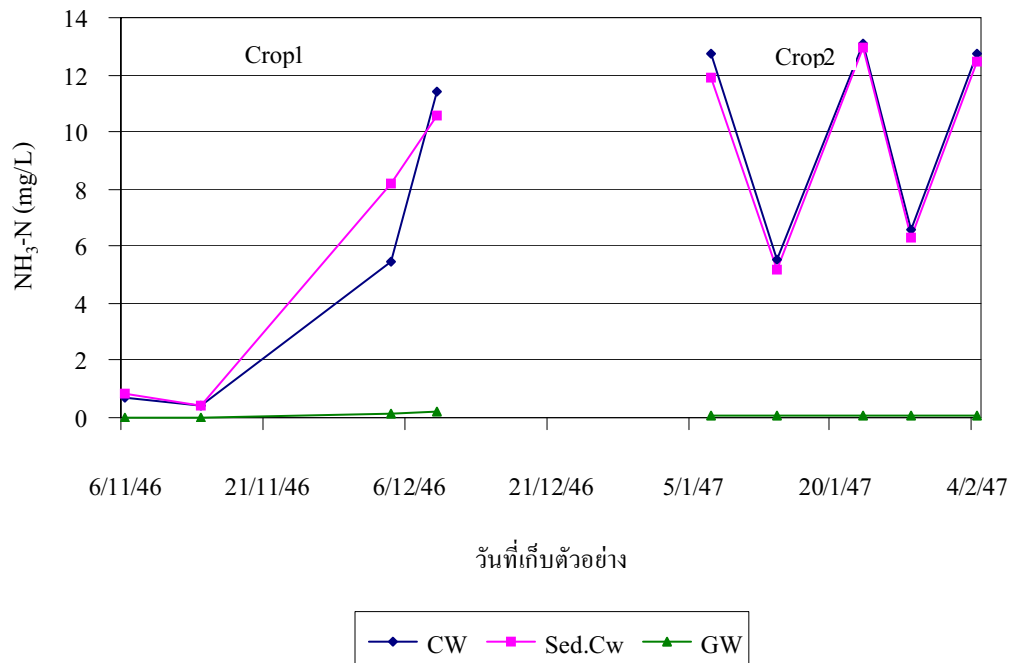
รูปที่ 2-21 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-CW



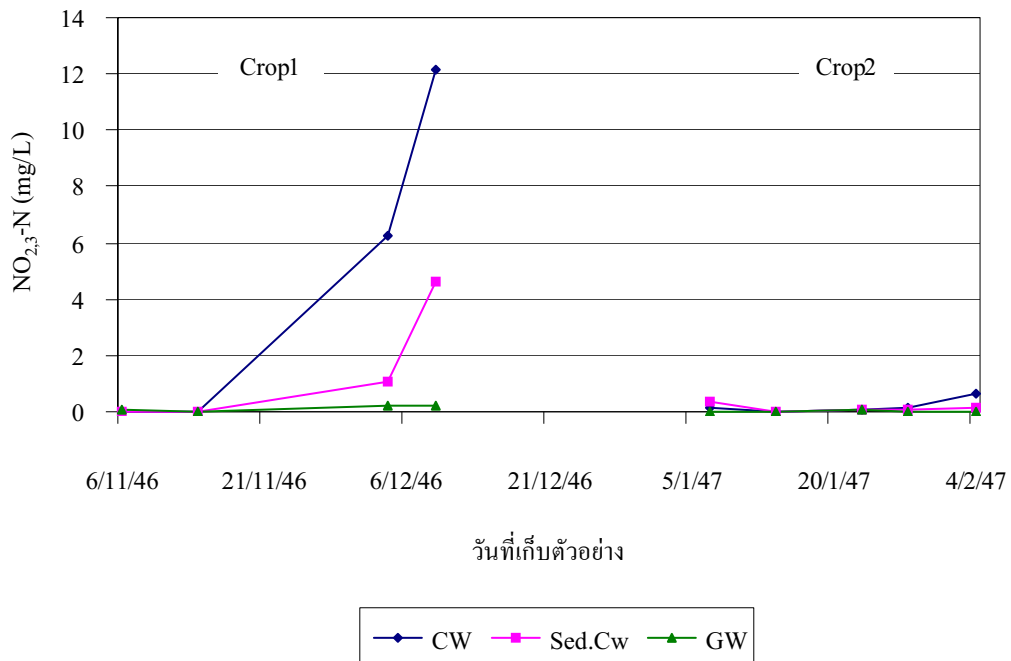
รูปที่ 2-22 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-CW



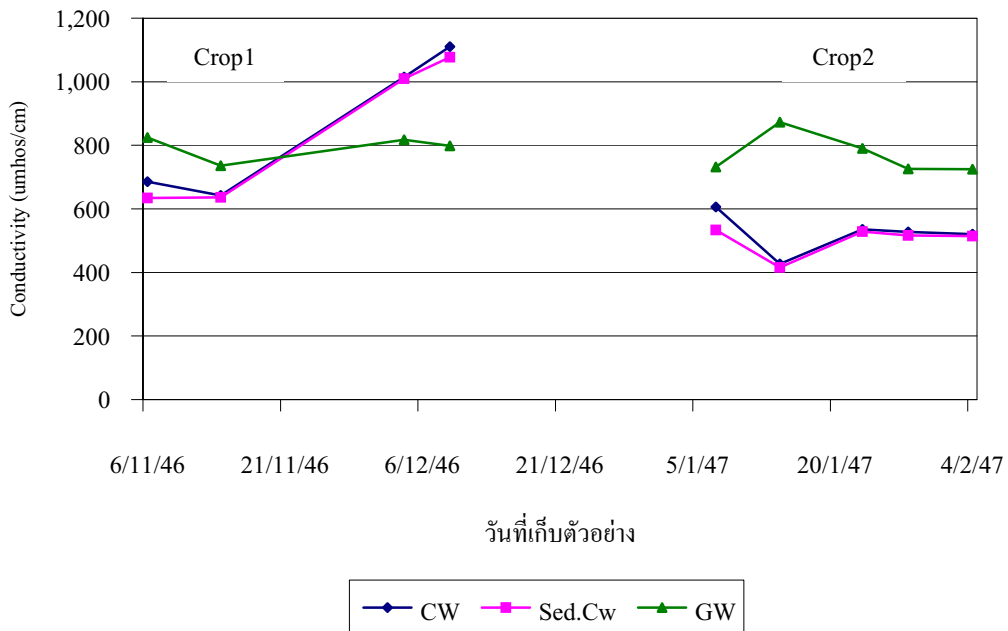
รูปที่ 2-23 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-CW



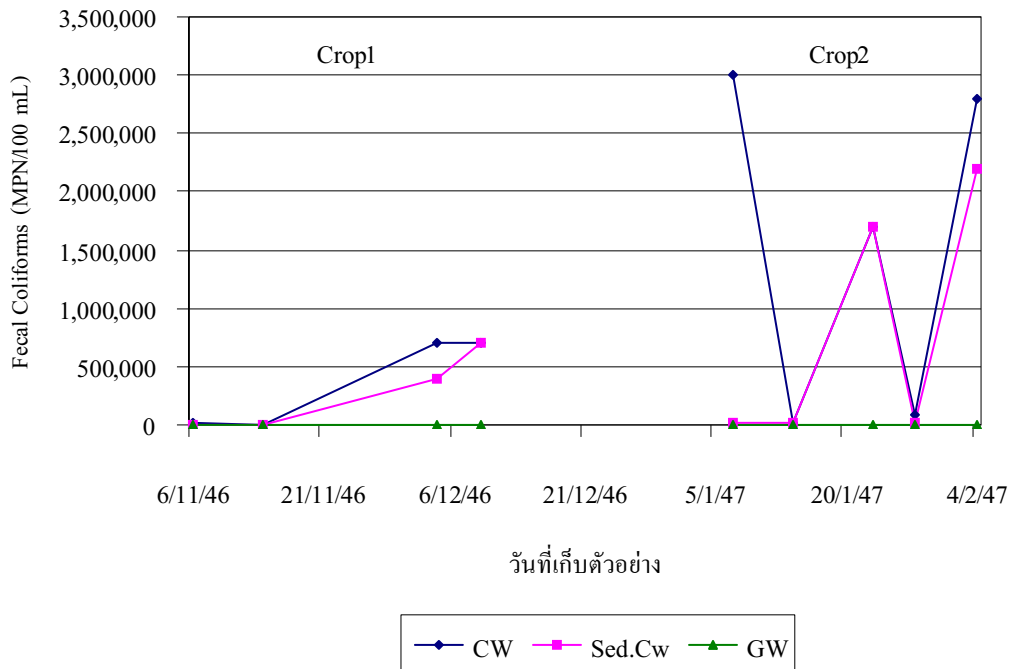
รูปที่ 2-24 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-CW



รูปที่ 2-25 การแปรผันค่า $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-CW



รูปที่ 2-26 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW



รูปที่ 2-27 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-CW

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำรดชนิดเดียวกันในการเพาะปลูกทั้ง 2 ครั้ง โดยพิจารณาจากรูปที่ 2-21 ถึง 2-27 พบว่า ในรอบการปลูกครั้งที่ 2 น้ำ CW และ Sed.CW มีระดับการปนเปื้อนของสารส่วนใหญ่ (ยกเว้นไนโตรเจนในไตรฟอสเฟตและสภาพการนำไฟฟ้า) ตลอดจนโคลิฟอร์มรวมและฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าของรอบการปลูกครั้งที่ 1 อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติกลับพบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% น้ำรดชนิดเดียวกันมีคุณภาพโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อนึ่ง เนื่องจากในช่วงท้ายของรอบการปลูกครั้งที่ 1 น้ำเสียที่ขังในบ่อสูบลบ 10 ไม่เพียงพอ ผู้ศึกษาจึงได้ใช้น้ำในคลองแม่ข่าเป็นน้ำรดแทน ซึ่งจะเห็นว่าน้ำในคลองดังกล่าวมีสารอนินทรีย์ (สภาพการนำไฟฟ้า) สูงกว่าน้ำในบ่อสูบลบ P10 เกือบเท่าตัว นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารปนเปื้อนตัวอื่น ๆ ได้แก่ ฟอสฟอรัสรวม สารแขวนลอย บีโอดี แอมโมเนีย เจตาห์ลในไตรฟอสเฟต ตลอดจนโคลิฟอร์มรวมและฟีคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าน้ำขังในบ่อสูบลบ P10 ด้วย

2.2.3.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 ซม.) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงผักกาดขาวปลีทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงในตารางที่ 2-22

ตารางที่ 2-22 คุณสมบัติทางเคมีของดินในแปลงผักกาดขาวปลี (น้ำ CW)

ปลูก ครั้งที่	ตัวอย่างดิน จากแปลง ที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	5.80	5.80	2.33	2.86	0.12	0.14	37.0	92.0	135.0	158.0
	CW	5.80	5.30	2.83	2.96	0.14	0.15	70.0	91.0	238.0	268.0
	Sed.CW	5.90	5.30	2.46	2.26	0.12	0.11	43.0	85.0	152.0	232.0
2	GWps	5.80	5.30	2.86	2.29	0.14	0.11	92.0	67.0	158.0	128.0
	CW	5.30	5.70	2.96	2.56	0.15	0.13	91.0	82.0	268.0	200.0
	Sed.CW	5.30	5.10	2.26	2.72	0.11	0.14	85.0	82.0	232.0	262.0

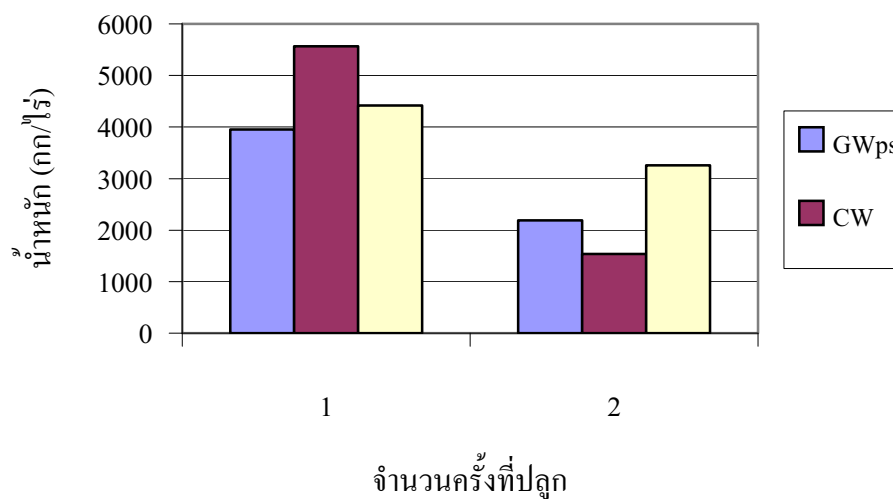
แปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในการปลูกครั้งที่ 1 ก่อนและหลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง โดยในแปลงที่ใช้น้ำ CW และ Sed.CW หลังการเพาะปลูกดินมีค่า pH ลดลง แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.33% ส่วนหลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ 2.86% ในแปลงที่ใช้น้ำ CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูงคือ 2.96% และในแปลง Sed.CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงเล็กน้อย ค่าอยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.26% ตามลำดับ แปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด หลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นในระดับสูงมาก สำหรับไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ CW หลังการปลูก

ในการปลูกครั้งที่ 2 แปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด หลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH ลดลง ยกเว้นแปลงที่รดโดยน้ำ CW มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีการลดลงของไนโตรเจนเล็กน้อยในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ CW มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ CW หลังปลูกมีช่วงค่าอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับแปลง Sed.CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง คือ 2.72% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเพาะปลูกลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับสูงมาก สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน หลังการเพาะปลูกลดลง แต่ยังคงอยู่ในระดับสูงมาก ยกเว้นแปลง Sed.CW ที่หลังการเพาะปลูกปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

2.2.4 ผักกาดหัว (น้ำ CW)

2.2.4.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกผักกาดหัวในแปลงผัก 1 ได้ทดลองหลังจากปลูกกะหล่ำดอกเสร็จสิ้น โดยใช้น้ำ CW จากคลองแม่ข่าทดลองปลูก 2 ครั้ง ได้ผลผลิตดังแสดงในรูปที่ 2-28 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-23



รูปที่ 2-28 ผลผลิตเฉลี่ยผักกาดหัวแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-23 ข้อมูลผลผลิตของผักกาดหัวในแปลงผัก 1 (น้ำ CW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
GWps	3953.8	2190.2
CW	5568.0	1536.0
Sed.CW	4419.6	3256.9
LSD (0.05)	1301.9	1031.3
CV (%)	12.35	19.54

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

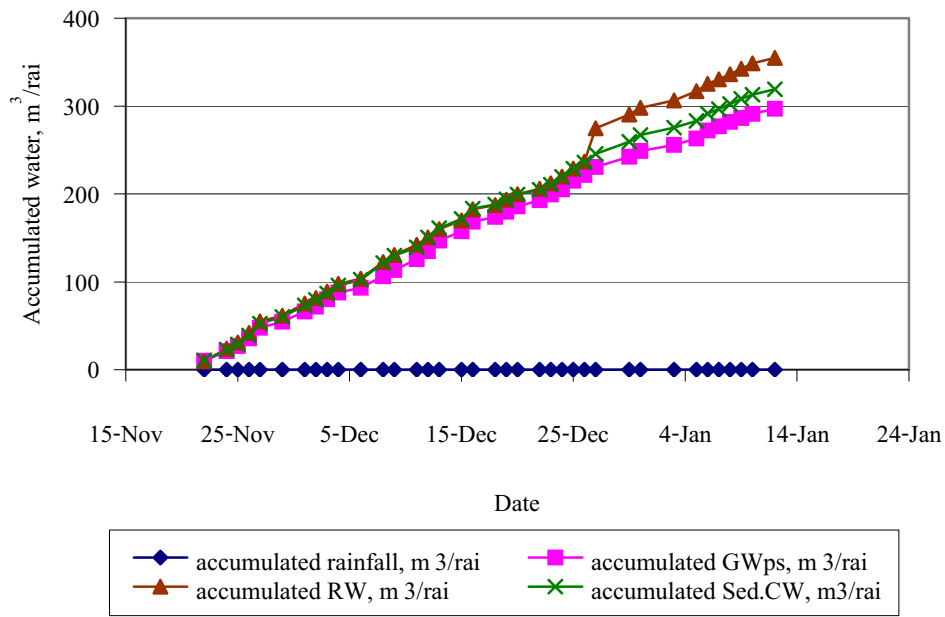
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักกาดหัวครั้งที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผักกาดหัวที่ปลูกด้วยน้ำ CW ให้ผลผลิตสูงสุด 5568.0 กก./ไร่ และผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักกาดหัวครั้งที่ 2 ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยผักกาดหัวที่ปลูกด้วยน้ำ Sed.CW ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 3256.9 กก./ไร่ ผลผลิตโดยรวมครั้งที่ 2 ต่ำกว่าการปลูกครั้งที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด

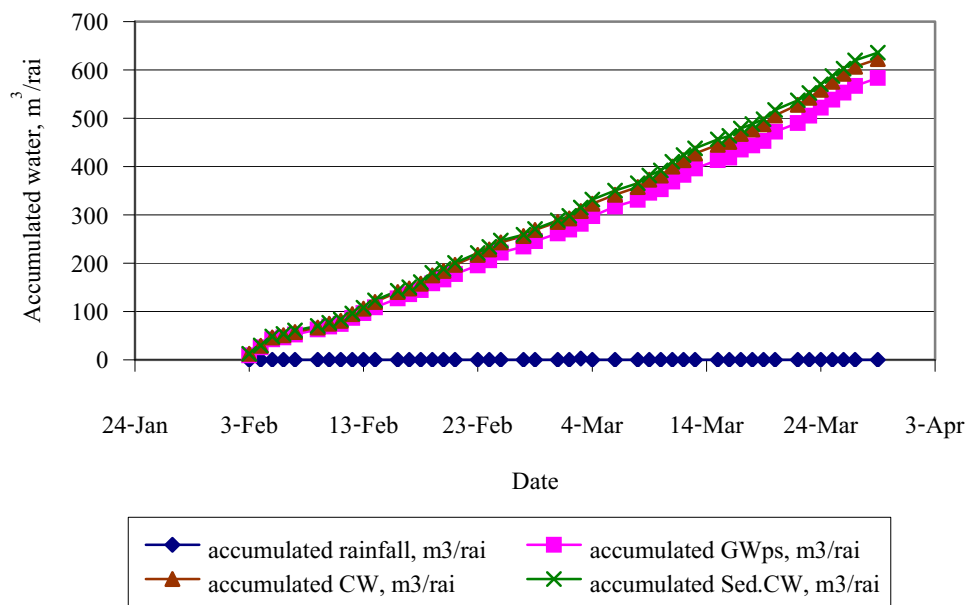
2.2.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดหัวทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-29 และสรุปผลในตารางที่ 2-24



ก. ครั้งที่ 1 (22 พฤศจิกายน 2546 – 13 มกราคม 2547)



ข. ครั้งที่ 2 (3 กุมภาพันธ์ – 29 มีนาคม 2547)

รูปที่ 2-29 การแปรผันปริมาณน้ำรคสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดหัว (น้ำ CW)

ตารางที่ 2-24 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักกาดหัว (น้ำ CW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อ น้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (22 พ.ย. 46 – 13 ม.ค. 47)	GWps	297	0	297	100
	CW	355	0	355	100
	Sed.CW	319	0	319	100
2 (3 ก.พ. – 29 มี.ค. 47)	GWps	583	2	585	99.7
	CW	622	2	624	99.7
	Sed.CW	636	2	638	99.7

การปลูกผักกาดหัวทำในช่วงฤดูหนาว ในการปลูกครั้งที่ 1 ไม่มีฝนตกเลย ส่วนในการปลูกครั้งที่ 2 มีฝนตกเพียง 1 วัน คือในวันที่ 3 มีนาคม 2547 โดยมีปริมาณฝนที่ตกเพียง 2 มม. การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา เมื่อรวมปริมาณน้ำรดและน้ำฝนดังแสดงในตารางที่ 2-24 พบว่า ปริมาณน้ำรดเป็นสัดส่วนใหญ่ของน้ำเข้าแปลงผักกาดหัว

ข) คุณภาพน้ำรด

คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยของการปลูกผักกาดหัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-25 และ 2-26 สำหรับรายละเอียดการแปรผันคุณภาพน้ำรดในดัชนีสำคัญได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-30 ถึง 2-36

จากข้อมูลในรูปดังกล่าวจะเห็นว่าน้ำ CW และ Sed.CW ของการปลูกครั้งที่ 2 มีระดับการปนเปื้อนของซีโอดี บีโอดี เจดาคัลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน ที่สูงกว่าของการปลูกครั้งแรก ในขณะที่น้ำ GWps มีคุณภาพที่ค่อนข้างคงที่และเหมือนกันในการปลูกทั้ง 2 ครั้ง อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีการทางสถิติพบว่า น้ำ CW และ Sed.CW ของการปลูกครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของเจดาคัลไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าของการปลูกครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของสารเจือปนอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในรอบการปลูกเดียวกัน น้ำ CW และ Sed.CW มีคุณภาพที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีสารปนเปื้อนส่วนใหญ่มากกว่าน้ำบาดาลอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่พบว่าน้ำบาดาลมีป็นเปื้อนในระดับที่สูงกว่าของน้ำ CW และ Sed.CW

ตารางที่ 2-25 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 1 (น้ำ CW)

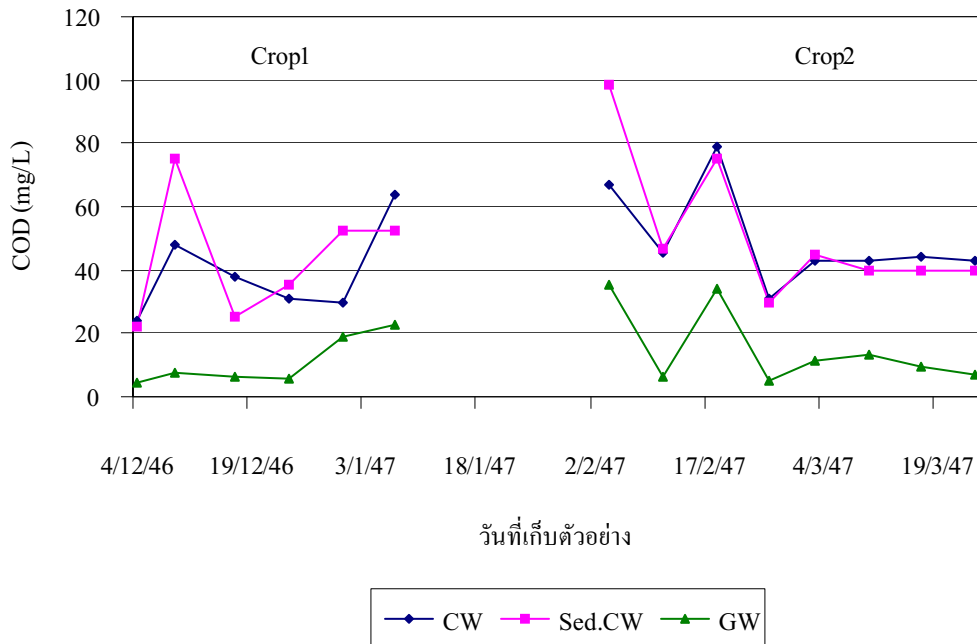
ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	7.25-8.18	7.18-8.28	5.69-8.10
	ave $\pm$ s	7.70 $\pm$ 0.36	7.68 $\pm$ 0.39	6.25 $\pm$ 0.92
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	448-1110	445-1077	732-892
	ave $\pm$ s	707 $\pm$ 285	677 $\pm$ 287	821 $\pm$ 58.8
TDS, มก/ล	min-max	252-362	232-296	332-539
	ave $\pm$ s	299 $\pm$ 38.2	259 $\pm$ 25.2	430 $\pm$ 86.6
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	20.5-41.0	11.8-28.5	-
	ave $\pm$ s	33.6 $\pm$ 9.05	18.0 $\pm$ 5.79	-
COD, มก/ล	min-max	23.9-63.8	22.3-74.9	4.31-22.5
	ave $\pm$ s	39.1 $\pm$ 14.6	43.7 $\pm$ 20.0	10.9 $\pm$ 7.69
BOD, มก/ล	min-max	7.09-13.9	6.30-13.9	0.39-1.26
	ave $\pm$ s	10.1 $\pm$ 2.82	9.24 $\pm$ 2.75	0.83 $\pm$ 0.37
TP, มก/ล	min-max	1.08-1.40	0.40-1.10	0.031-0.20
	ave $\pm$ s	1.24 $\pm$ 0.11	0.84 $\pm$ 0.27	0.11 $\pm$ 0.077
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.09-12.2	0.01-4.60	0-0.22
	ave $\pm$ s	3.4 $\pm$ 4.91	1.14 $\pm$ 1.75	0.08 $\pm$ 0.10
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	5.49-12.7	6.44-14.1	0.06-0.18
	ave $\pm$ s	9.14 $\pm$ 3.35	9.99 $\pm$ 2.78	0.11 $\pm$ 0.04
TKN, มก/ล	min-max	7.28-13.6	8.57-14.4	0.17-0.52
	ave $\pm$ s	10.6 $\pm$ 2.78	11.4 $\pm$ 2.48	0.30 $\pm$ 0.13
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	200,000-9,000,000	80,000-5,000,000	<2-50
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	70,000-3,000,000	20,000-700,000	<2-<2

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง

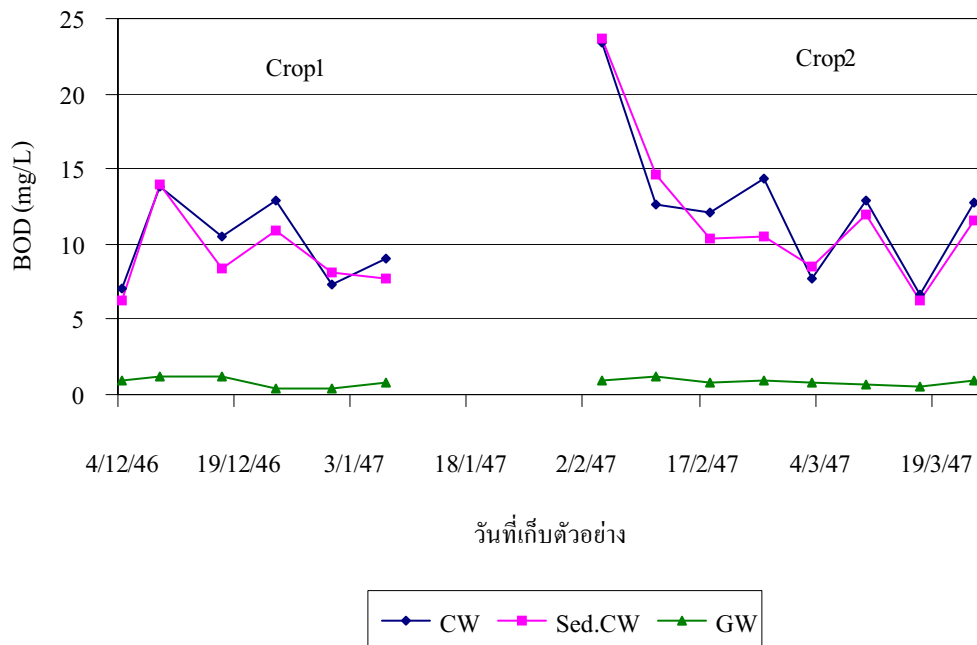
ตารางที่ 2-26 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 2 (น้ำ CW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	7.32-8.05	6.87-8.18	5.46-7.97
	ave $\pm$ s	7.66 $\pm$ 0.29	7.66 $\pm$ 0.44	6.47 $\pm$ 0.80
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	516-652	395-580	542-725
	ave $\pm$ s	550 $\pm$ 46.9	513 $\pm$ 53.1	620 $\pm$ 67.1
TDS, มก/ล	min-max	208-408	162-332	372-701
	ave $\pm$ s	314 $\pm$ 67.2	280 $\pm$ 57.7	476 $\pm$ 99.8
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	10.7-40.2	5.20-27.6	-
	ave $\pm$ s	25.9 $\pm$ 9.34	15.1 $\pm$ 7.37	-
COD, มก/ล	min-max	30.9-79.0	29.6-98.7	5.20-35.5
	ave $\pm$ s	49.4 $\pm$ 15.6	51.8 $\pm$ 23.2	15.3 $\pm$ 12.3
BOD, มก/ล	min-max	6.70-23.4	6.30-23.7	0.58-1.20
	ave $\pm$ s	12.8 $\pm$ 5.05	12.2 $\pm$ 5.25	0.85 $\pm$ 0.19
TP, มก/ล	min-max	0.73-0.96	0.52-0.87	0.076-0.18
	ave $\pm$ s	0.80 $\pm$ 0.077	0.67 $\pm$ 0.12	0.13 $\pm$ 0.038
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.031-21.4	0.021-21.8	0.014-0.13
	ave $\pm$ s	2.85 $\pm$ 7.50	2.84 $\pm$ 7.66	0.046 $\pm$ 0.043
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	11.9-16.6	11.3-15.4	0-0.16
	ave $\pm$ s	13.7 $\pm$ 18.3	12.5 $\pm$ 1.23	0.085 $\pm$ 0.050
TKN, มก/ล	min-max	13.8-18.4	12.7-16.3	0.03-0.36
	ave $\pm$ s	15.7 $\pm$ 1.60	14.3 $\pm$ 1.39	0.25 $\pm$ 0.11
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	130,000-16,000,000	80,000-16,000,000	<2-240
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	80,000-9,000,000	40,000-9,000,000	<2-240

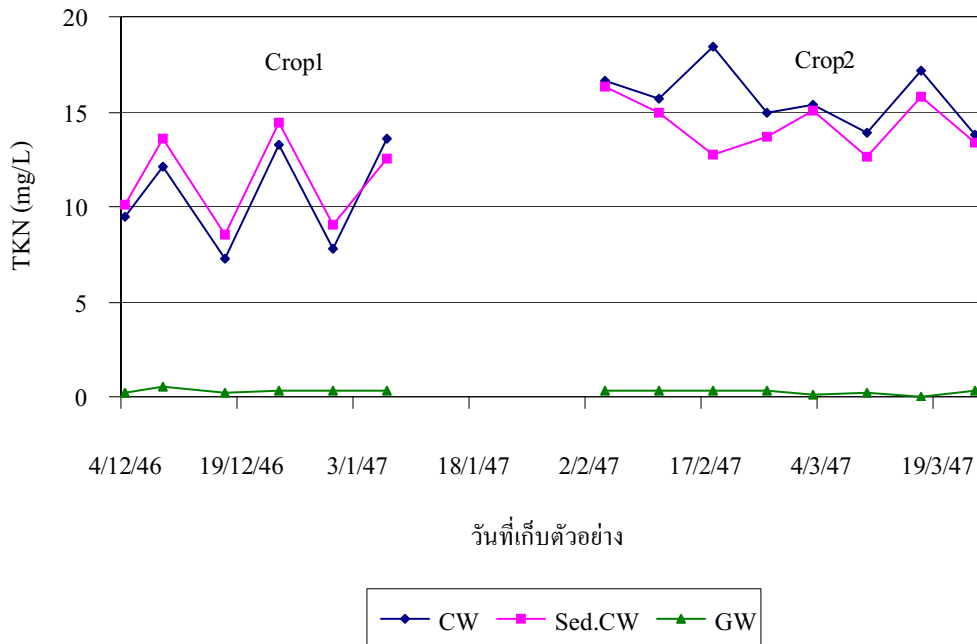
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง



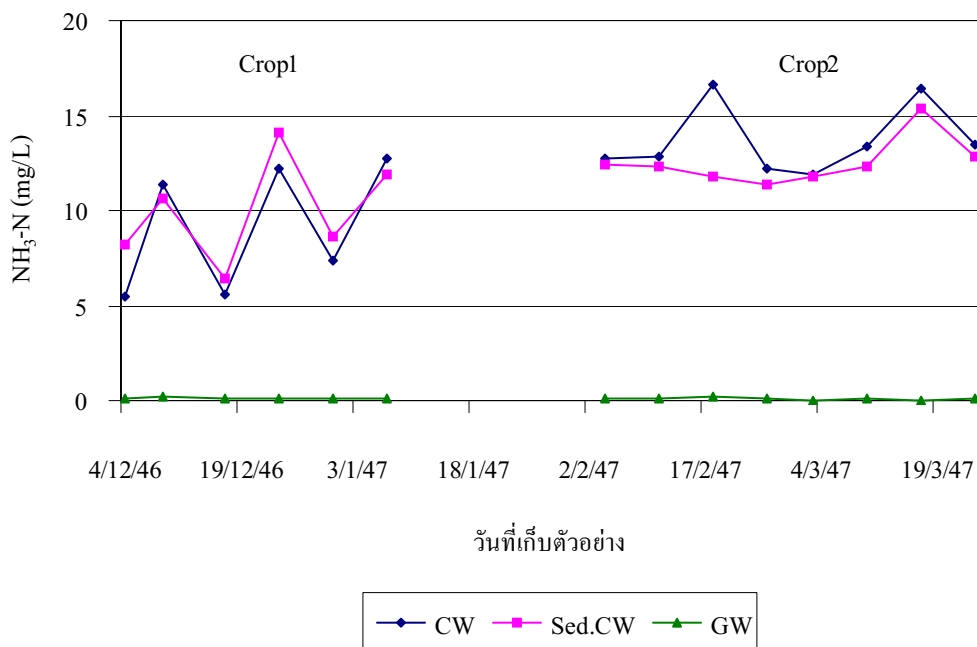
รูปที่ 2-30 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW



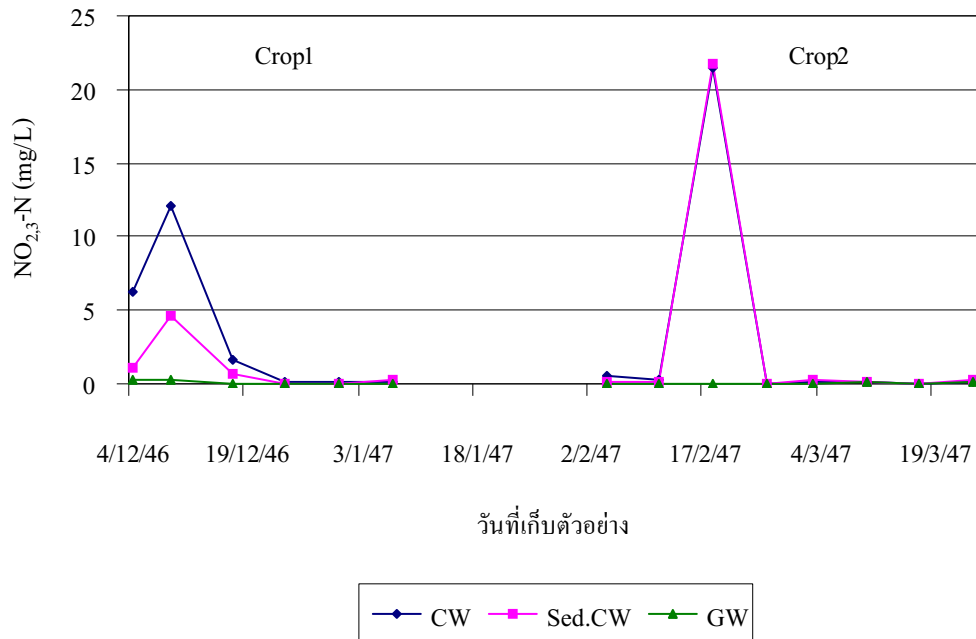
รูปที่ 2-31 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW



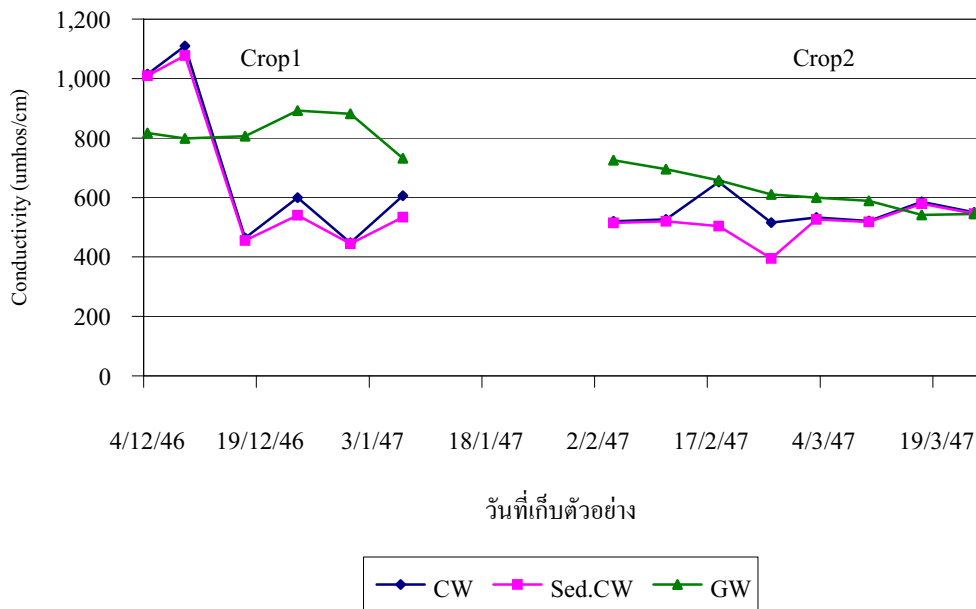
รูปที่ 2-32 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW



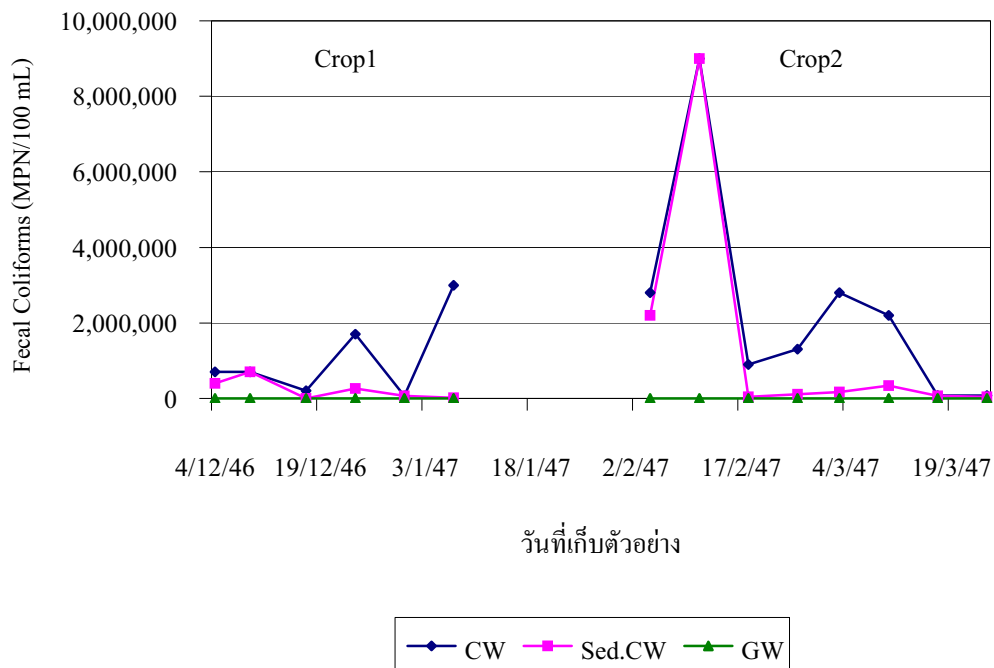
รูปที่ 2-33 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW



รูปที่ 2-34 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW



รูปที่ 2-35 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW



รูปที่ 2-36 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-CW

2.2.4.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 ซม.) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงผักกาดหัวทั้ง 2 ครั้งได้แสดงในตารางที่ 2-27

ตารางที่ 2-27 คุณสมบัติทางเคมีของดินในแปลงผักกาดหัว (น้ำ CW)

ปลูก ครั้งที่	ตัวอย่าง ดินจาก แปลง ที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	6.30	6.10	2.50	1.52	0.13	0.08	66.0	95.0	134.0	49.0
	CW	6.10	6.30	1.66	1.25	0.08	0.06	38.0	214.0	149.0	94.0
	Sed.CW	6.00	5.30	1.66	2.29	0.08	0.11	37.0	67.0	147.0	128.0
2	GWps	6.10	4.80	1.52	2.28	0.08	0.11	95.0	174.0	49.0	200.0
	CW	6.30	5.40	1.25	1.83	0.06	0.09	214.0	72.0	94.0	144.0
	Sed.CW	5.30	5.60	2.29	1.72	0.11	0.09	67.0	72.0	128.0	137.0

แปลงที่ใช้เพาะปลูกมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในการปลูกครั้งที่ 1 ก่อนการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกลาง หลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกลาง ยกเว้นในแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH ที่ 5.30 สำหรับอินทรีย์วัตถุ (OM) ก่อนปลูกในแปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นในแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกแปลงที่รดโดยน้ำ GWps อยู่ในระดับสูงมาก ขณะที่ในแปลงที่ใช้น้ำ CW และ Sed.CW อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง หลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นทุกแปลง อยู่ในระดับสูงมาก สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินก่อนปลูกในแปลงที่ใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนหลังการเพาะปลูกมีปริมาณโพแทสเซียมลดลงอยู่ในระดับต่ำในแปลงที่ใช้น้ำ GWps อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงในแปลง CW และอยู่ในระดับสูงมากในแปลง Sed.CW สำหรับไนโตรเจนมีค่าลดลงหลังปลูก ยกเว้นแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW

ในการปลูกครั้งที่ 2 แปลงที่ใช้น้ำ GWps และ CW หลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูงและกรดปานกลาง ตามลำดับ ส่วนในแปลง Sed.CW หลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ของแปลงที่ใช้น้ำ GWps และ CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนแปลง Sed.CW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงเล็กน้อยอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกอยู่ในระดับสูงมาก หลังการเพาะปลูกปริมาณ

ฟอสฟอรัสก็อยู่ในระดับสูงมาก มีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นแปลงที่รดด้วยน้ำ CW มีค่าลดลง สำหรับ โพแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเพาะปลูกมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูงมากทุกชนิดการใช้น้ำ และไนโตรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps และ CW

2.2.5 สรุปผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)

ในการวิจัยระยะแรก (มกราคม 2546 - มิถุนายน 2547) เทศบาลนครเชียงใหม่ซ่อมท่อคักน้ำเสีย (interceptor) ที่ไหลลงบ่อสูบ P10 (บ่อสูบสุดท้ายก่อนสูบน้ำไประบบบำบัดน้ำเสีย) ระหว่างซ่อมท่อ ผู้รับเหมาได้สูบน้ำเสียบริเวณก่อสร้างไปยังบ่อสูบ P10 เป็นครั้งคราว (มีนาคม-ตุลาคม 2546) น้ำเสียที่ผ่านไปยังบ่อสูบ P10 มีน้อยและตกตะกอนในเส้นท่อ จึงมีระดับการปนเปื้อนต่ำกว่าน้ำเสีย RW ของเทศบาลที่เกิดจริง ช่วงหลัง ๆ ของการซ่อมท่อ (พฤศจิกายน 2546 - มิถุนายน 2547) ไม่มีการสูบน้ำเสียผ่านท่อคักน้ำเสียอีก (ไม่มีน้ำเข้าบ่อสูบ P10) โครงการวิจัยฯ ได้สูบน้ำจากคลองแม่ข่า (ซึ่งเทศบาลได้ผันน้ำ RW ลงทิ้งในคลองระหว่างซ่อมท่อ) มาใช้ทดลอง ช่วงวิจัยระยะนี้จึงถือว่าน้ำที่ใช้ปลูกผักเป็นน้ำสกปรก (CW) ไม่ใช่ น้ำเสีย (RW) การเพาะปลูกระยะแรกนี้ทำเพิ่มเติมจากแผนการวิจัยเดิมที่เสนอกับ สกว.

- ในการเพาะปลูกได้ลดการใช้น้ำในแปลงที่รดด้วยน้ำ CW, Sed.CW, GWps ตามปริมาณไนโตรเจนที่ประเมินว่ามีในน้ำรด เนื่องจากปริมาณน้ำรดไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณน้ำฝนในช่วงทดลอง ไนโตรเจนที่เติมในแปลงผักทั้ง 3 กลุ่มจึงแตกต่างกันบ้างตามฤดูปลูก

- ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวมในการปลูกผักต่าง ๆ มีดังนี้ ผักคะน้า (ปลูก 3 ครั้ง) 36.0-69.4% กะหล่ำดอก (ปลูก 2 ครั้ง) 66.5-78.4% ผักกาดขาวปลี (ปลูก 2 ครั้ง) 81.9-100% ผักกาดหัว (ปลูก 2 ครั้ง) 99.7-100%

- ผลการปลูกผักคะน้า 3 ครั้ง ผลผลิต มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ในการปลูกครั้งที่ 1 โดยผักในแปลงที่รดด้วยน้ำ CW มีผลผลิตต่ำ ในการปลูกครั้งที่ 2 และ 3 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ การปลูกกะหล่ำดอก 2 ครั้ง มีความแตกต่างในทางสถิติของผลผลิตก่อนตัดแต่งในการปลูกครั้งที่ 1 ในแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW มีผลผลิตต่ำ การปลูกครั้งที่ 2 ผลผลิตไม่แตกต่างในทางสถิติ การปลูกครั้งที่ 1 ของผักคะน้าและกะหล่ำดอกเป็นการปลูกในแปลงผักครั้งแรก อาจมีปัจจัยเกี่ยวกับการปรับตัวของพืชต่อดินปลูกด้วย ผลผลิตจากการปลูกผักกาดขาวปลี 3 ครั้ง ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติของน้ำรด 3 ชนิด แต่ในการปลูกผักกาดหัว 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 มีความแตกต่างในแปลงที่รดด้วยน้ำ CW มีผลผลิตสูง และในครั้งที่ 2 มีความแตกต่างในแปลงที่ใช้น้ำ Sed.CW มีผลผลิตสูง โดยสรุปการใช้น้ำ CW, Sed.CW ปลูกผัก ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้น้ำ GWps (ที่ใส่ปุ๋ยตามอัตราปกติ) ยกเว้นการปลูกผักกาดหัวที่น้ำ CW, Sed.CW ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง

- คุณภาพน้ำ GWps มีระดับการปนเปื้อนสารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่ต่ำกว่าน้ำ CW, Sed.CW อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่า น้ำGWps มีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ ระดับการปนเปื้อนของน้ำ Sed.CW จะต่ำกว่าน้ำ CW เล็กน้อย และการแปรผันของคุณภาพน้ำ CW, Sed.CW มีเล็กน้อยตลอดช่วงการปลูกผักต่าง ๆ

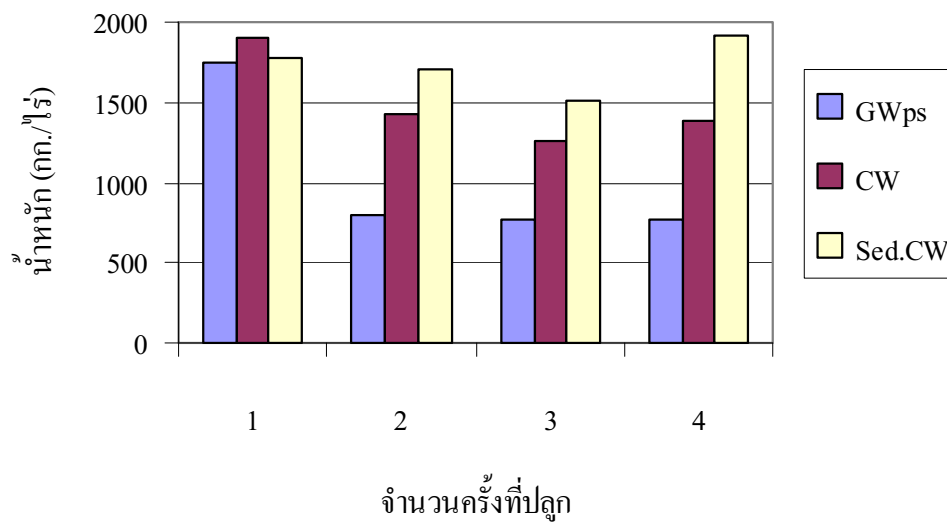
- การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรีย์วัตถุ) ก่อนและหลังการปลูกไม่มีรูปแบบแน่นอน มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในการใช้น้ำ 3 ชนิด ในการปลูกผัก 4 ประเภท มีการใช้ปุ๋ยต่างกัน ช่วงเวลาใส่ปุ๋ยต่างกัน ซึ่งมีผลต่อธาตุอาหารในดิน สำหรับ pH ของดินส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาระหว่างการใช้น้ำ GWps และน้ำ CW, Sed.CW เพาะปลูก ก็พบว่าไม่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของธาตุอาหารในดินจากแปลงปลูกทั้ง 3 กลุ่ม

2.3 ผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำเสีย (RW)

2.3.1 ผักคะน้า (น้ำ RW)

2.3.1.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกผักคะน้าในแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำ GWps, RW, PE ได้ทดลอง 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในปี พ.ศ. 2547 ครั้งที่ 2-4 เป็นการปลูกต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2548 ผลผลิตได้สรุปดังรูปที่ 2-37 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-28



รูปที่ 2-37 ผลผลิตเฉลี่ยผักคะน้าแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-28 ข้อมูลผลผลิตของกะน้ำในแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
GWps	1747.6	800.0	768.7	768.0
RW	1902.2	1425.8	1253.0	1377.8
PE	1779.6	1712.0	1516.4	1914.7
LSD (0.05)	NS	467.74	432.35	680.78
CV (%)	5.32	15.73	16.17	22.19

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

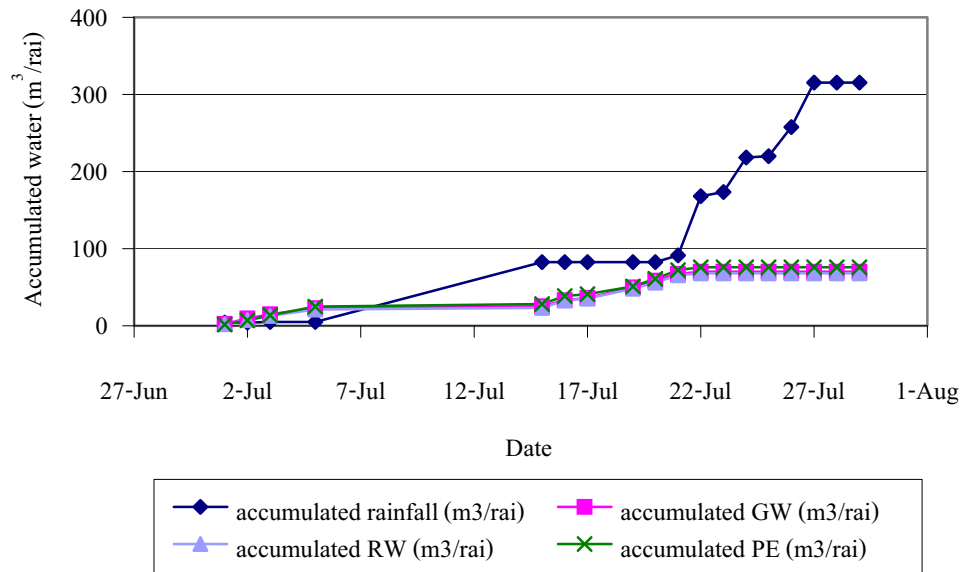
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักกะน้ำครั้งที่ 1 พบว่า ผักกะน้ำที่ปลูกโดยใช้น้ำ RW ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 1902.2 กก./ไร่ ผักกะน้ำที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps ให้ผลผลิตต่ำที่สุดคือ 1747.6 กก./ไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และในการปลูกครั้งที่ 2-4 พบว่าผักกะน้ำที่ปลูกโดยน้ำ PE และ RW ให้ผลผลิตเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่ากะน้ำที่ปลูกด้วยน้ำ GWps อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

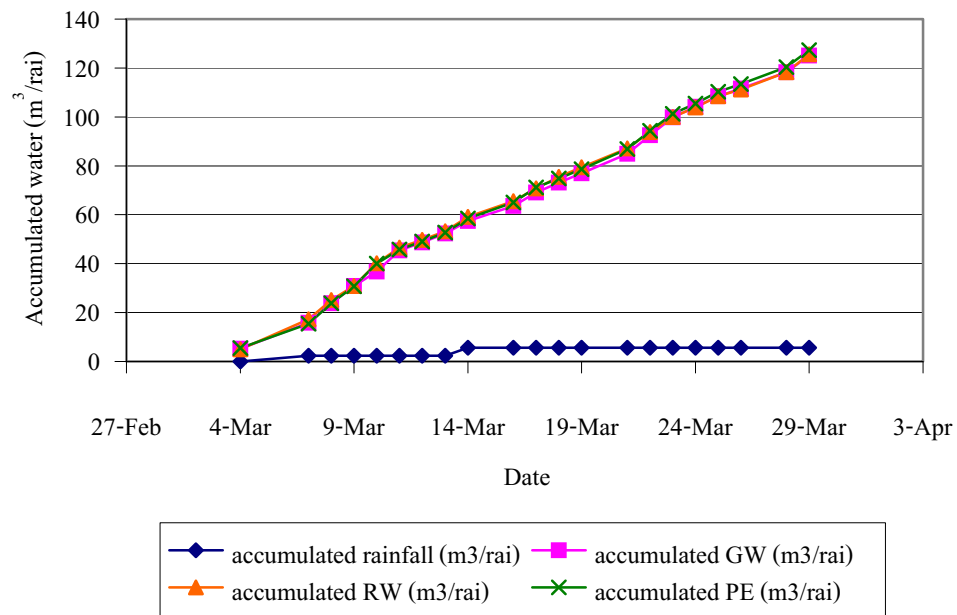
2.3.1.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

การแปรผันปริมาณน้ำระเหยและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกะน้ำทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-38 และตารางที่ 2-29

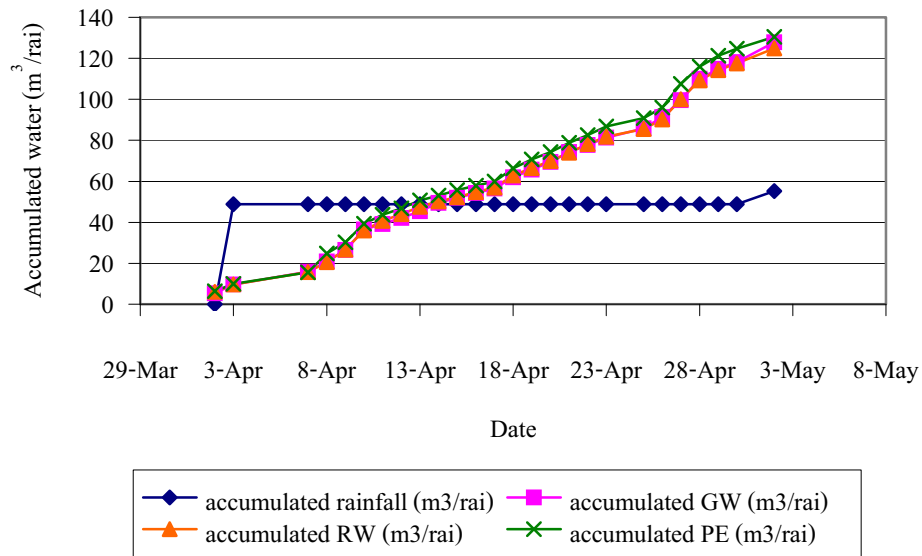


ก. ครั้งที่ 1 (1-29 กรกฎาคม 2547)

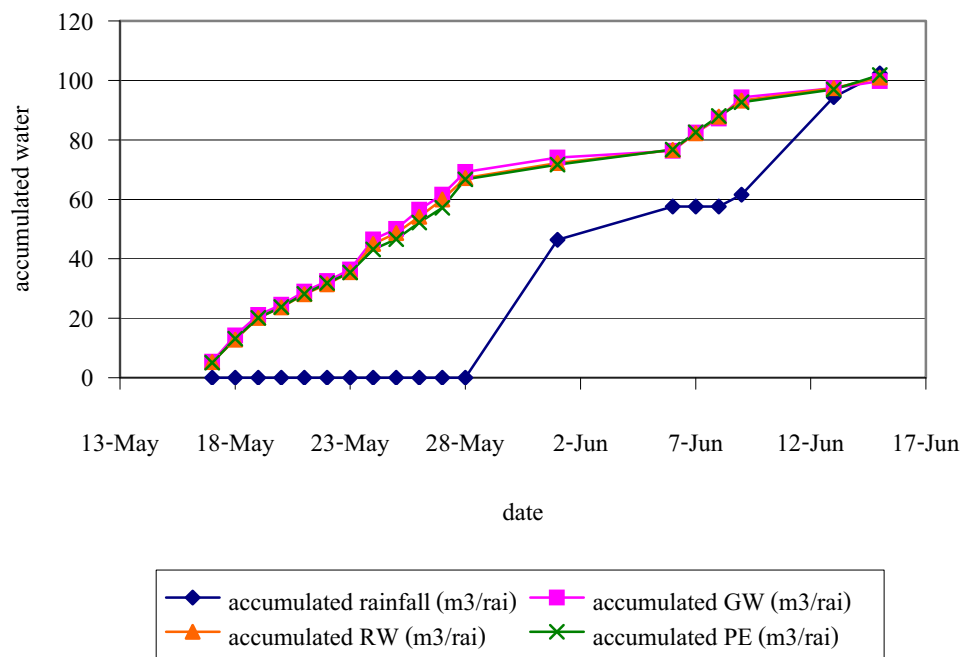


ข. ครั้งที่ 2 (3-30 มีนาคม 2548)

รูปที่ 2-38 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักคะน้า (น้ำ RW)



ค. ครั้งที่ 3 (1 เมษายน - 3 พฤษภาคม 2548)



ง. ครั้งที่ 4 (16 พฤษภาคม - 16 มิถุนายน 2548)

รูปที่ 2-38 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักคะน้า (น้ำ RW) (ต่อ)

ตารางที่ 2-29 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักคะน้า (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (1-29 ก.ค. 47)	GWps	70	315	385	18.2
	RW	68	315	383	17.8
	PE	76	315	391	19.4
2 (3-30 มี.ค. 48)	GWps	125	5.6	130.6	95.7
	RW	126	5.6	131.6	95.7
	PE	127	5.6	132.6	95.8
3 (1 เม.ย. - 3 พ.ค. 48)	GWps	128	55.2	183.2	69.9
	RW	125	55.2	180.2	69.4
	PE	130	55.2	185.2	70.2
4 (16 พ.ค. - 16 มิ.ย. 48)	GWps	99.7	102.4	183.2	49.3
	RW	100.9	102.4	180.2	49.6
	PE	101.8	102.4	185.2	49.9

ในการเพาะปลูกครั้งที่ 1 เป็นช่วงฤดูฝนเดือนกรกฎาคม 2547 พบว่ามีฝนตก 16 วัน โดยมีปริมาณฝนที่ตกรวม 175 มม. สำหรับการเพาะปลูกครั้งที่ 2 และ 3 เป็นฤดูร้อน มีฝนค่อนข้างน้อย และการเพาะปลูกครั้งที่ 4 เป็นฤดูฝน มีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงกลางของการเพาะปลูก การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา เมื่อรวมปริมาณน้ำรดและน้ำฝนดังแสดงในตารางที่ 2-29 พบว่า ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวมแปรผันมากในการเพาะปลูกทั้ง 4 ครั้ง โดยมีค่าต่ำสุดในการเพาะปลูกครั้งที่ 1 และสูงสุดในการเพาะปลูกครั้งที่ 2

ข) คุณภาพน้ำรด

ผลการตรวจคุณภาพน้ำรดที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-30 ถึง 2-33 สำหรับการแปรผันคุณภาพน้ำรดในช่วงที่ทำการเพาะปลูกได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-39 ถึง 2-45

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าในทุกรอบของการเพาะปลูก น้ำรด RW มีสารปนเปื้อนสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำ PE โดยน้ำ PE มีสารเจือปนทุกตัวต่ำกว่าของน้ำ RW เพียงเล็กน้อย และผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีการทางสถิติก็ยืนยันว่าน้ำรด RW และ PE มีคุณภาพโดยเฉลี่ย (ยกเว้นสารแวนิลอย) ที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในส่วนของน้ำบาดาลพบว่ามีสารปนเปื้อนโดยเฉลี่ยทุกตัวต่ำกว่าของน้ำรดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่กลับมีค่าสูงกว่าน้ำรดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกัน

หากทำการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำรดชนิดเดียวกันในแต่ละรอบการปลูกพบว่า น้ำรด RW และ PE ของการปลูกผักคะน้าครั้งแรกมีระดับการปนเปื้อนของซีโอดี เจดาคัลไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าของรอบการปลูกอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ารอบการปลูกอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่สารปนเปื้อนอื่น ๆ พบว่ามีระดับการปนเปื้อนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในทุกรอบของการปลูก (ยกเว้นไนโตรเจนในเตรทไนเตรทของรอบการปลูกที่ 4 ที่มีค่าสูงกว่าของรอบการปลูกอื่น ๆ) สำหรับน้ำบาดาลนั้นพบว่ามีคุณภาพค่อนข้างคงที่ ไม่แปรปรวนมากเหมือนน้ำ RW และ PE โดยจากการตรวจวัดพบว่า มีคุณภาพดี มีสารปนเปื้อนทุกตัวอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้าและของแข็งละลายที่สูงกว่าน้ำรดชนิดอื่น ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.2.1.2 (ข) และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติพบว่า น้ำบาดาลมีคุณภาพส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันในแต่ละรอบของการปลูกที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อนึ่ง น้ำ RW ที่นำมาใช้เป็นน้ำรดในการศึกษานี้มีระดับการปนเปื้อนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับน้ำเสียชุมชนทั่ว ๆ ไป โดยมีระดับการปนเปื้อนใกล้เคียงกับของน้ำ PE โดยสามารถสังเกตได้จากระดับการปนเปื้อนของบีโอดีซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 12.3 มก/ล และบีโอดีสูงสุดที่พบตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษามีค่าเพียง 11.4 มก/ล ระดับการปนเปื้อนของเจดาคัลไนโตรเจนส่วนใหญ่มีค่าไม่เกิน 5 มก/ล (ยกเว้นของรอบการปลูกที่ 1) นอกจากนี้ระดับการปนเปื้อนของสารเจือปนตัวอื่น ๆ ส่วนใหญ่ก็มีค่าที่ไม่แตกต่างจากของน้ำ PE ด้วย

ตารางที่ 2-30 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.18-7.42	7.32-7.53	5.62-5.86
	ave	7.33	7.44	5.77
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	360-543	336-535	302-609
	ave	454	430	478
TDS, มก/ล	min-max	295-637	232-608	421-641
	ave	431	358	498
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	21.5-64.0	15.6-38.7	-
	ave	42.9	23.7	-
COD, มก/ล	min-max	32.8-62.5	25.6-55.3	3.98-7.14
	ave	49.4	36.4	5.04
BOD, มก/ล	min-max	9.14-13.1	8.22-9.02	0.29-0.65
	ave	11.3	8.75	0.45
TP, มก/ล	min-max	0.26-0.47	0.21-0.26	0.01-0.03
	ave	0.35	0.24	0.02
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.09-0.34	0.06-0.16	0.003-0.05
	ave	0.25	0.10	0.024
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	4.50-8.36	3.73-7.08	0.01-0.03
	ave	7.03	5.65	0.02
TKN, มก/ล	min-max	10.3-17.5	8.38-13.0	0.02-0.09
	ave	14.6	11.1	0.05
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,300,000-2,200,000	700,000-1,700,000	11-30
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	400,000-700,000	230,000-400,000	2-13

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง

ตารางที่ 2-31 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.11-7.53	6.96-7.89	5.64-7.12
	ave $\pm$ s	7.23 $\pm$ 0.20	7.22 $\pm$ 0.45	6.07 $\pm$ 0.70
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	214-232	226-254	377-612
	ave $\pm$ s	225 $\pm$ 8.30	236 $\pm$ 12.4	508 $\pm$ 99.1
TDS, มก/ล	min-max	130-149	123-163	240-404
	ave $\pm$ s	141 $\pm$ 8.16	142 $\pm$ 17.0	328 $\pm$ 74.7
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	14.0-44.2	14.6-22.4	-
	ave $\pm$ s	28.8 $\pm$ 14.2	17.6 $\pm$ 3.67	-
COD, มก/ล	min-max	13.0-20.4	11.3-16.6	2.42-8.32
	ave $\pm$ s	17.0 $\pm$ 3.64	14.0 $\pm$ 2.62	4.47 $\pm$ 2.68
BOD, มก/ล	min-max	5.03-14.7	2.53-10.3	0.13-0.94
	ave $\pm$ s	8.21 $\pm$ 4.39	5.38 $\pm$ 3.39	0.38 $\pm$ 0.38
TP, มก/ล	min-max	0.19-0.35	0.20-0.28	0.01-0.10
	ave $\pm$ s	0.27 $\pm$ 0.06	0.23 $\pm$ 0.04	0.07 $\pm$ 0.04
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.55-1.52	0.52-1.37	0.01-0.09
	ave $\pm$ s	1.05 $\pm$ 0.47	0.99 $\pm$ 0.43	0.04 $\pm$ 0.04
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	1.13-1.90	0.51-1.84	0.10-0.16
	ave $\pm$ s	1.49 $\pm$ 0.32	1.27 $\pm$ 0.55	0.13 $\pm$ 0.03
TKN, มก/ล	min-max	1.44-3.22	1.30-2.94	0.14-0.16
	ave $\pm$ s	2.05 $\pm$ 0.81	1.97 $\pm$ 0.70	0.15 $\pm$ 0.01
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	130,000-230,000	20,000-300,000	<2-26
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	130,000-230,000	20,000-270,000	<2-17

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง

ตารางที่ 2-32 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 3 (น้ำ RW)

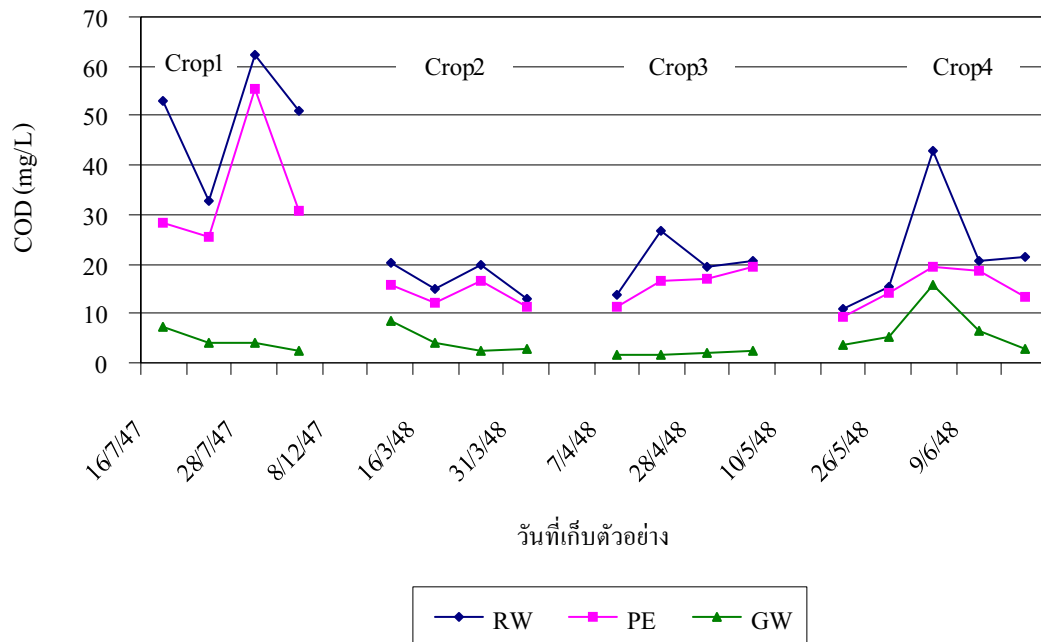
ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.16-7.53	7.13-7.85	5.75-6.13
	ave $\pm$ s	7.30 $\pm$ 0.16	7.48 $\pm$ 0.29	5.94 $\pm$ 0.16
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	252-332	260-316	394-778
	ave $\pm$ s	284 $\pm$ 37.8	284 $\pm$ 28.9	529 $\pm$ 176
TDS, มก/ล	min-max	153-172	158-168	237-331
	ave $\pm$ s	163 $\pm$ 7.97	162 $\pm$ 4.50	265 $\pm$ 44.4
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	16.8-64.9	8.90-27.2	-
	ave $\pm$ s	34.0 $\pm$ 21.4	17.3 $\pm$ 7.72	-
COD, มก/ล	min-max	13.7-26.8	11.3-19.6	1.54-2.31
	ave $\pm$ s	20.2 $\pm$ 5.38	16.1 $\pm$ 3.47	1.86 $\pm$ 0.35
BOD, มก/ล	min-max	5.04-23.2	4.32-17.9	0.28-0.76
	ave $\pm$ s	11.4 $\pm$ 8.33	8.10 $\pm$ 6.57	0.53 $\pm$ 0.21
TP, มก/ล	min-max	0.21-0.51	0.14-0.43	0.02-0.07
	ave $\pm$ s	0.32 $\pm$ 0.14	0.26 $\pm$ 0.13	0.04 $\pm$ 0.03
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.17-0.79	0.24-1.44	0.003-0.04
	ave $\pm$ s	0.42 $\pm$ 0.29	0.70 $\pm$ 0.56	0.02 $\pm$ 0.02
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	1.70-3.16	1.19-2.04	0.03-0.11
	ave $\pm$ s	2.32 $\pm$ 0.61	1.68 $\pm$ 0.36	0.06 $\pm$ 0.04
TKN, มก/ล	min-max	3.00-4.75	2.83-3.18	0.06-0.17
	ave $\pm$ s	3.78 $\pm$ 0.72	3.09 $\pm$ 0.17	0.13 $\pm$ 0.05
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20,000-1,300,000	20,000-300,000	<2-2
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20,000-1,300,000	20,000-300,000	<2-2

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง

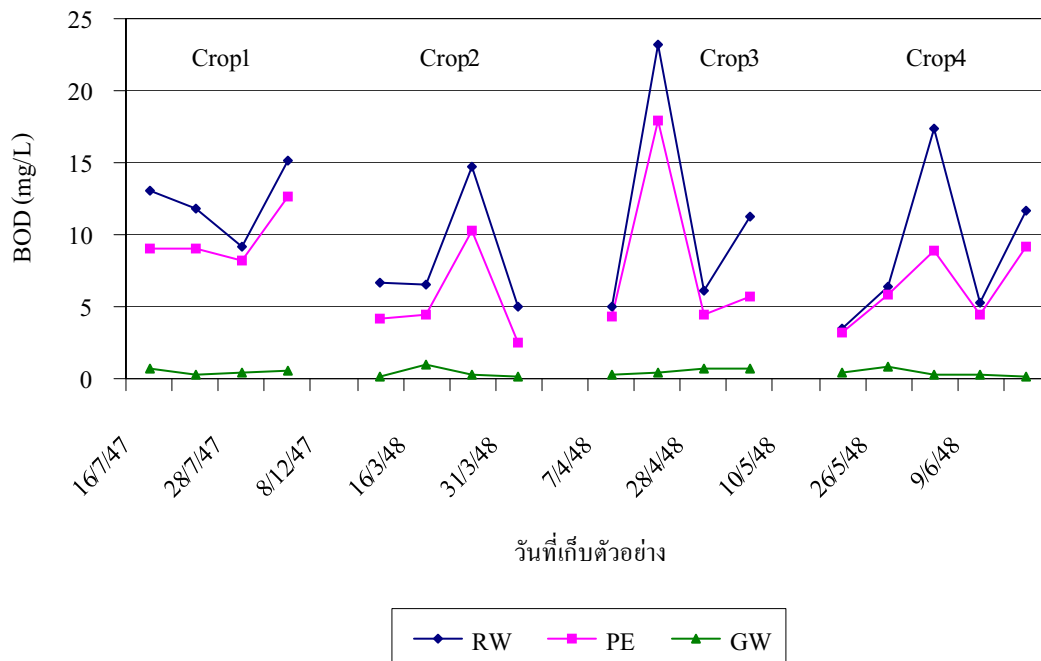
ตารางที่ 2-33 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 4 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	6.93-7.64	6.76-7.73	5.58-7.65
	ave $\pm$ s	7.28 $\pm$ 0.27	7.31 $\pm$ 0.36	6.18 $\pm$ 0.84
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	214-262	214-261	362-621
	ave $\pm$ s	234 $\pm$ 18.3	231 $\pm$ 18.3	525 $\pm$ 105
TDS, มก/ล	min-max	138-236	105-223	339-649
	ave $\pm$ s	183 $\pm$ 35.7	159 $\pm$ 45.4	438 $\pm$ 122
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	29.0-279	17.9-144	-
	ave $\pm$ s	97.7 $\pm$ 104	53.8 $\pm$ 54.2	-
COD, มก/ล	min-max	10.8-42.9	9.37-19.6	2.70-15.9
	ave $\pm$ s	22.2 $\pm$ 12.4	15.1 $\pm$ 4.18	6.82 $\pm$ 5.30
BOD, มก/ล	min-max	3.54-17.4	3.16-9.22	0.20-0.86
	ave $\pm$ s	8.87 $\pm$ 5.63	6.32 $\pm$ 2.66	0.42 $\pm$ 0.26
TP, มก/ล	min-max	0.17-0.24	0.14-0.23	0.01-0.07
	ave $\pm$ s	0.20 $\pm$ 0.03	0.18 $\pm$ 0.03	0.04 $\pm$ 0.03
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.74-2.35	0.40-2.14	0.020-0.16
	ave $\pm$ s	1.73 $\pm$ 0.58	1.49 $\pm$ 0.59	0.098 $\pm$ 0.049
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.61-2.14	0.55-2.11	0.04-0.17
	ave $\pm$ s	1.23 $\pm$ 0.58	1.10 $\pm$ 0.59	0.11 $\pm$ 0.05
TKN, มก/ล	min-max	1.76-3.82	1.58-3.31	0.16-0.21
	ave $\pm$ s	2.61 $\pm$ 0.75	2.24 $\pm$ 0.65	0.19 $\pm$ 0.02
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	90,000-340,000	40,000-270,000	2-23
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	80,000-340,000	20,000-220,000	< 2-13

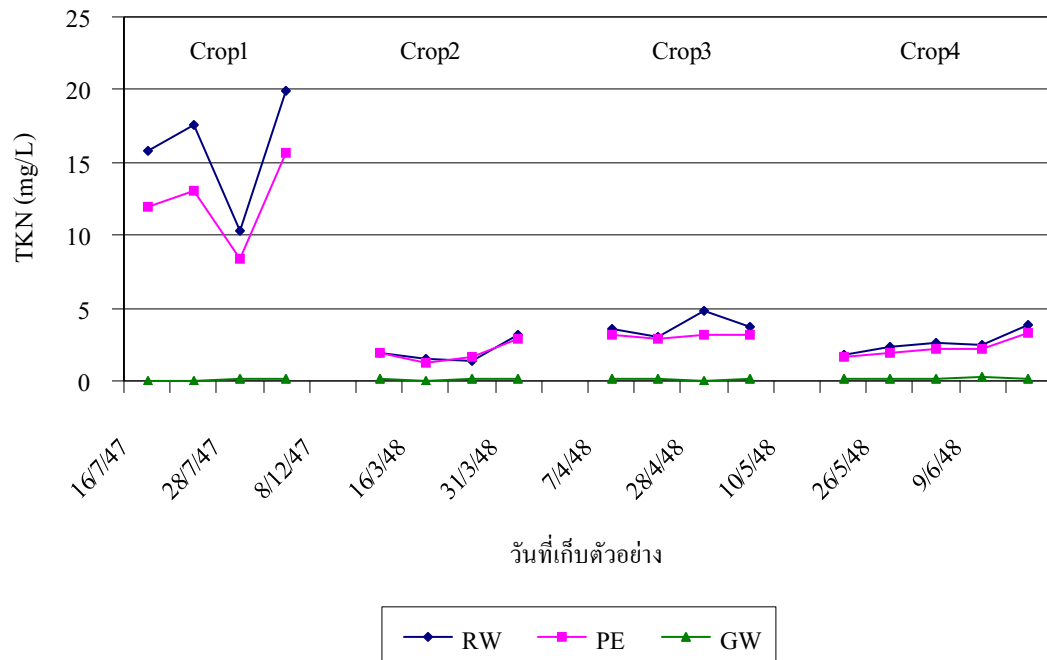
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง



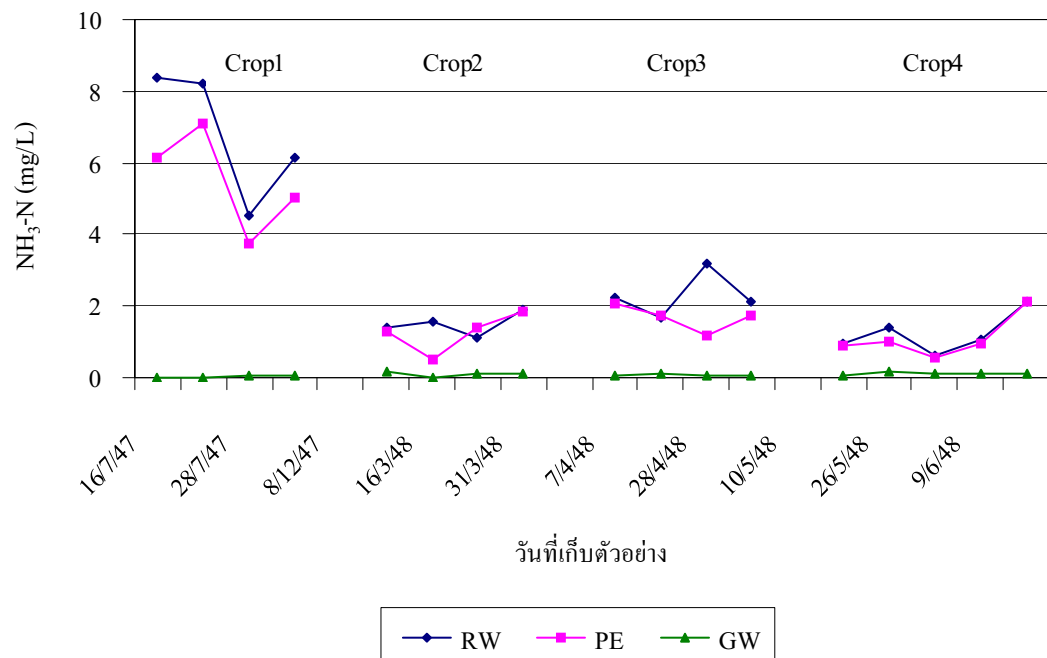
รูปที่ 2-39 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW



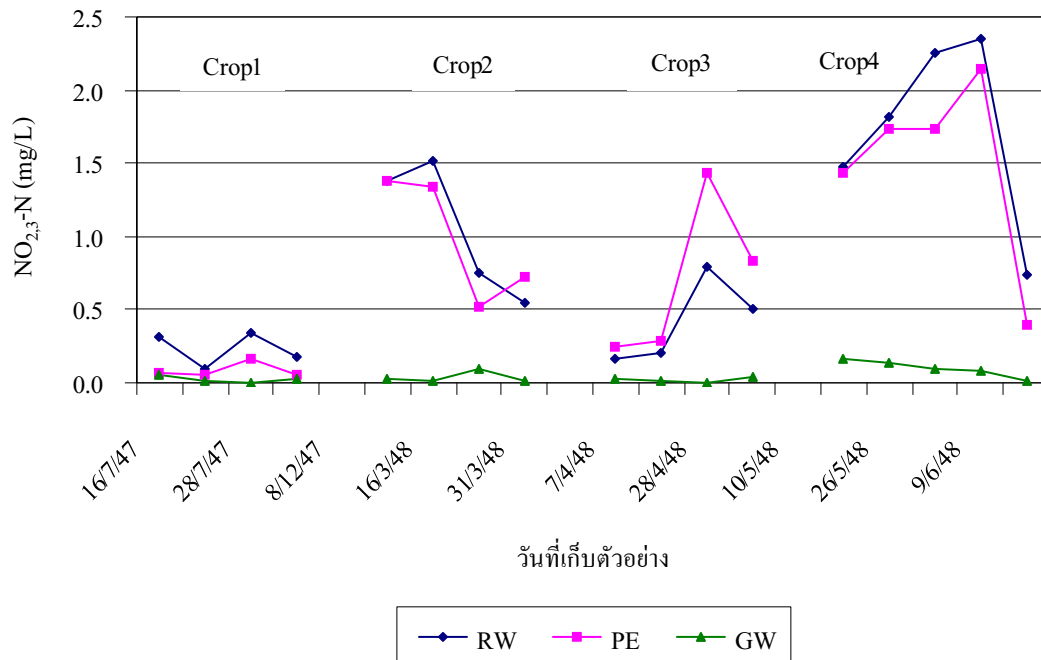
รูปที่ 2-40 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW



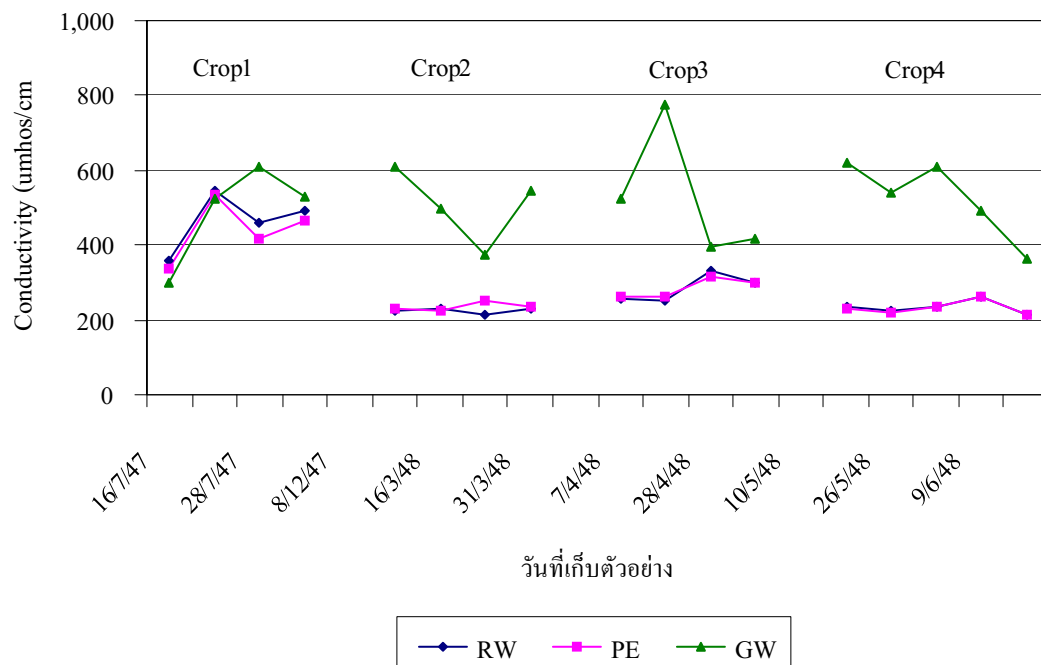
รูปที่ 2-41 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW



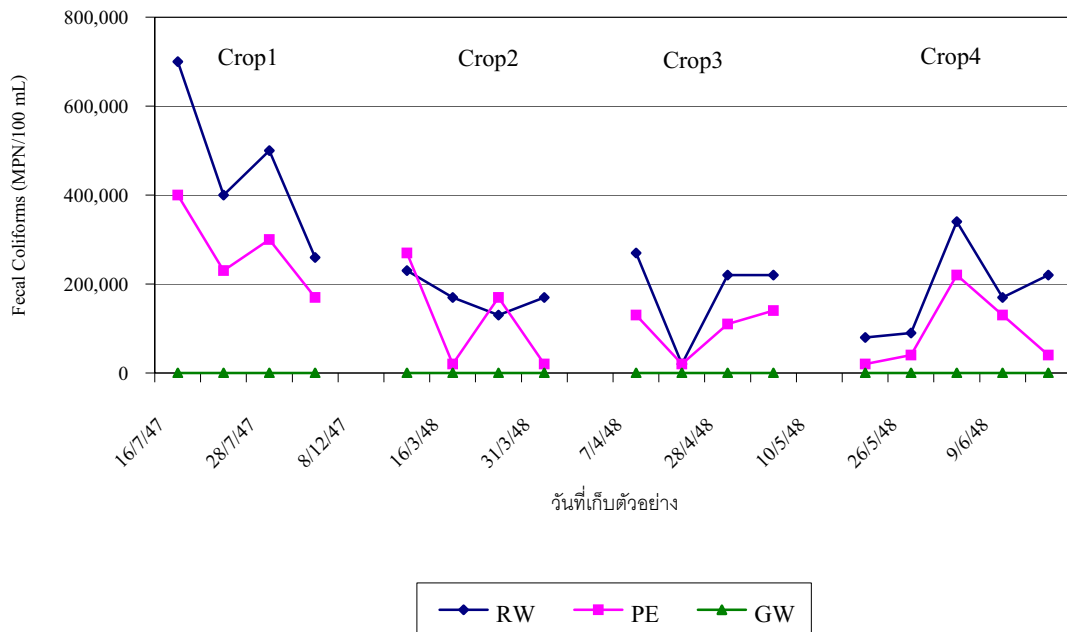
รูปที่ 2-42 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW



รูปที่ 2-43 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW



รูปที่ 2-44 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW



รูปที่ 2-45 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้า-RW

2.3.1.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การสะสมโลหะหนักในดิน

ปริมาณโลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูกผักคะน้าทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-34 ซึ่งจะเห็นว่าในแต่ละรอบการปลูกไม่มีการสะสมของโลหะหนักในดินไม่ว่าจะรดด้วยน้ำชนิดใด นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโลหะหนักในดินปลูกทุกแปลงมีค่าใกล้เคียงกัน และปริมาณโลหะหนักในดินของรอบการปลูกหลัง ๆ ก็มีค่าที่ไม่แตกต่างจากดินที่ใช้ปลูกในรอบการเพาะปลูกก่อนหน้า จึงสรุปได้ว่าการใช้น้ำรด RW และ PE ไม่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนักในดินปลูกเช่นเดียวกับน้ำบาดาล GWps

ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 ซม.) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงผักคะน้าได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-35

ตารางที่ 2-34 โลหะหนักในดินที่ใช้ปลูกผักคะน้า (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	แปลงเพาะปลูก	ปริมาณโลหะหนัก, มก/ก ดินแห้ง			
		แคดเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.086	0.082	0.016
	หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.075	0.022
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.025	0.084	0.020
	หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.078	0.021
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.010	0.063	0.017
	หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.082	0.022
2	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.022	0.066	0.021
	หลังปลูก	< 0.003	0.029	0.054	0.013
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.025	0.073	0.014
	หลังปลูก	< 0.003	0.024	0.070	0.018
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.026	0.072	0.023
	หลังปลูก	< 0.003	0.028	0.075	0.023
3	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.022	0.066	0.021
	หลังปลูก	< 0.003	0.029	0.054	0.013
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.025	0.073	0.014
	หลังปลูก	< 0.003	0.024	0.070	0.018
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.026	0.072	0.023
	หลังปลูก	< 0.003	0.028	0.075	0.023
4	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.022	0.065	0.018
	หลังปลูก	< 0.003	0.017	0.055	0.017
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.022	0.069	0.019
	หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.069	0.023
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.019	0.065	0.017
	หลังปลูก	< 0.003	0.021	0.047	0.023
ค่าความปลอดภัยสูงสุด (Webber และคณะ, 1983)		≧ 0.003	≧ 0.10	≧ 0.10	≧ 0.10

ตารางที่ 2-35 คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดินในแปลงผักคะน้า (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	ตัวอย่างดิน จากแปลง ที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	5.11	4.60	3.29	2.80	0.14	0.14	146.3	206.0	289.5	195.0
	RW	4.60	4.90	3.63	3.05	0.16	0.15	143.1	217.0	340.2	290.0
	PE	4.59	4.80	3.11	2.44	0.14	0.12	133.4	93.0	322.8	194.0
2	GWps	4.90	5.09	2.89	2.98	0.17	0.18	184.6	481.5	209.9	289.2
	RW	4.64	5.58	1.56	2.45	0.20	0.13	391.0	315.1	337.2	153.7
	PE	5.21	5.87	2.59	2.36	0.17	0.14	335.2	295.5	228.1	234.7
3	GWps	5.09	5.44	2.98	2.90	0.18	0.16	481.5	278.0	289.2	212.7
	RW	5.58	6.40	2.45	2.50	0.13	0.14	315.1	250.3	153.7	185.4
	PE	5.87	6.00	2.36	2.31	0.14	0.14	295.5	201.4	234.7	133.4
4	GWps	5.44	5.19	2.90	2.62	0.16	0.15	278.1	263.3	212.7	238.6
	RW	6.40	6.53	2.50	2.13	0.14	0.14	250.3	279.4	185.4	200.1
	PE	6.0	6.18	2.31	2.25	0.14	0.13	201.4	232.1	133.4	158.9

ดินปลูกในแปลงปลูกผักคะน้า มีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในการปลูกครั้งที่ 1 แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 5.11 หลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง มีค่า pH ลดลง ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE ก่อนและหลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง มีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ก่อนการเพาะปลูกแปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ 3.11- 3.63% หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงทุกแปลง มีค่าในระดับ ค่อนข้างสูงในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ RW มีค่าอยู่ในระดับปานกลางในแปลงที่รดโดยน้ำ PE ก่อนและหลังการเพาะปลูกทุกแปลงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก หลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ RW ก่อนและหลังการเพาะปลูกทุกแปลงมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินอยู่ในระดับสูงมาก หลังการเพาะปลูกมีปริมาณ โพแทสเซียมลดลงทุกแปลง สำหรับไนโตรเจนมีค่าลดลงเล็กน้อยหลังปลูก

ในการปลูกครั้งที่ 2 ซึ่งทดลองหลังจากเว้นระยะเพื่อปลูกผักชนิดอื่น ก่อน ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps และ RW ก่อนการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง หลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH เพิ่มขึ้น ส่วนในแปลงที่ใช้น้ำ PE ก่อนและหลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH เพิ่มขึ้นเช่นกัน แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนและหลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ในแปลงที่ใช้น้ำ RW ก่อนและหลังการเพาะปลูก มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลางหลังการปลูกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนในแปลงที่ใช้น้ำ PE ก่อนการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงอยู่ในระดับปานกลาง ทุกแปลงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่สูงมากทั้งก่อนและหลังการปลูก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินก็อยู่ในระดับสูงมาก ทั้งก่อนและหลังการปลูก เช่นกัน

ในการปลูกครั้งที่ 3 เป็นการปลูกต่อเนื่อง หลังการเพาะปลูกดินทุกแปลงมี pH เพิ่มขึ้น แปลงที่ใช้น้ำ GWps และ PE มีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ส่วนแปลงที่ใช้น้ำ RW มีลักษณะเป็นกลาง สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนั้นพบว่าหลังปลูกนั้นมีค่าใกล้เคียงกับก่อนปลูก ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ขณะที่ของแปลง RW และ PE นั้นอยู่ในระดับปานกลาง ทุกแปลงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการปลูกลดลงอยู่ แต่ค่าอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินก็อยู่ในระดับสูงมากหลังการปลูกเช่นกัน สำหรับไนโตรเจนมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหลังปลูก

ในการปลูกครั้งที่ 4 ดินแปลงที่ใช้น้ำ GWps มีค่า pH ลดลง อยู่ในระดับที่เป็นกรดปานกลาง ขณะที่แปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE มี pH เพิ่มขึ้น ลักษณะดินอยู่ในระดับเป็นกลาง อินทรีย์วัตถุในดินหลังปลูกลดลงเล็กน้อย ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps มีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ขณะที่แปลง RW และ PE นั้นอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกแปลงมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมากทั้งก่อนและหลังปลูกโดยมีค่าเพิ่มขึ้นในแปลงที่รดโดยน้ำ RW, PE ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของทั้ง 3 แปลงมีค่าอยู่ในระดับที่สูงมาก โดยมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการ ปลูกสำหรับไนโตรเจนหลังปลูกมีค่าลดลงเล็กน้อย

ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน

จากการตรวจหาพยาธิในดินในแปลงปลูกผักคะน้า ทั้งก่อนการปลูกและหลังการปลูกผักคะน้าจำนวน 4 รอบการปลูก ได้แสดงในตารางที่ 2-36

ตารางที่ 2-36 ผลการตรวจหาพยาธิในดินในแปลงปลูกผักคะน้าก่อนและหลังการปลูก (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	ชนิดน้ำ ที่ใช้	วิธีตรวจ	ผลของพยาธิ/ดิน 100 ก.	
			ก่อนปลูก	หลังปลูก
1	GWps	Sedimentation Method	Neg	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	7 UFLN	60 UFLN
		Baermann's Method	60 UFLN	600 UFLN 40 HW Larva
	PE	Sedimentation Method	200 UFLN	400 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	20 UFLN	74 UFLN
		Baermann's Method	40 UFLN	520 UFLN 100 HW Larva
	RW	Sedimentation Method	Neg	1000 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	40 UFLN	57 UFLN
		Baermann's Method	20 UFLN	1340 UFLN 220 HW Larva
2	GWps	Sedimentation Method	Neg	400 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	17 UFLN	Neg
		Baermann's Method	140 UFLN	260 UFLN
	PE	Sedimentation Method	Neg	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	20 UFLN	18 UFLN
		Baermann's Method	80 UFLN	180 UFLN
	RW	Sedimentation Method	400 UFLN	800 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	3 UFLN	34 UFLN
		Baermann's Method	Neg	340 UFLN, 20 HW Larva

ตารางที่ 2-36 ผลการตรวจหาพยาธิในดินในแปลงปลูกผักคะน้าก่อนและหลังการปลูก (น้ำ RW) (ต่อ)

ปลูก ครั้งที่	ชนิดน้ำ ที่ใช้	วิธีตรวจ	ผลของพยาธิ/ดิน 100 ก.	
			ก่อนปลูก	หลังปลูก
3	GWps	Sedimentation Method	400 UFLN	Neg
		Centrifuge Floatation Method	Neg	13 UFLN
		Baermann's Method	260 UFLN	280 UFLN
	PE	Sedimentation Method	200 UFLN	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	18 UFLN	10 UFLN
		Baermann's Method	180 UFLN	380 UFLN
	RW	Sedimentation Method	800 UFLN	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	34 UFLN	13 UFLN
		Baermann's Method	340 UFLN, 20 HW Larva	120 UFLN
4	GWps	Sedimentation Method	Neg	Neg
		Centrifuge Floatation Method	13 UFLN	3 UFLN
		Baermann's Method	280 UFLN	320 UFLN
	PE	Sedimentation Method	200 UFLN	1400 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	10 UFLN	10 UFLN
		Baermann's Method	380 UFLN	1100 UFLN 40 HW Larva
	RW	Sedimentation Method	200 UFLN	1000 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	13 UFLN	7 UFLN
		Baermann's Method	120 UFLN	1040 UFLN 60 HW Larva

หมายเหตุ UFLN = Unidentified Free Living Nematode

HW = Hook worm larva

Neg = ตรวจไม่พบ

ผลการตรวจหาพยาธิในดินพบว่ามียีสต์ลักษณะคล้าย ๆ กันคือ ในแปลงผักที่รดด้วยน้ำรดทั้ง 3 ชนิด (GWps, PE, RW) จะพบพยาธิที่พบได้ในธรรมชาติ (unidentified free living nematode, UFLN) ได้บ้างในปริมาณน้อย และหลังการปลูกจะพบพยาธิกลุ่มนี้ในจำนวนมากขึ้น พยาธิกลุ่มนี้ไม่เป็นอันตรายต่อคนและมีอยู่ในดินและน้ำโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังพบพยาธิปากขอ (Hook worm) ได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นพยาธิปากขอของคนหรือสัตว์ เพราะอาจมีการปนเปื้อนจากสุนัขหรือแมวในบริเวณนั้นได้ แต่ที่น่าสังเกตคือ สามารถพบพยาธิปากขอในดิน และแปลงผักที่รดด้วยน้ำทั้ง 3 ชนิด แต่จากการตรวจดูพยาธิในน้ำที่ใช้รดทั้ง 3 ชนิด ในช่วงเดือนที่ทำการเพาะปลูกไม่พบว่ามีพยาธิปากขอในน้ำทั้ง 3 ชนิดเลย

2.3.1.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต

ก) พยาธิและแบคทีเรีย

ผลการตรวจหาพยาธิในผักคะน้าได้แสดงในตารางที่ 2-37

ตารางที่ 2-37 ผลการตรวจหาพยาธิในผักคะน้า (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลเฉลี่ยของพยาธิ/ผักคะน้า 100 ก.น.น.สด		
		GWps	PE	RW
1	29 กรกฎาคม 2547	8 UFLN	Neg	Neg
2	30 มีนาคม 2548	Neg	Neg	Neg
3	3 พฤษภาคม 2548	Neg	Neg	Neg
4	16 มิถุนายน 2548	Neg	Neg	Neg

หมายเหตุ UFLN = Unidentified Free Living Nematode

Neg = ตรวจไม่พบ

ผลการตรวจพยาธิในผักคะน้าจากการปลูก 4 รอบการปลูกพบว่า ไม่มีความแตกต่างของพยาธิในผักคะน้าในการใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดเป็นน้ำรด โดยผลการตรวจจะไม่พบพยาธิในผักคะน้าเลย ยกเว้นพยาธิที่ไม่เป็นอันตรายจำนวนเล็กน้อย (UFLN) ในแปลงผักที่รดด้วยน้ำ GWps ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าใบของผักคะน้ามีความชื้น จึงทำให้ไข่หรือตัวอ่อนหนอนพยาธิไม่ค้างติดอยู่

ผลการตรวจหาแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อคนในการปลูกผักคะน้า จำนวน 4 รอบการปลูก และจากการใช้น้ำรด 3 ชนิด ได้แสดงในตารางที่ 2-38 ผลการตรวจพบว่า ส่วนใหญ่จะไม่พบแบคทีเรียอันตรายในแปลงปลูกที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด ยกเว้นในการปลูกครั้งที่ 2 ในเดือนมีนาคม 2548 ที่พบเชื้อ *Salmonella enteritidis* ซึ่งเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อทางเดินอาหาร ร้ายแรงในแปลงผักที่รดด้วยน้ำ RW ซึ่งถ้ามีเชื้อในปริมาณมาก ๆ และผู้บริโภคนำไปบริโภคโดยไม่ปรุงให้สุกเสียก่อน ก็อาจทำให้เกิดโรคได้ จากผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำ RW (หรือ PE) มีความเสี่ยงในการแพร่เชื้อ โรคกลุ่มโรคที่แพร่ทางน้ำ (water-borne disease)

ตารางที่ 2-38 ผลการตรวจหาแบคทีเรียในผักคะน้า (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	แบคทีเรียในผัก		
		GWps	PE	RW
1	29 กรกฎาคม 2547	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C
2	30 มีนาคม 2548	No S,S,C	No S,S,C	<i>Salmonella enteritidis</i>
3	3 พฤษภาคม 2548	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C
4	16 มิถุนายน 2548	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C

หมายเหตุ No S,S,C = No Salmonella, Shigella, Cholera

ข) โลหะหนัก

ผลการตรวจหาโลหะหนักในผักคะน้าจากการปลูกทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงในตารางที่ 2-39

จากข้อมูลโลหะหนักในผักคะน้าที่ปลูกทั้ง 4 ครั้ง โดยใช้น้ำ 3 ชนิดคือ GWps, RW, PE ตรวจพบแคดเมียมในระดับ 1.39-3.56 มก.ก./100 ก.น.น.สด ซึ่งอยู่ในระดับความปลอดภัยสูงสุดคือ 5 มก.ก./100 ก.น.น.สด และไม่พบตะกั่วในผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด สำหรับทองแดงและสังกะสีมีระดับต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่าตัว ปริมาณโลหะหนักทุกชนิดในผักจากการใช้น้ำ GWps จะสูงกว่าจากการใช้น้ำ RW, PE เล็กน้อย เมื่อตรวจสอบโลหะหนักในน้ำรด (หัวข้อ 2.1.1) ไม่พบแคดเมียมเลย (ค่าต่ำกว่า Detection Limit) ค่าแคดเมียมในดินปลูกระดับหน้าดิน (ตาราง 2-34) ก็ต่ำกว่า Detection Limit (< 0.003 มก./ล. ดินแห้ง) แต่น่าจะมีแคดเมียมอยู่บ้าง และคาดว่าแคดเมียมในพืชน่าจะมาจากดินปลูก

ตารางที่ 2-39 โลหะหนักในผักคะน้า (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่ (ระยะเวลาเพาะปลูก)	ชนิดน้ำ ที่ใช้	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในผักคะน้า (มก.ก./100 ก.นน.สด) ⁽¹⁾			
		Cd	Pb	Cu	Zn
1 (1 -29 ก.ค. 47)	GWps	3.13 (3.01, 3.24)	0 (0 , 0)	38.10 (32.14, 44.06)	390.10 (407.20,372.99)
	RW	2.37 (2.39,2.34)	0 (0 , 0)	40.05 (52.04,28.06)	322.57 (312.05,333.09)
	PE	2.13 (2.13, 2.12)	0 (0 , 0)	27.72 (22.77,32.67)	307.30 (286.42,328.17)
2 (3-30 มี.ค. 48)	GWps	3.17 (3.15 , 3.18)	0 (0 , 0)	40.82 (38.68 , 42.95)	854.77 (819.83 , 889.71)
	RW	3.00 (2.96 , 3.03)	0 (0 , 0)	36.81 (37.58 , 36.04)	778.12 (764.69 , 791.54)
	PE	1.42 (1.43 , 1.40)	0 (0 , 0)	29.63 (32.87 , 26.38)	616.38 (652.00 , 580.76)
3 (1 เม.ย. - 3 พ.ค. 48)	GWps	2.39 (2.69 , 2.08)	0 (0 , 0)	35.00 (37.22 , 32.77)	826.55 (806.82 , 846.28)
	RW	3.56 (3.55 , 3.56)	0 (0 , 0)	36.00 (36.83 , 35.17)	788.59 (808.92 , 768.26)
	PE	2.48 (2.46 , 2.49)	0 (0 , 0)	34.29 (34.60 , 33.97)	634.00 (627.84 , 640.16)
4 (16 พ.ค. - 16 มิ.ย. 48)	GWps	3.07 (2.93 , 3.20)	0 (0 , 0)	30.66 (31.70 , 29.61)	635.77 (641.38 , 630.15)
	RW	1.77 (1.60 , 1.94)	0 (0 , 0)	27.00 (27.55 , 26.44)	519.75 (551.77 , 487.72)
	PE	1.76 (2.14 , 1.39)	0 (0 , 0)	23.60 (24.52 , 22.67)	464.83 (497.89 , 431.76)
ค่าความปลอดภัยสูงสุด ⁽²⁾		5	200	1,000	15,000

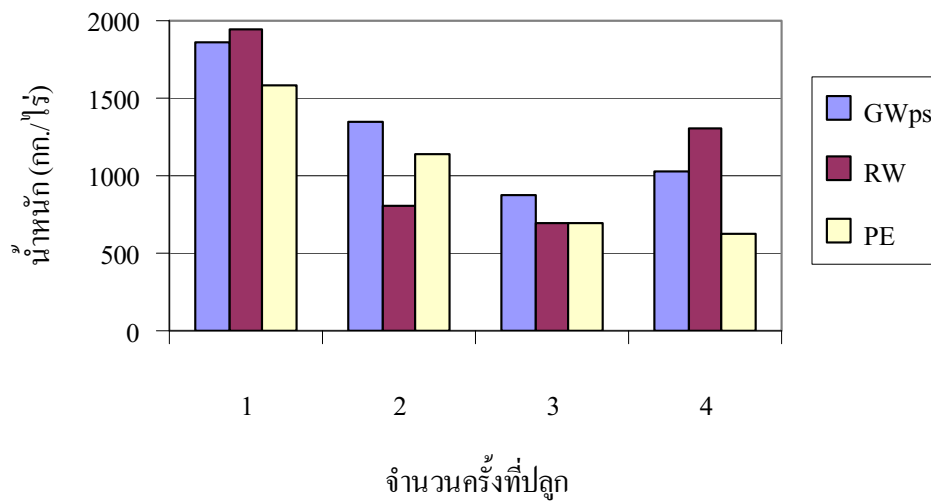
หมายเหตุ (1) วิเคราะห์ตัวอย่างรวม (composite) 2 ครั้ง ค่าที่ได้แสดงในวงเล็บ

(2) APFAN (1994) Metal and Contaminants in Food, Standard A12, APFAN 2nd Food Analysis Workshop, 12-16 September 1994, QHSS, Brisbane, Australia.

2.3.2 กระหล่ำดอก (น้ำ RW)

2.3.2.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกกะหล่ำดอกในแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำ GWps, RW, PE ได้ทดลอง 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ในปี พ.ศ. 2547 ครั้งที่ 2 และ 3 เป็นการปลูกต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2548 หลังจากนั้นเกิดน้ำท่วมแปลงทดลอง เมื่อน้ำลดจึงปลูกครั้งที่ 4 ผลผลิตหลังตัดแต่งสรุปได้ดังรูปที่ 2-46 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-40



รูปที่ 2-46 ผลผลิตเฉลี่ยกะหล่ำดอกหลังตัดแต่ง (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-40 ข้อมูลผลผลิตของกะหล่ำดอกในแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
GWps	1865.2	1345.9	881.0	1024.0
RW	1940.3	801.8	696.5	1312.0
PE	1586.8	1137.2	688.0	629.3
LSD (0.05)	NS	NS	NS	NS
CV (%)	14.57	29.0	15.92	22.19

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

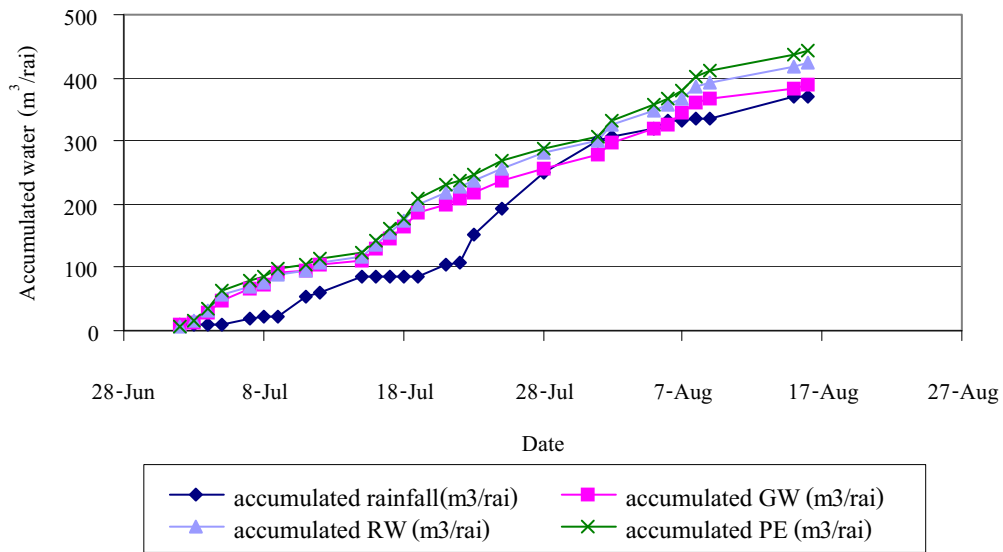
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

โดยสรุปพบว่าผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของกะหล่ำดอกที่ใช้น้ำ GWps, RW และ PE ซึ่งเป็นส่วนที่ตัดแต่งเฉพาะที่ขายได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยในการปลูกแต่ละครั้งจะผันแปรไปตามฤดูกาลที่ปลูก

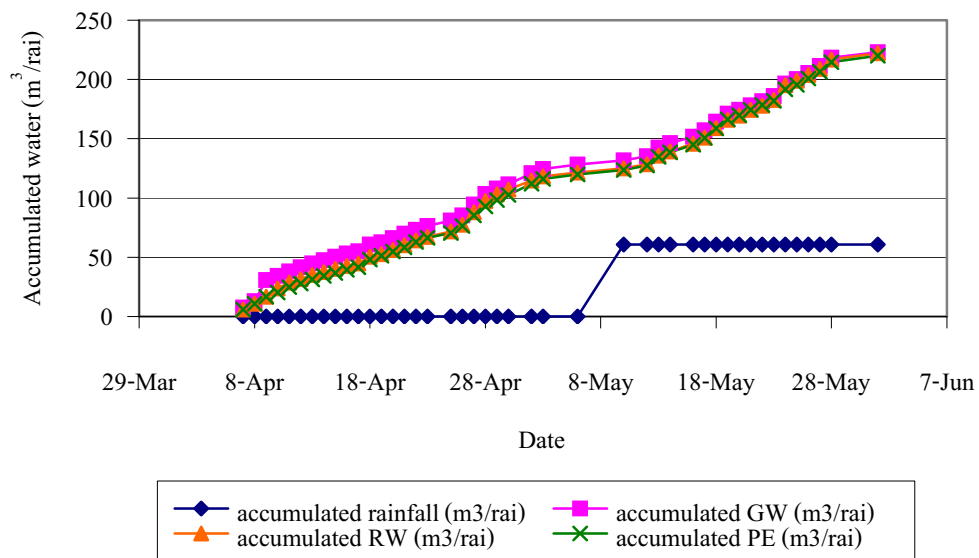
2.3.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกกะหล่ำดอกทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-47 และตารางที่ 2-41

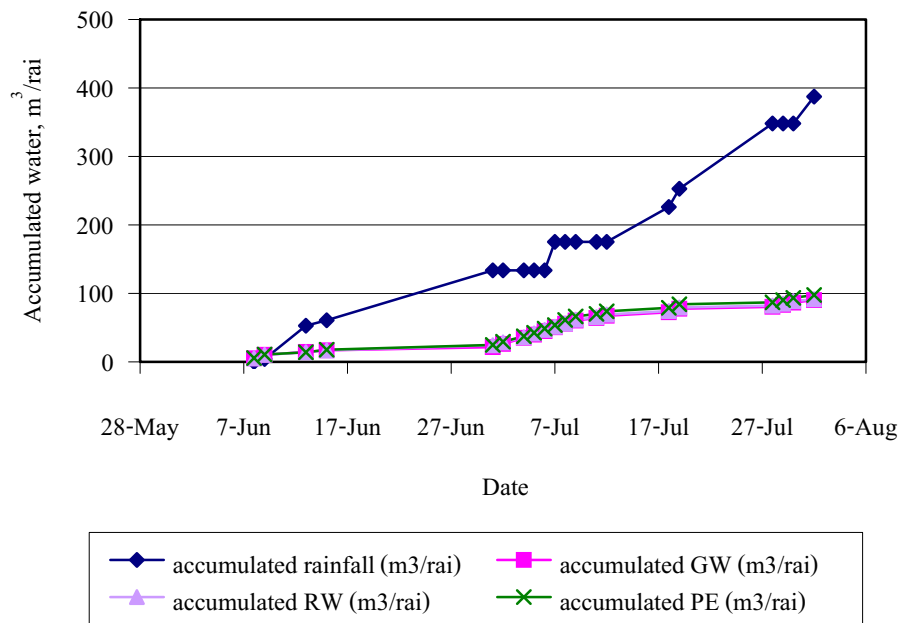


ก. ครั้งที่ 1 (10 มิถุนายน - 25 สิงหาคม 2547)

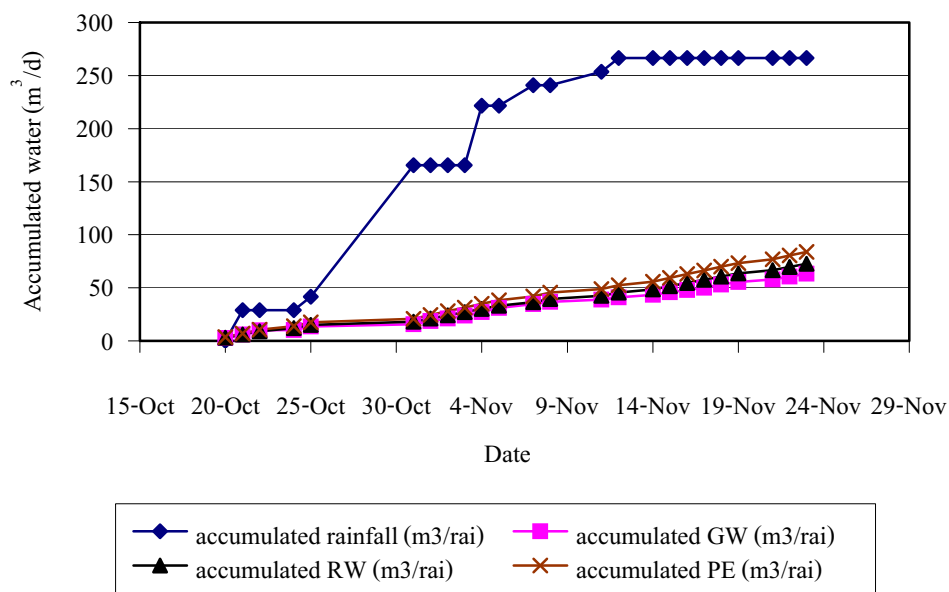


ข. ครั้งที่ 2 (16 เมษายน – 2 มิถุนายน 2548)

รูปที่ 2-47 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสม
ในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ RW)



ก. ครั้งที่ 3 (7 มิถุนายน – 3 สิงหาคม 2548)



ง. ครั้งที่ 4 (19 ตุลาคม – 24 พฤศจิกายน 2548)

รูปที่ 2-47 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสม
ในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ RW) (ต่อ)

ตารางที่ 2-41 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก (น้ำRW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (10 มิ.ย. - 25 ส.ค. 47)	GWps	130	232	362	35.9
	RW	139	232	371	37.5
	PE	127	232	359	35.4
2 (16 เม.ย. - 2 มิ.ย. 48)	GWps	223	60.8	283.8	78.6
	RW	222	60.8	282.8	78.5
	PE	220	60.8	280.8	78.3
3 (7 มิ.ย. - 3 ส.ค. 48)	GWps	90.0	387.2	477.2	18.8
	RW	91.5	387.2	478.7	19.1
	PE	97.5	387.2	484.7	20.1
4 (19 ต.ค. - 24 พ.ย. 48)	GWps	63.4	266.4	329.8	19.2
	RW	72.8	266.4	339.2	21.5
	PE	83.9	266.4	350.3	24.0

ในการปลูกครั้งที่ 1 เป็นช่วงฤดูฝน (ปี พ.ศ. 2547) พบว่ามีฝนตก 26 วัน โดยมีปริมาณฝนที่ตกรวม 163 มม. ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวมมีสัดส่วนในช่วง 35.4-37.5% ส่วนการปลูกครั้งที่ 2-4 ทำในช่วงฤดูฝน-ฤดูหนาว (ปี พ.ศ. 2548) การปลูกครั้งที่ 2 มีฝนตก 1 วัน จึงมีสัดส่วนน้ำฝนน้อยมาก ขณะที่การปลูกครั้งที่ 3 และ 4 มีฝนตกค่อนข้างมาก สัดส่วนน้ำรดต่อน้ำเข้ารวมมีค่าในช่วง 18.8-24.0%

ข) คุณภาพน้ำรด

ผลการตรวจคุณภาพน้ำรดที่ใช้ในการปลูกผักกะหล่ำดอกทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-42 ถึง 2-45 สำหรับการแปรผันคุณภาพน้ำรดในช่วงที่ทำการเพาะปลูกได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-48 ถึง 2-54

ตารางที่ 2-42 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	6.89-7.42	7.09-7.72	5.62-6.57
	ave $\pm$ s	7.27 $\pm$ 0.18	7.39 $\pm$ 0.21	5.87 $\pm$ 0.30
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	271-543	336-535	302-619
	ave $\pm$ s	444 $\pm$ 91.7	446 $\pm$ 69.0	503 $\pm$ 103
TDS, มก/ล	min-max	276-637	232-608	348-641
	ave $\pm$ s	359 $\pm$ 117	334 $\pm$ 120	446 $\pm$ 87.9
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	17.2-64.0	12.0-38.7	-
	ave $\pm$ s	32.2 $\pm$ 16.0	19.8 $\pm$ 8.52	-
COD, มก/ล	min-max	22.0-62.5	19.9-55.3	1.53-8.73
	ave $\pm$ s	40.4 $\pm$ 15.0	31.7 $\pm$ 13.4	4.33 $\pm$ 2.55
BOD, มก/ล	min-max	9.14-23.2	8.22-15.7	0.29-0.80
	ave $\pm$ s	15.5 $\pm$ 4.51	11.7 $\pm$ 2.72	0.53 $\pm$ 0.16
TP, มก/ล	min-max	0.21-0.47	0.20-0.26	0.01-0.04
	ave $\pm$ s	0.32 $\pm$ 0.08	0.23 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.09-0.61	0.06-0.39	0.003-0.38
	ave $\pm$ s	0.36 $\pm$ 0.17	0.18 $\pm$ 0.11	0.084 $\pm$ 0.12
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	3.90-8.36	3.63-7.08	0.01-0.10
	ave $\pm$ s	5.78 $\pm$ 1.70	4.82 $\pm$ 1.21	0.05 $\pm$ 0.03
TKN, มก/ล	min-max	7.52-19.9	6.28-15.6	0.02-0.17
	ave $\pm$ s	12.4 $\pm$ 4.65	10.2 $\pm$ 3.09	0.10 $\pm$ 0.05
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	500,000-9,000,000	80,000-2,800,000	4-30
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	170,000-1,100,000	80,000-400,000	< 2-13

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง

ตารางที่ 2-43 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.16-7.64	7.13-7.85	5.75-7.65
	ave $\pm$ s	7.34 $\pm$ 0.18	7.50 $\pm$ 0.24	6.18 $\pm$ 0.66
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	222-332	218-316	394-778
	ave $\pm$ s	262 $\pm$ 39.2	261 $\pm$ 36.6	560 $\pm$ 134
TDS, มก/ล	min-max	16.8-64.9	8.9-27.4	-
	ave $\pm$ s	32.4 $\pm$ 15.3	19.6 $\pm$ 6.73	-
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	138-172	129-168	237-393
	ave $\pm$ s	157 $\pm$ 13.6	155 $\pm$ 13.5	319 $\pm$ 74.0
COD, มก/ล	min-max	10.8-26.8	9.37-19.6	1.54-5.43
	ave $\pm$ s	17.0 $\pm$ 5.61	14.2 $\pm$ 3.67	2.63 $\pm$ 1.43
BOD, มก/ล	min-max	3.54-23.2	3.16-17.9	0.28-0.86
	ave $\pm$ s	8.65 $\pm$ 6.87	6.52 $\pm$ 5.10	0.54 $\pm$ 0.21
TP, มก/ล	min-max	0.11-0.51	0.10-0.43	0.01-0.07
	ave $\pm$ s	0.25 $\pm$ 0.13	0.22 $\pm$ 0.11	0.04 $\pm$ 0.02
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.17-1.82	0.24-1.73	0.003-0.16
	ave $\pm$ s	0.91 $\pm$ 0.61	1.03 $\pm$ 0.54	0.06 $\pm$ 0.06
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.96-3.16	0.74-2.04	0.03-0.17
	ave $\pm$ s	1.83 $\pm$ 0.75	1.34 $\pm$ 0.50	0.08 $\pm$ 0.05
TKN, มก/ล	min-max	1.76-4.75	1.58-3.18	0.06-0.20
	ave $\pm$ s	3.04 $\pm$ 1.06	2.50 $\pm$ 0.75	0.15 $\pm$ 0.05
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20,000-1,300,000	20,000-340,000	<2-22
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	20,000-340,000	20,000-270,000	<2-4

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 7 ครั้ง

ตารางที่ 2-44 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 3 (น้ำ RW)

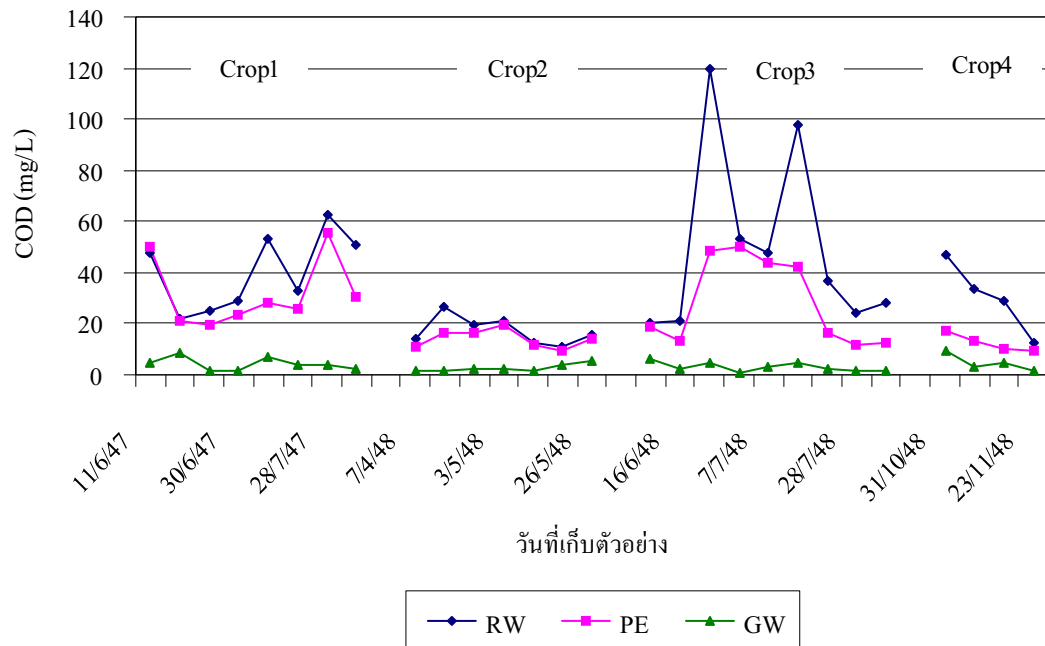
ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.00-7.43	7.06-7.51	5.47-6.04
	ave $\pm$ s	7.18 $\pm$ 0.17	7.18 $\pm$ 0.14	5.80 $\pm$ 0.16
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	199-357	187-386	282-494
	ave $\pm$ s	274 $\pm$ 60.0	278 $\pm$ 68.8	367 $\pm$ 75.6
TDS, มก/ล	min-max	178-338	163-383	270-649
	ave $\pm$ s	241 $\pm$ 57.7	237 $\pm$ 74.6	361 $\pm$ 112
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	35.6-225	19.1-117	-
	ave $\pm$ s	142 $\pm$ 83.6	60.3 $\pm$ 33.1	-
COD, มก/ล	min-max	20.5-120	11.8-50.4	1.16-6.37
	ave $\pm$ s	50.0 $\pm$ 35.6	28.6 $\pm$ 17.0	3.01 $\pm$ 1.77
BOD, มก/ล	min-max	5.32-55.0	3.14-37.2	0.20-0.76
	ave $\pm$ s	19.0 $\pm$ 15.8	12.4 $\pm$ 11.3	0.40 $\pm$ 0.21
TP, มก/ล	min-max	0.13-1.21	0.13-1.22	0.01-0.07
	ave $\pm$ s	0.41 $\pm$ 0.41	0.43 $\pm$ 0.37	0.04 $\pm$ 0.02
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.05-3.00	0.04-2.57	0.001-0.08
	ave $\pm$ s	1.02 $\pm$ 0.95	0.83 $\pm$ 0.88	0.03 $\pm$ 0.028
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	1.05-10.1	0.94-9.94	0.002-0.70
	ave $\pm$ s	4.62 $\pm$ 3.01	4.34 $\pm$ 2.89	0.17 $\pm$ 0.21
TKN, มก/ล	min-max	2.50-13.4	2.20-13.1	0.16-0.27
	ave $\pm$ s	7.33 $\pm$ 4.58	6.36 $\pm$ 4.07	0.21 $\pm$ 0.04
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	170,000-16,000,000	40,000-16,000,000	4-170
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	170,000-16,000,000	40,000-16,000,000	2-27

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 9 ครั้ง

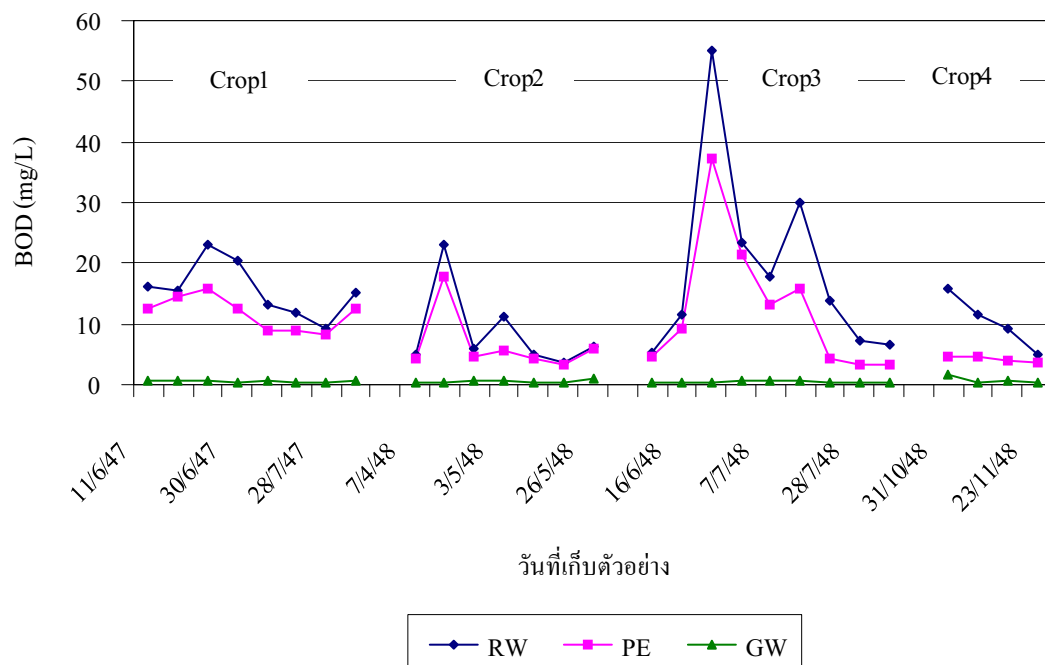
ตารางที่ 2-45 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกครั้งที่ 4 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.13-7.31	7.17-7.45	5.99-6.44
	ave $\pm$ s	7.25 $\pm$ 0.08	7.35 $\pm$ 0.13	6.25 $\pm$ 0.20
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	304-380	281-306	630-730
	ave $\pm$ s	332 $\pm$ 34.6	296 $\pm$ 10.8	683 $\pm$ 42.3
TDS, มก/ล	min-max	184-243	162-202	408-652
	ave $\pm$ s	204 $\pm$ 27.2	188 $\pm$ 18.7	524 $\pm$ 99.9
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	64.0-323	59.1-85.9	-
	ave $\pm$ s	243 $\pm$ 120	68.0 $\pm$ 12.2	-
COD, มก/ล	min-max	12.8-46.7	9.67-16.9	1.49-9.22
	ave $\pm$ s	30.4 $\pm$ 14.0	12.6 $\pm$ 3.36	4.65 $\pm$ 3.35
BOD, มก/ล	min-max	4.83-15.7	3.78-4.59	0.20-1.63
	ave $\pm$ s	10.4 $\pm$ 4.55	4.22 $\pm$ 0.41	0.76 $\pm$ 0.62
TP, มก/ล	min-max	0.12-0.16	0.11-0.14	0.02-0.03
	ave $\pm$ s	0.14 $\pm$ 0.02	0.12 $\pm$ 0.001	0.03 $\pm$ 0.00
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	1.48-1.85	0.60-1.29	0.06-0.12
	ave $\pm$ s	1.58 $\pm$ 0.16	0.89 $\pm$ 0.28	0.078 $\pm$ 0.025
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	1.47-1.91	1.10-1.82	0.09-0.10
	ave $\pm$ s	1.61 $\pm$ 0.20	1.41 $\pm$ 0.30	0.09 $\pm$ 0.00
TKN, มก/ล	min-max	3.41-3.94	2.09-2.82	0.15-0.31
	ave $\pm$ s	3.66 $\pm$ 0.26	2.61 $\pm$ 0.35	0.21 $\pm$ 0.08
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,700,000-16,000,000	330,000-9,000,000	< 2-14
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	340,000-3,500,000	220,000-2,200,000	< 2-9

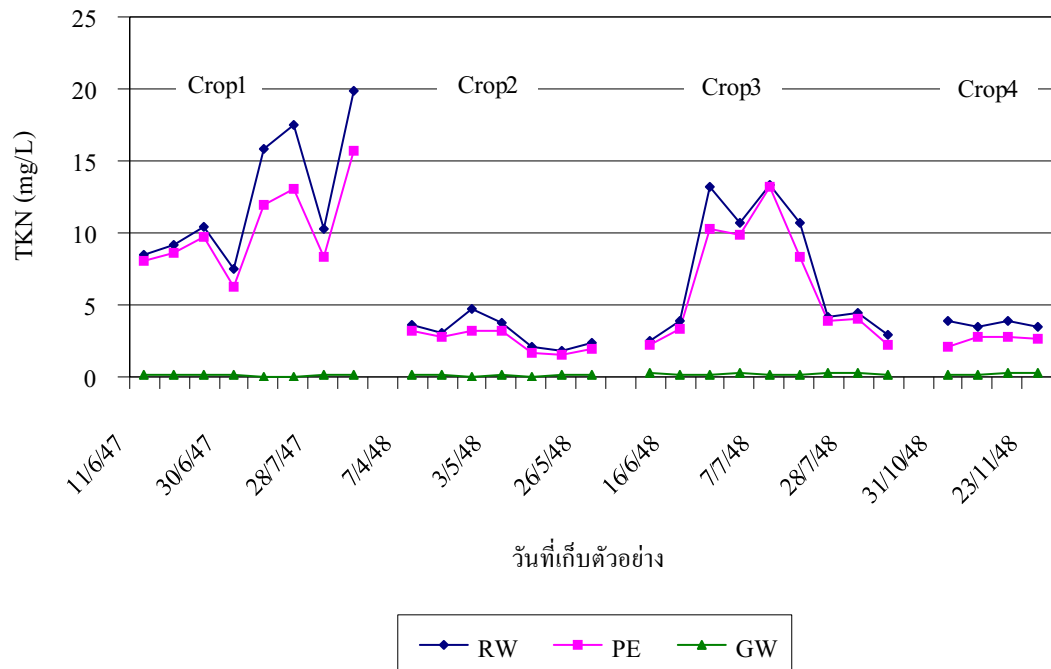
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง



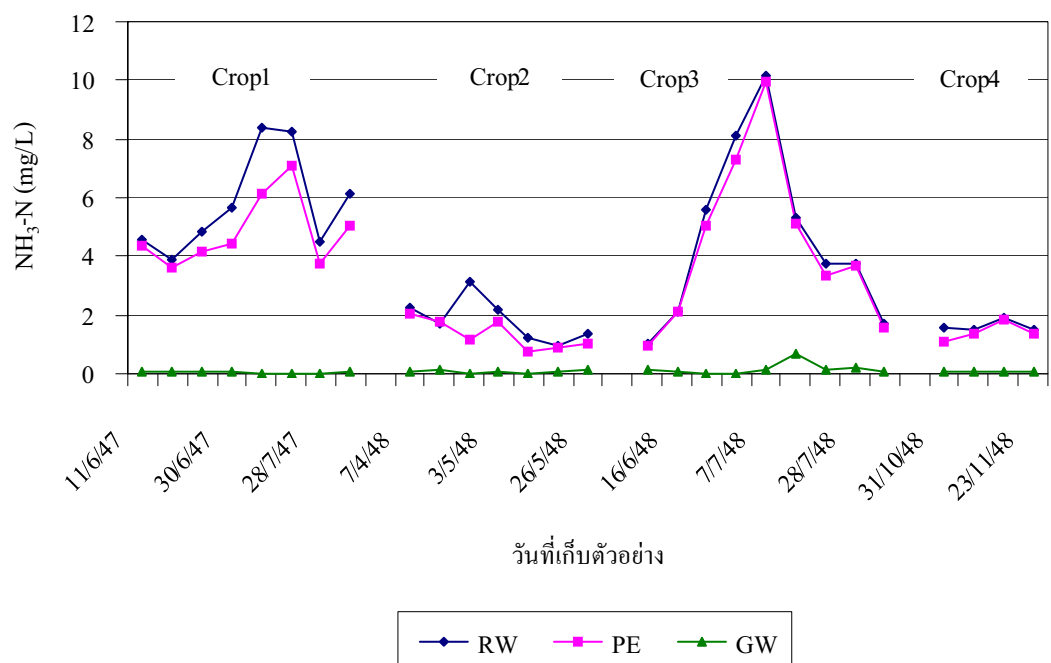
รูปที่ 2-48 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW



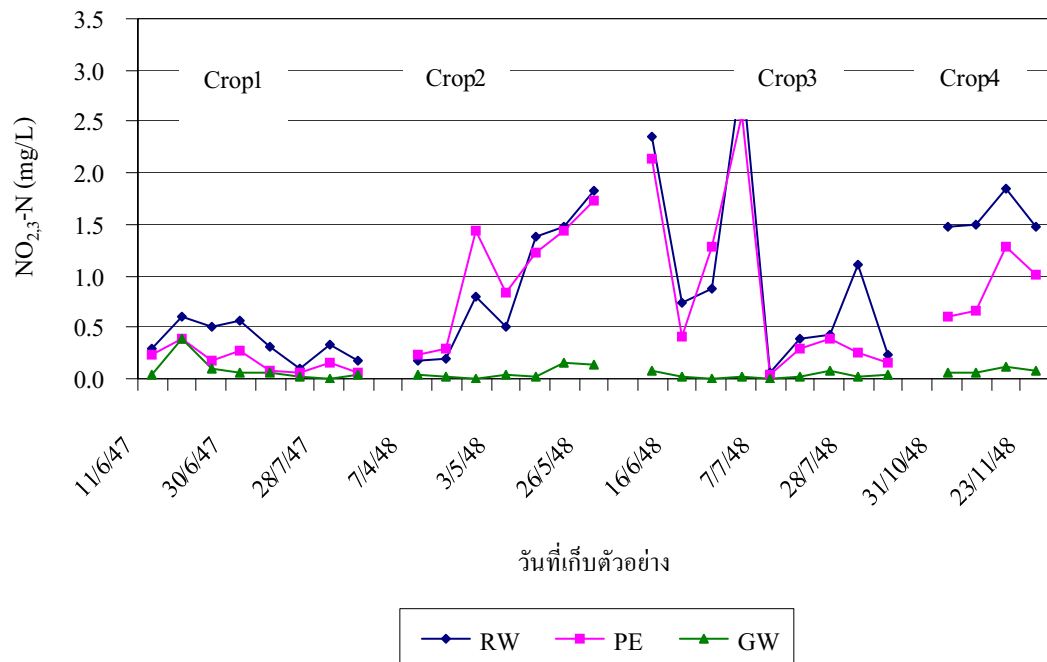
รูปที่ 2-49 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW



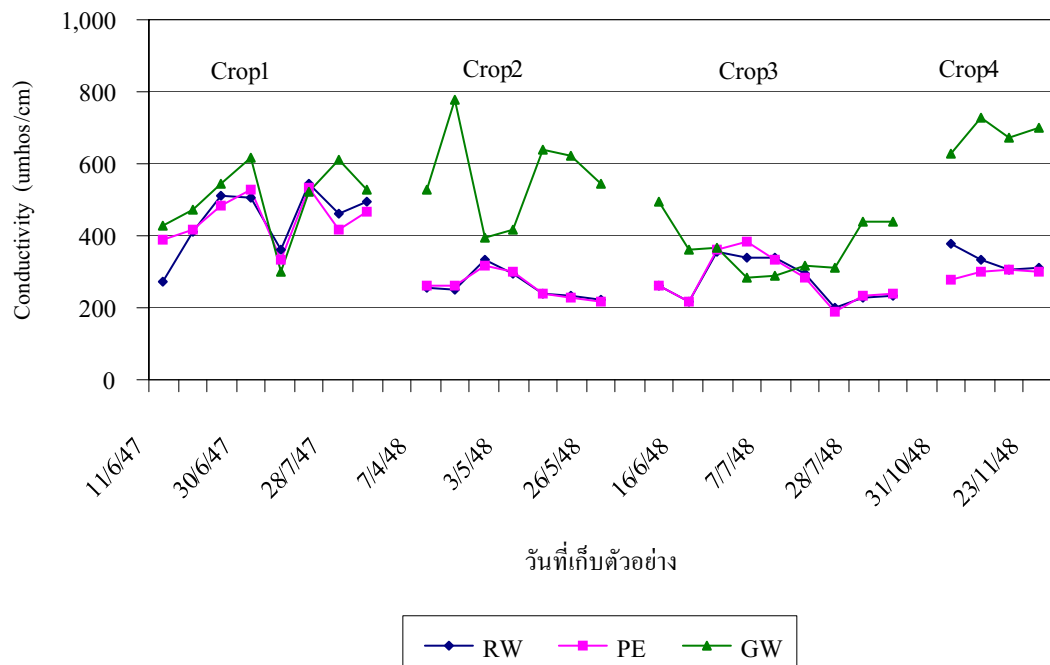
รูปที่ 2-50 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW



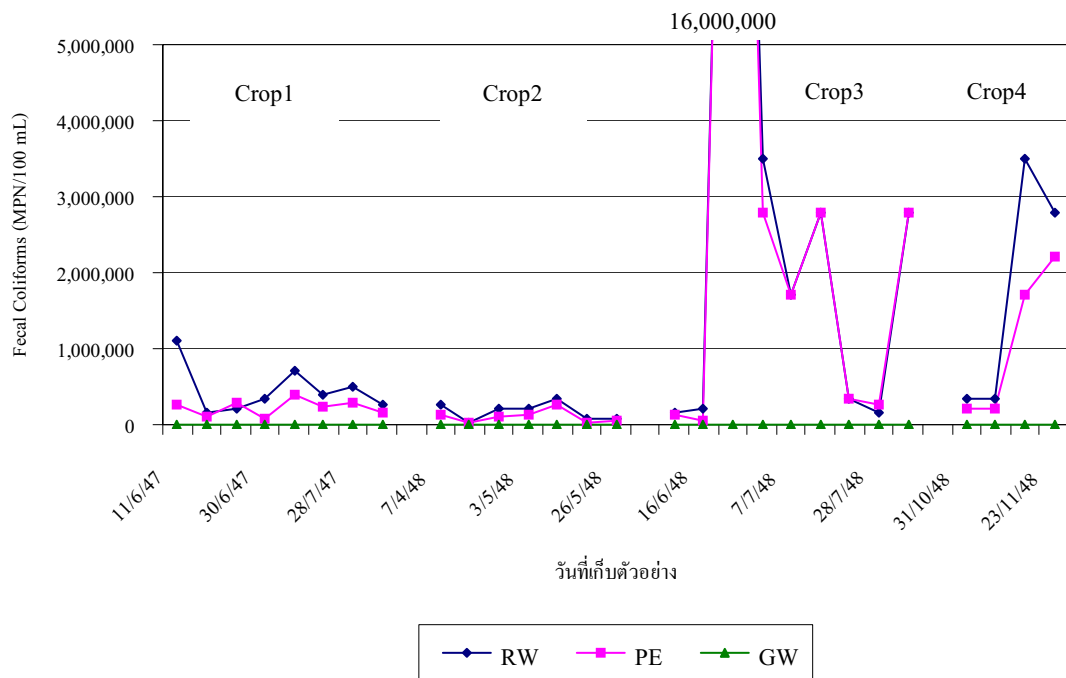
รูปที่ 2-51 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW



รูปที่ 2-52 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW



รูปที่ 2-53 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW



รูปที่ 2-54 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกกะหล่ำดอก-RW

ข้อมูลคุณภาพน้ำในตารางและรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า น้ำรด RW PE และน้ำบาดาล ที่ใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกคล้ายคลึงกับที่ใช้ในการปลูกผักคะน้า โดยบางช่วงของการปลูกเป็นเวลาเดียวกันกับการปลูกผักคะน้า (น้ำ RW) ซึ่งหากทำการเปรียบเทียบระดับการปนเปื้อนก็จะพบว่าน้ำ PE ของรอบการปลูกส่วนใหญ่มีระดับการปนเปื้อนของสารเจือปนทุกตัวต่ำกว่าของน้ำ RW เพียงเล็กน้อย ในขณะที่น้ำบาดาลมีระดับการปนเปื้อนต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของสารเจือปนทุกตัว ยกเว้นค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำกว่าของน้ำ RW และ PE อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3.1.2 (ข)

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำรดชนิดเดียวกันในแต่ละรอบของการปลูกพบว่าในรอบการปลูกที่ 1 และ 3 น้ำรด RW และ PE มีระดับการปนเปื้อนของสารเจือปนส่วนใหญ่สูงกว่าของรอบการปลูกที่ 2 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นไนโตรเจนไนโตรเจนที่พบว่าค่าเฉลี่ยของรอบการปลูกที่ 4 มีค่าสูงที่สุด ในขณะที่ของรอบการปลูกครั้งแรกมีค่าต่ำสุด น้ำรด RW และ PE มีคุณภาพค่อนข้างแปรปรวน แต่น้ำบาดาลกลับมีคุณภาพคงที่ โดยพบว่าน้ำบาดาลมีระดับการปนเปื้อนต่ำ และมีคุณภาพไม่แตกต่างกันในทุกรอบของการปลูก ยกเว้นค่าสภาพการนำไฟฟ้า ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ของการตรวจวัดมีค่ามากกว่าของน้ำ RW และ PE นั้นค่อนข้างแปรปรวนและมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในรอบการปลูกครั้งที่ 4

2.3.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การสะสมโลหะหนักในดิน

ปริมาณโลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูกกะหล่ำดอกทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-46 ซึ่งจะเห็นว่าในดินที่ใช้ปลูกไม่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม และไม่มี การสะสมของแคดเมียมในแปลงที่ปลูกด้วยน้ำทุกชนิดในทุกรอบของการปลูก ในส่วนของทองแดง สังกะสี และตะกั่ว พบว่า ในดินหลังการปลูกเฉพาะของรอบการปลูกครั้งที่ 1 ทุกแปลงมีการ ปนเปื้อนของโลหะหนักดังกล่าวสูงกว่าของดินก่อนการปลูก แต่ก็เป็นค่าที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อยไม่มี นัยสำคัญ สำหรับดินหลังการปลูกในรอบอื่น ๆ บางแปลงก็มีโลหะดังกล่าวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย บาง แปลงก็ลดลงเล็กน้อย โดยมีค่าไม่แตกต่างจากของดินก่อนปลูก จึงสรุปได้ว่าการใช้น้ำรด RW และ PE ไม่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนักในดินเมื่อใช้ในการปลูกกะหล่ำดอกเช่นเดียวกันกับการ ปลูกผักคะน้า

ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 เซนติเมตร) ก่อน และหลังการเพาะปลูกในแปลงกะหล่ำดอก ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-47

ดินในแปลงกะหล่ำดอกมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในการปลูกครั้งที่ 1 พบว่า แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรด ค่อนข้างสูง หลังการปลูก pH เพิ่มขึ้น ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE ก่อนและหลังการปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ในแปลงที่ใช้น้ำ 3 ชนิดก่อนปลูกมีปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง คือ 1.72 - 2.28% หลังการเพาะปลูกในแปลงที่ใช้น้ำ GWps มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนในแปลง PE และ RW มีค่าลดลงอยู่ ในระดับต่ำ ก่อนและหลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่สูงมาก หลัง ปลูกมีค่าลดลงในแปลง GWps สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลัง การเพาะปลูกอยู่ในระดับสูงมากและไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ในการปลูกครั้งที่ 2 ซึ่งทดลองโดยปลูกผักชนิดอื่นแทรกก่อน พบว่า ดินทุกแปลงก่อนและหลังการปลูก มีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง หลังปลูกมี pH เพิ่มขึ้นจากเดิม เล็กน้อย อินทรีย์วัตถุในดินทุกแปลงอยู่ในระดับค่อนข้างสูงทั้งก่อนและหลังปลูกโดยมีการ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ก่อนและหลัง ปลูกก็มีค่าใกล้เคียงกัน ช่วงค่าอยู่ในระดับสูงมาก

ตารางที่ 2-46 โลหะหนักในดินปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	แปลงเพาะปลูก	ปริมาณ โลหะหนัก, มก/ก ดินแห้ง			
		แคดเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.014	0.058	0.016
	หลังปลูก	< 0.003	0.020	0.072	0.020
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.013	0.047	0.021
	หลังปลูก	< 0.003	0.014	0.056	0.018
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.012	0.035	0.013
	หลังปลูก	< 0.003	0.015	0.050	0.017
2	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.020	0.054	0.017
	หลังปลูก	< 0.003	0.015	0.051	0.017
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.014	0.036	0.019
	หลังปลูก	< 0.003	0.011	0.042	0.018
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.011	0.031	< 0.012
	หลังปลูก	< 0.003	0.009	0.028	0.013
3	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.015	0.051	0.017
	หลังปลูก	< 0.003	0.021	0.048	0.026
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.011	0.042	0.018
	หลังปลูก	< 0.003	0.016	0.038	0.024
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.009	0.028	0.013
	หลังปลูก	< 0.003	0.010	0.027	0.021
4	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.021	0.055	0.020
	หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.052	0.022
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.020	0.044	0.018
	หลังปลูก	< 0.003	0.018	0.046	0.022
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.013	0.036	0.016
	หลังปลูก	< 0.003	0.016	0.039	0.018
ค่าความปลอดภัยสูงสุด (Webber และคณะ, 1983)		≧ 0.003	≧ 0.10	≧ 0.10	≧ 0.10

ตารางที่ 2-47 คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดินในแปลงกะหล่ำดอก (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	ตัวอย่างดิน จากแปลง ที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	4.80	5.70	2.28	2.49	0.11	0.12	174.0	94.0	200.0	134.0
	RW	5.40	5.50	1.83	1.65	0.09	0.08	72.0	78.0	144.0	187.0
	PE	5.60	5.40	1.72	1.48	0.09	0.07	72.0	77.0	137.0	167.0
2	GWps	4.38	4.46	2.72	2.53	0.18	0.19	412.8	393.1	315.7	314.2
	RW	4.35	4.60	2.85	2.97	0.19	0.18	391.0	395.9	320.6	345.7
	PE	4.64	4.98	2.78	2.86	0.17	0.19	335.2	355.2	233.0	278.2
3	GWps	4.46	4.93	2.53	2.46	0.19	0.17	393.1	312.1	314.2	306.6
	RW	4.60	5.03	2.97	3.13	0.18	0.16	395.9	335.7	345.7	298.7
	PE	4.98	5.24	2.86	2.97	0.19	0.18	355.2	302.1	278.2	269.3
4	GWps	4.93	5.16	2.46	2.42	0.17	0.19	312.1	293.2	306.6	317.6
	RW	5.03	5.32	3.13	3.11	0.16	0.18	335.7	278.3	298.7	324.3
	PE	5.24	5.33	2.97	3.30	0.18	0.16	302.1	296.3	269.3	292.3

ในการปลูกครั้งที่ 3 หลังการปลูก ดินมี pH เพิ่มขึ้น ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE นั้นมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง แต่ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps ยังอยู่ในระดับเป็นกรดค่อนข้างสูง หลังการปลูกอินทรีย์วัตถุในดินแปลงที่รดโดยน้ำ RW, PE มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง แต่แปลงที่ใช้น้ำ GWps มีค่าที่ลดลงจากระดับที่ค่อนข้างสูงมาอยู่ที่ระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกมีค่าลดลงเล็กน้อย ช่วงค่าอยู่ในระดับสูงมาก

ในการปลูกครั้งที่ 4 หลังการปลูกดินมี pH เพิ่มขึ้นโดยต่อเนื่อง จนมีลักษณะเป็นกรดปานกลางทุกแปลง อินทรีย์วัตถุหลังปลูกในแปลงที่ใช้น้ำ GWps มีค่าที่ลดลงอยู่ที่ระดับปานกลาง ส่วนแปลง RW, PE อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงเล็กน้อยหลังปลูก ช่วงค่าอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ช่วงค่าอยู่ในระดับสูงมาก

ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน

จากการตรวจหาพยาธิในดินก่อนและหลังปลูกกะหล่ำดอกโดยใช้น้ำรด 3 ชนิด จำนวน 4 รอบการปลูก (ตารางที่ 2-48) พบว่า ไม่มีความแตกต่างของพยาธิในดินในแปลง ผักที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 2-48 ผลการตรวจหาพยาธิในดินก่อนและหลังการปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	ชนิดน้ำ ที่ใช้	วิธีตรวจ	ผลของพยาธิ/ดิน 100 กรัม	
			ก่อนปลูก	หลังปลูก
1	GWps	Sedimentation Method	Neg	400 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	Neg	27 UFLN
		Baermann's Method	Neg	800 UFLN
	PE	Sedimentation Method	Neg	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	Neg	24 UFLN
		Baermann's Method	Neg	280 UFLN
	RW	Sedimentation Method	200 UFLN	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	3 UFLN	20 UFLN
		Baermann's Method	20 UFLN	200 UFLN
2	GWps	Sedimentation Method	1600 UFLN	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	34 UFLN	7 UFLN
		Baermann's Method	600 UFLN, 80 HW Larva	20 UFLN
	PE	Sedimentation Method	200 UFLN	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	20 UFLN	3 UFLN
		Baermann's Method	900 UFLN, 60 HW Larva	40 UFLN
	RW	Sedimentation Method	1200 UFLN	600 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	50 UFLN	3 UFLN
		Baermann's Method	1120 UFLN, 120 HW Larva	60 UFLN

ตารางที่ 2-48 ผลการตรวจหาพยาธิในดินก่อนและหลังการปลูกกะหล่ำดอก (น้ำ RW) (ต่อ)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	วิธีตรวจ	ผลของพยาธิ/ดิน 100 กรัม	
			ก่อนปลูก	หลังปลูก
3	GWps	Sedimentation Method	200 UFLN	800 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	7 UFLN	13 UFLN
		Baermann's Method	20 UFLN	520 UFLN
	PE	Sedimentation Method	200 UFLN	600 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	3 UFLN	23 UFLN
		Baermann's Method	40 UFLN	460 UFLN
	RW	Sedimentation Method	600 UFLN	1,400 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	3 UFLN	20 UFLN
		Baermann's Method	60 UFLN	560 UFLN
4	GWps	Sedimentation Method	Neg	Neg
		Centrifuge Floatation Method	13 UFLN	27 UFLN
		Baermann's Method	140UFLN	100UFLN, 20UFLN
	PE	Sedimentation Method	400 UFLN	Neg
		Centrifuge Floatation Method	3 UFLN	17 UFLN
		Baermann's Method	80 UFLN	180 UFLN
	RW	Sedimentation Method	200 UFLN	Neg
		Centrifuge Floatation Method	13 UFLN	7 UFLN
		Baermann's Method	160 UFLN	340 UFLN, 20 HW Larva

หมายเหตุ UFLN = Unidentified Free Living Nematode

HW = Hook worm larva

Neg = ตรวจไม่พบ

2.3.2.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต

ก) พยาธิและแบคทีเรีย

จากผลการตรวจหาพยาธิในกะหล่ำดอกได้แสดงในตารางที่ 2-49 ผลการตรวจพยาธิในกะหล่ำดอกจากการใช้น้ำรด 3 ชนิด 4 รอบการปลูกพบว่า ไม่มีความแตกต่างของการพบพยาธิจากการใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิด การปลูกครั้งที่ 2-4 ไม่พบพยาธิในผลผลิตกะหล่ำดอกเลย การปลูกครั้งที่ 1 พบพยาธิที่ไม่เป็นอันตรายต่อคน (UFLN) ซึ่งมีตามธรรมชาติจำนวนเล็กน้อยในผักจากแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และ RW

ตารางที่ 2-49 ผลการตรวจหาพยาธิในกะหล่ำดอก (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ผลเฉลี่ยของพยาธิ/กะหล่ำดอก 100 ก.น.น.สด		
		GWps	PE	RW
1	25 สิงหาคม 2547	5 UFLN	Neg	3 UFLN
2	2 มิถุนายน 2548	Neg	Neg	Neg
3	3 สิงหาคม 2548	Neg	Neg	Neg
4	24 พฤศจิกายน 2548	Neg	Neg	Neg

หมายเหตุ UFLN = Unidentified Free Living Nematode

Neg = ตรวจไม่พบ

ส่วนผลการตรวจหาแบคทีเรียในการปลูกกะหล่ำดอกทั้ง 4 ครั้ง ไม่พบเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อทางเดินอาหารร้ายแรงในผักกะหล่ำดอกที่ปลูกโดยน้ำทั้ง 3 ชนิดเลย ดังแสดงในตารางที่ 2-50

ตารางที่ 2-50 ผลการตรวจหาแบคทีเรียในกะหล่ำดอก (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	แบคทีเรียในผัก		
		GWps	PE	RW
1	25 สิงหาคม 2547	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C
2	2 มิถุนายน 2548	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C
3	3 สิงหาคม 2548	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C
4	24 พฤศจิกายน 2548	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C

หมายเหตุ No S,S,C = No Salmonella, Shigella, Cholera

ข) โลหะหนัก

ผลวิเคราะห์โลหะหนักในผลผลิตได้แสดงในตารางที่ 2-51 กะหล่ำดอกที่ปลูกทั้ง 4 ครั้ง โดยใช้น้ำ 3 ชนิดคือ GWps, RW, PE ตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่วในผักที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด สำหรับทองแดงและสังกะสีมีระดับต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุดมากหลายเท่าตัว ทองแดงและสังกะสีในกะหล่ำดอกจากแปลงที่รดโดยน้ำ GWps มีค่าสูงกว่าจากแปลงที่รดโดยน้ำ RW, PE เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นทองแดงในการปลูกครั้งที่ 4 โดยสรุปกะหล่ำดอกมีความปลอดภัยในการบริโภค

ตารางที่ 2-51 โลหะหนักในกะหล่ำดอก (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่ (ระยะเวลาเพาะปลูก)	ชนิดน้ำ ที่ใช้	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในกะหล่ำดอก (ม.ก.ก./100 ก. น.น.สด) ⁽¹⁾			
		Cd	Pb	Cu	Zn
1 (10 มิ.ย. – 25 ส.ค. 47)	GWps	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	33.50 (35.77, 31.23)	340.78 (359.56, 321.99)
	RW	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	20.08 (21.31, 18.85)	266.86 (272.68, 261.04)
	PE	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	20.08 (21.90, 18.26)	261.90 (249.51, 274.28)
2 (16 เม.ย. – 2 มิ.ย. 48)	GWps	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	28.18 (30.10, 26.25)	620.68 (617.37 , 623.99)
	RW	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	17.94 (19.02 , 16.85)	579.79 (597.88 , 561.70)
	PE	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	15.58 (18.39 , 12.77)	525.43 (532.20 , 518.66)
3 (7 มิ.ย. – 3 ส.ค. 48)	GWps	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	35.50 (35.77, 31.23)	340.78 (359.56 , 321.99)
	RW	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	20.08 (21.31 , 18.85)	266.86 (272.68 , 261.04)
	PE	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	20.08 (21.90 , 18.26)	261.90 (249.51 , 274.28)
4 (19 ต.ค. – 24 พ.ย. 48)	GWps	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	51.46 (54.82, 48.10)	346.37 (367.78 , 324.96)
	RW	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	64.28 (63.67 , 64.90)	309.98 (316.10 , 303.87)
	PE	0 (0, 0)	0 (0 , 0)	49.24 (48.14 , 50.34)	327.03 (334.08 , 319.98)
ค่าความปลอดภัยสูงสุด ⁽²⁾		5	200	1,000	15,000

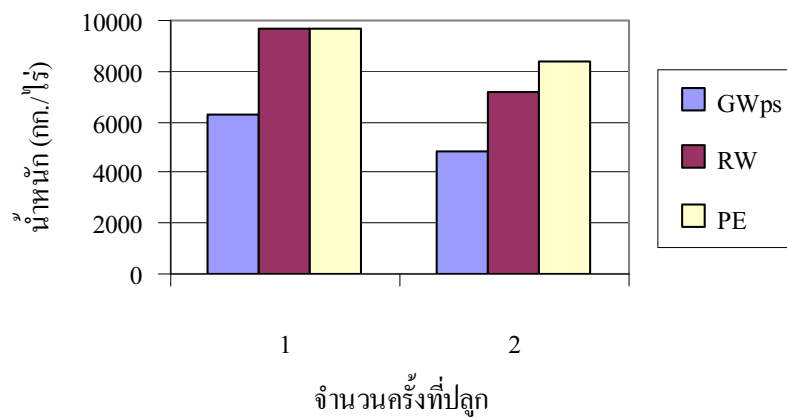
หมายเหตุ (1) วิเคราะห์ตัวอย่างรวม (composite) 2 ครั้ง ค่าที่ได้แสดงในวงเล็บ

(2) APFAN (1994) Metal and Contaminants in Food, Standard A12, APFAN 2nd Food Analysis Workshop, 12-16 September 1994, QHSS, Brisbane, Australia.

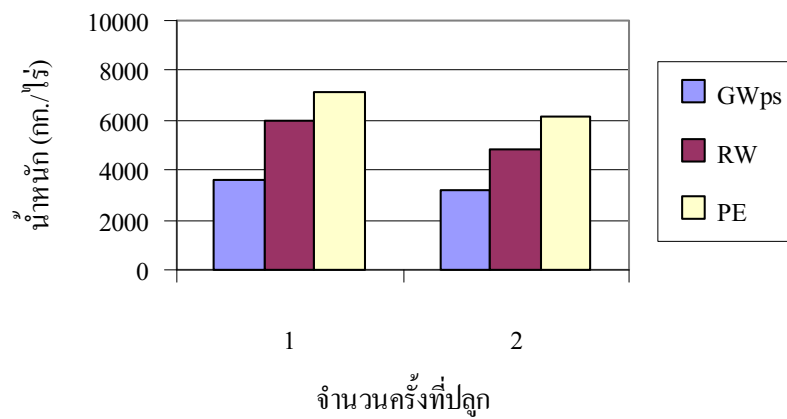
2.3.3 ผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

2.3.3.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกผักกาดขาวปลีในแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำ GWps, RW, PE ได้ปลูกต่อเนื่อง 2 ครั้งในฤดูหนาว ได้ผลผลิตสรุปดังรูปที่ 2-55 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-52



ก. ก่อนตัดแต่ง



ข. หลังตัดแต่ง

รูปที่ 2-55 ผลผลิตเฉลี่ยผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-52 ข้อมูลผลผลิตของผักกาดขาวปลีในแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)			
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	ก่อนตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง	ก่อนตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง
GWps	6279.1	3610.7	4860.4	3235.6
RW	9637.3	5978.7	7168.0	4864.0
PE	9715.6	7136.0	8359.1	6172.4
LSD (0.05)	NS	2151.3	1982.0	806.6
CV (%)	37.62	34.04	12.87	7.84

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

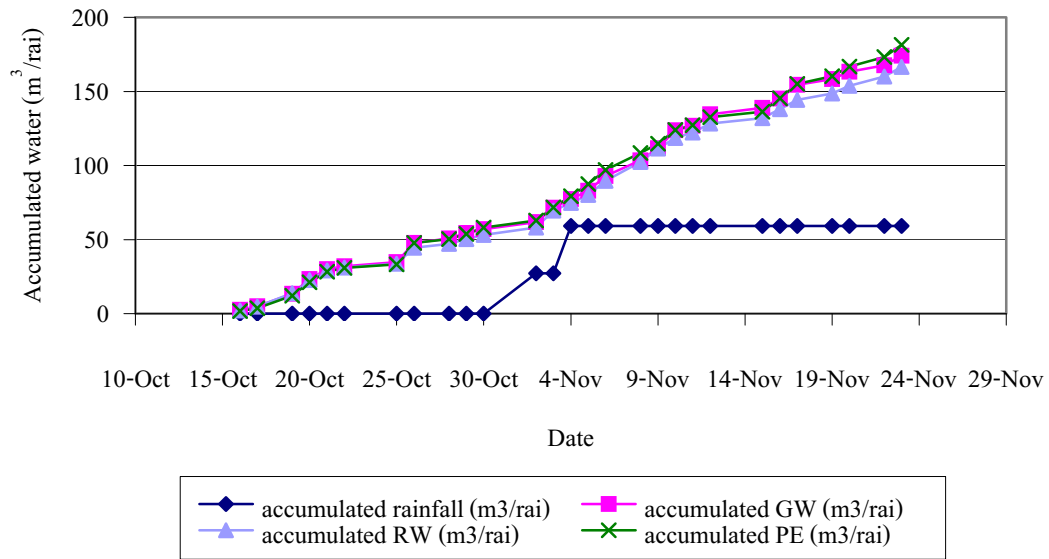
ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ก่อนทำการตัดแต่งปลีของการปลูกครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผักกาดขาวปลีที่ปลูกด้วยน้ำ GWps ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าที่ปลูกโดยน้ำ RW และ PE เล็กน้อย ในการปลูกครั้งที่ 2 การใช้น้ำ RW และ PE ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันแต่มีค่าสูงกว่าการใช้น้ำ GWps อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับน้ำหนักเฉลี่ยหลังจากตัดแต่งปลีแล้ว ผักกาดขาวปลีที่ปลูกโดยน้ำ GWps ให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่าการใช้น้ำ RW และ PE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการปลูกทั้ง 2 ครั้ง และในการปลูกครั้งที่ 2 เป็นช่วงอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น มีผลกระทบต่อการห่อหัวของผักกาดขาวปลี จึงทำให้น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ต่ำกว่าการทดลองครั้งที่ 1 เล็กน้อย

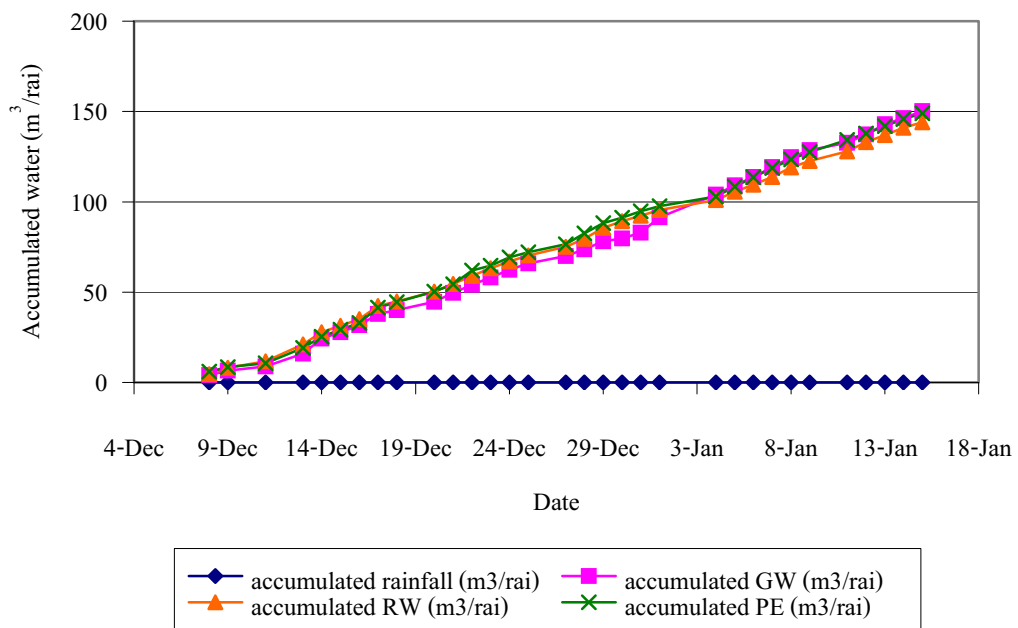
2.3.3.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

ปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลีทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-56 และตารางที่ 2-53



ก. ครั้งที่ 1 (15 ตุลาคม – 24 พฤศจิกายน 2547)



ข. ครั้งที่ 2 (7 ธันวาคม 2547 – 17 มกราคม 2548)

รูปที่ 2-56 การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-53 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (15 ต.ค. - 24 พ.ย. 47)	GWps	174	59	233	78.0
	RW	167	59	226	75.2
	PE	181	59	240	75.4
2 (7 ธ.ค. 47 - 17 ม.ค. 48)	GWps	150	0	150	100
	RW	144	0	144	100
	PE	149	0	149	100

ในการปลูกครั้งที่ 1 ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2547 มีฝนตกเพียง 2 วันในเดือนพฤศจิกายน ปริมาณ 37 มม. ส่วนในการปลูกครั้งที่ 2 เดือนธันวาคม 2547 ถึงมกราคม 2548 ไม่มีฝนตกเลย การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา เมื่อรวมปริมาณน้ำรดและน้ำฝนดังแสดงในตารางที่ 2-53 พบว่า ปริมาณน้ำรดมีส่วนอยู่ในช่วง 75.2-78.0% ของน้ำเข้าทั้งหมดในการปลูกครั้งที่ 1 และ 100% ในการปลูกครั้งที่ 2

ข) คุณภาพน้ำรด

ผลการตรวจคุณภาพน้ำรดที่ใช้ปลูกผักกาดขาวปลีทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-54 และ 2-55 สำหรับการแปรผันคุณภาพน้ำรดได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-57 ถึง 2-63

ในส่วนของการปลูกผักกาดขาวปลีครั้งที่ 1 เทศบาลนครเชียงใหม่ไม่ได้ส่งน้ำเสียเข้าบ่อสูบ P10 อย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากอยู่ระหว่างการซ่อมท่อค้ำน้ำเสียระยะสุดท้าย จึงส่งน้ำมาบ้างไม่มาบ้าง ทำให้บางวัน (ส่วนใหญ่) ไม่มีน้ำเสียในบ่อสูบ P10 การปลูกผักกาดขาวปลีในช่วงที่ไม่มีน้ำเสียจึงต้องใช้น้ำบาดาลทดแทน การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวัดคุณภาพจึงทำได้เพียงครั้งเดียว ในการปลูกครั้งที่ 2 มีน้ำ RW เข้าแปลงทดลองอย่างสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตามจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าน้ำรดที่ใช้ในการปลูกผักกาดขาวปลีมีคุณภาพที่คล้ายคลึงกับที่ใช้ในการปลูกผักชนิดอื่น ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3.1.2 (ข) ผักคะน้า และ 2.3.2.2 (ข) กะหล่ำดอก

ตารางที่ 2-54 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักกาดขาวปลีครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

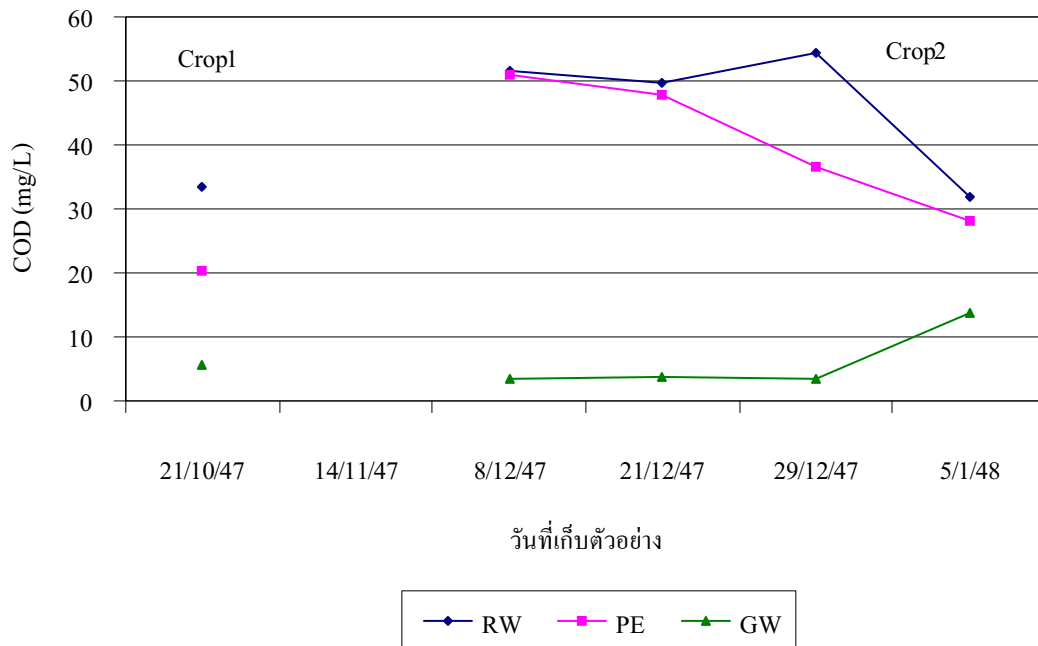
ดัชนีคุณภาพน้ำ	RW	PE	GWps
พีเอช	7.28	7.02	5.76
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	556	570	676
TDS, มก/ล	340	358	519
สารแขวนลอย, มก/ล	22.0	7.60	-
COD, มก/ล	33.3	20.2	5.55
BOD, มก/ล	12.0	7.21	0.88
TP, มก/ล	0.41	0.20	0.07
NO _{2,3} -N, มก/ล	0.45	0.16	0.06
NH ₃ -N, มก/ล	5.46	4.77	0.07
TKN, มก/ล	8.39	6.86	0.18
Total Coliforms, MPN/100 มล	500,000	300,000	8
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	220,000	170,000	2

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง

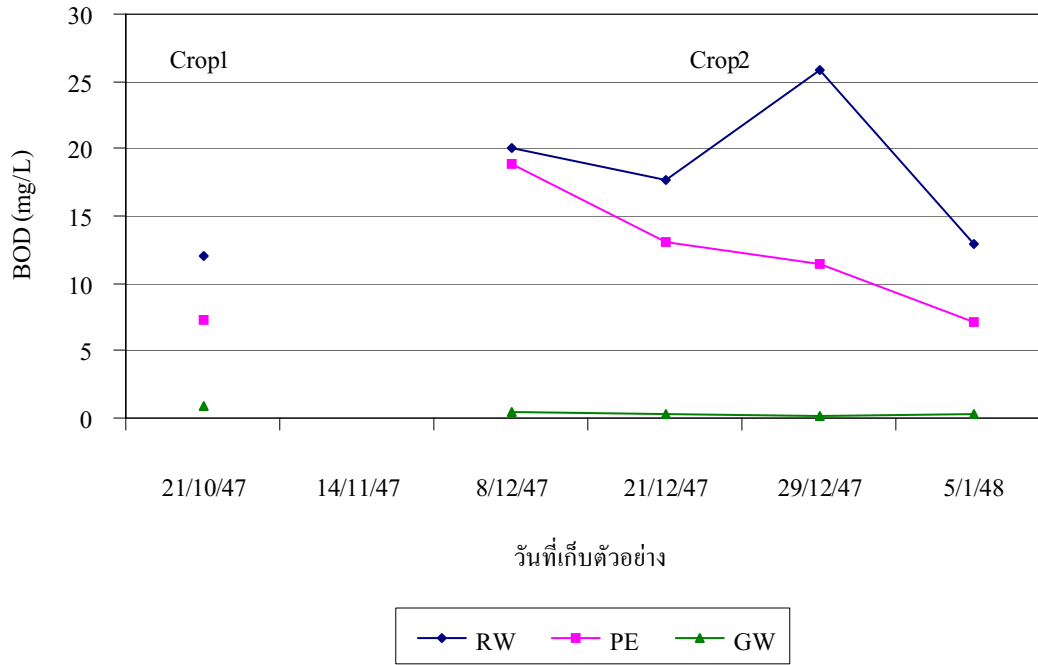
ตารางที่ 2-55 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักกาดขาวปลีครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.05-7.43	6.96-7.63	5.53-6.30
	ave $\pm$ s	7.22 $\pm$ 0.19	7.29 $\pm$ 0.33	5.87 $\pm$ 0.35
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	537-563	546-622	549-603
	ave $\pm$ s	547 $\pm$ 11.4	597 $\pm$ 35.7	586 $\pm$ 25.4
TDS, มก/ล	min-max	269-276	257-292	305-339
	ave $\pm$ s	2.73 $\pm$ 3.77	275 $\pm$ 14.3	330 $\pm$ 16.5
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	7.80-63.5	5.90-35.7	-
	ave $\pm$ s	29.3 $\pm$ 24.9	22.6 $\pm$ 12.5	-
COD, มก/ล	min-max	32.0-54.3	28.2-51.0	3.39-13.9
	ave $\pm$ s	46.9 $\pm$ 10.1	40.8 $\pm$ 10.5	6.14 $\pm$ 5.18
BOD, มก/ล	min-max	12.9-25.8	7.10-18.9	0.11-0.40
	ave $\pm$ s	19.1 $\pm$ 5.36	12.6 $\pm$ 4.88	0.26 $\pm$ 0.12
TP, มก/ล	min-max	0.17-0.46	0.14-0.30	0.04-0.06
	ave $\pm$ s	0.26 $\pm$ 0.14	0.21 $\pm$ 0.07	0.05 $\pm$ 0.01
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.35-0.44	0.29-0.35	0.04-0.05
	ave $\pm$ s	0.40 $\pm$ 0.04	0.33 $\pm$ 0.03	0.05 $\pm$ 0.01
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	7.27-8.95	5.49-8.66	0.06-0.08
	ave $\pm$ s	8.41 $\pm$ 0.79	7.59 $\pm$ 1.47	0.07 $\pm$ 0.01
TKN, มก/ล	min-max	10.7-16.0	8.60-11.7	0.10-0.11
	ave $\pm$ s	12.7 $\pm$ 2.31	10.3 $\pm$ 1.50	0.11 $\pm$ 0.01
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,100,000-16,000,000	260,000-3,500,000	<2-2
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	330,000-3,500,000	260,000-3,500,000	<2

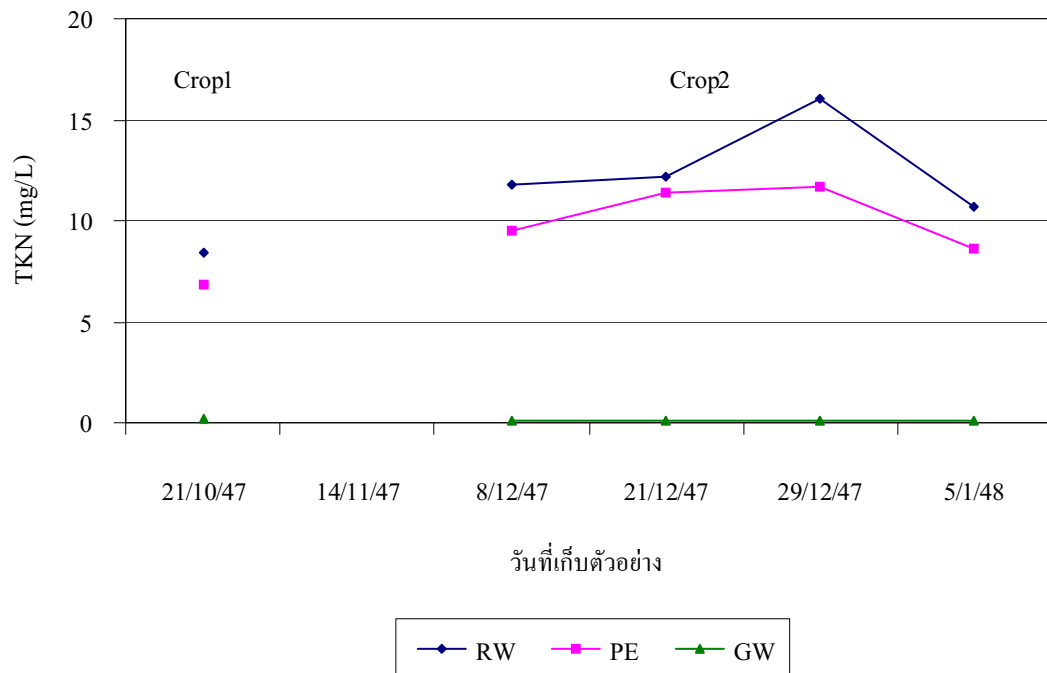
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง



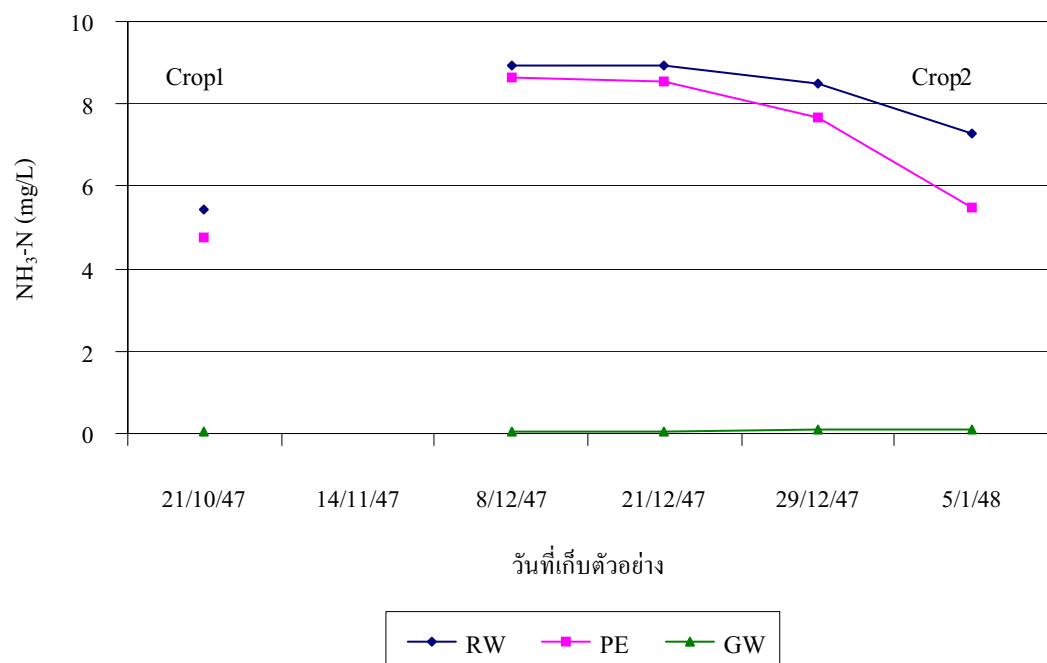
รูปที่ 2-57 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW



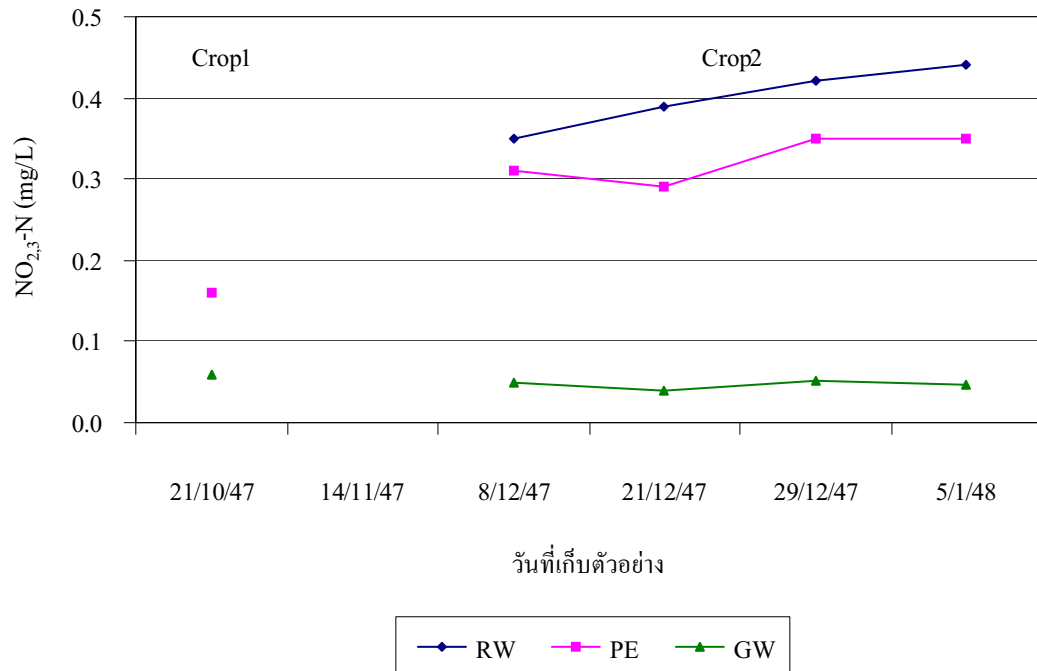
รูปที่ 2-58 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW



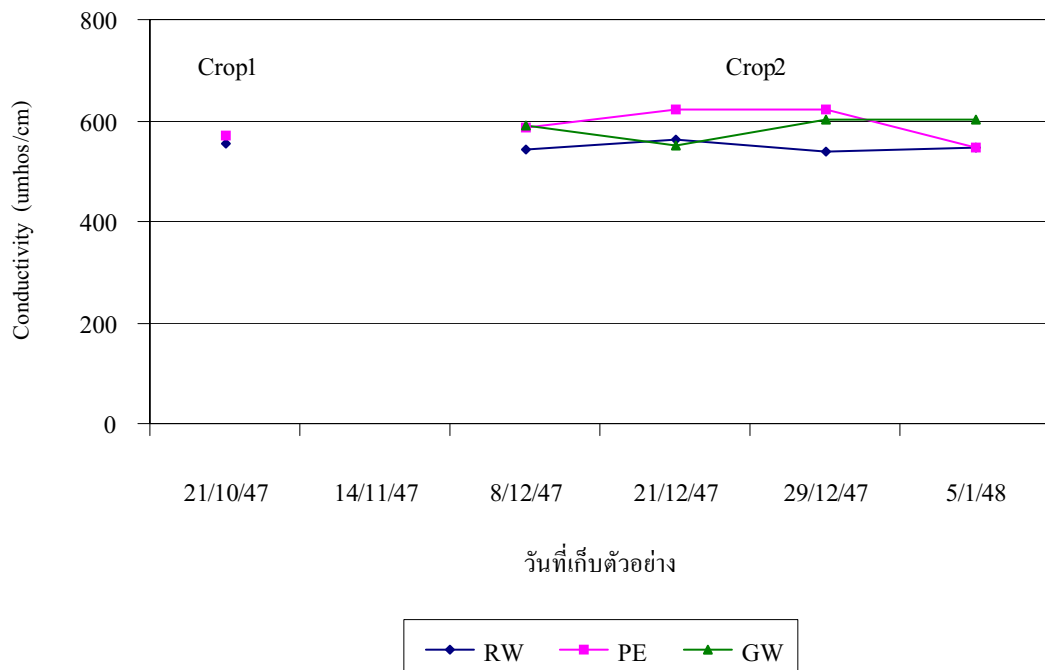
รูปที่ 2-59 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW



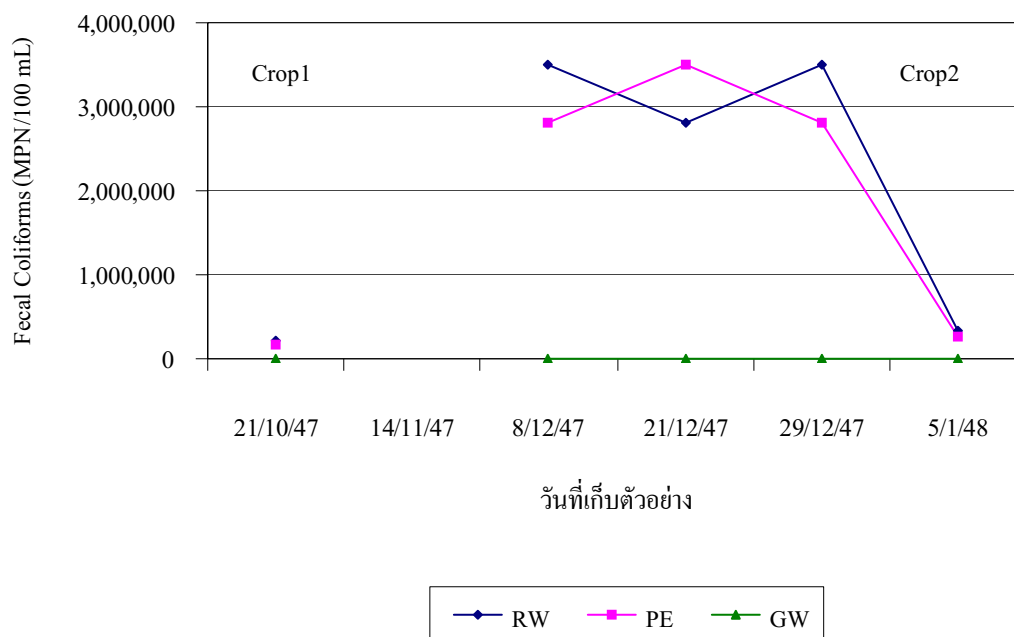
รูปที่ 2-60 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW



รูปที่ 2-61 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW



รูปที่ 2-62 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW



รูปที่ 2-63 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดขาวปลี-RW

2.3.3.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การสะสมโลหะหนักในดิน

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูกผักกาดขาวปลี ทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-56 ซึ่งจะเห็นว่าดินที่ใช้ปลูกผักกาดขาวปลีไม่มีการปนเปื้อนของ แคดเมียมและไม่มีการสะสมของแคดเมียมในแปลงที่ปลูกด้วยน้ำรดทุกชนิดในทุกรอบการปลูก เช่นเดียวกันกับการปลูกผักอื่น ๆ ในส่วนของทองแดง สังกะสี และตะกั่ว พบว่ามีปนเปื้อนอยู่ในระดับต่ำและมีค่าใกล้เคียงกันในทุกแปลงเพาะปลูกทั้งก่อนและหลังการปลูก จึงสรุปได้ว่าการใช้น้ำรด RW และ PE ไม่ก่อให้เกิดการสะสมโลหะหนักใด ๆ ในดินที่ใช้ทำการปลูกผักกาดขาวปลี

ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 ซม.) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงผักกาดขาวปลีได้แสดงในตารางที่ 2-57

ตารางที่ 2-56 โลหะหนักในดินปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	แปลงเพาะปลูก	ปริมาณ โลหะหนัก, มก/ก ดินแห้ง			
		แคดเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.023	0.060	0.021
	หลังปลูก	< 0.003	0.023	0.061	0.017
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.025	0.066	0.023
	หลังปลูก	< 0.003	0.026	0.085	0.022
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.025	0.063	0.023
	หลังปลูก	< 0.003	0.023	0.063	0.025
2	GWps ก่อนปลูก	< 0.003	0.023	0.061	0.017
	หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.066	0.021
	RW ก่อนปลูก	< 0.003	0.026	0.085	0.022
	หลังปลูก	< 0.003	0.025	0.073	0.014
	PE ก่อนปลูก	< 0.003	0.023	0.063	0.025
	หลังปลูก	< 0.003	0.026	0.072	0.023
ค่าความปลอดภัยสูงสุด (Webber และคณะ, 1983)		≥ 0.003	≥ 0.10	≥ 0.10	≥ 0.10

ตารางที่ 2-57 คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดินในแปลงผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	ตัวอย่างดินจากแปลงที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	5.84	4.67	3.35	2.65	0.14	0.16	46.8	26.6	258.4	134.0
	RW	5.86	4.38	2.47	3.01	0.10	0.19	38.7	36.8	239.7	263.1
	PE	5.88	4.60	2.55	2.70	0.10	0.16	39.4	37.3	284.4	260.6
2	GWps	4.67	4.90	2.65	2.89	0.16	0.17	26.6	184.6	134.0	209.9
	RW	4.38	4.64	3.01	1.56	0.19	0.20	36.8	391.0	263.1	337.2
	PE	4.60	5.21	2.70	2.59	0.16	0.17	37.3	335.2	260.6	228.1

ชนิดเนื้อดินในแปลงปลูกผักมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในการปลูกครั้งที่ 1 พบว่าแปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด ก่อนการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH อยู่ที่ 5.84-5.88 และหลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง มีค่า pH ลดลงอยู่ที่ 4.38-4.67 แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนและหลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ 3.35 และ 2.65% ตามลำดับ ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE ก่อนการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง คือ 2.47% และ 2.55% และหลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ 3.01% และ 2.70% ตามลำดับ แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่สูงมาก คือ 46.8 มก.ก./ก. และหลังการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงมีค่าค่อนข้างสูง คือ 26.6 มก.ก./ก. ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE ก่อนการเพาะปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ค่อนข้างสูง คือ 38.7 และ 39.4 มก.ก./ก. ตามลำดับ หลังการเพาะปลูกปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงเล็กน้อย ค่าค่อนข้างสูง แปลงที่ใช้น้ำ GWps ก่อนและหลังการเพาะปลูกมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินลดลง แต่ค่าอยู่ในระดับสูงมาก ในแปลงที่ใช้น้ำ RW ก่อนและหลังการเพาะปลูกมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก สำหรับไนโตรเจนหลังการปลูกมีค่าเพิ่มขึ้น

ในการปลูกครั้งที่ 2 เป็นการปลูกต่อเนื่อง ใช้ผลวิเคราะห์ดินหลังการปลูกครั้งที่ 1 เป็นค่าก่อนปลูกครั้งที่ 2 หลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง มี pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps และ RW ส่วนในแปลง PE หลังการเพาะปลูก ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง แปลงที่ใช้น้ำ GWps และ PE หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้น ค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ 2.89% และ 2.59% ตามลำดับ ในแปลงที่ใช้น้ำ RW หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงอยู่ในระดับปานกลาง คือ 1.56% หลังการเพาะปลูกปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าเพิ่มขึ้นทุกแปลงอยู่ในช่วงสูงมาก สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินหลังการเพาะปลูกมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในระดับสูงมาก ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps และ RW ไนโตรเจนหลังการปลูกมีค่าเพิ่มขึ้นทุกแปลง

ค) การปนเปื้อนพยาธิในดิน

จากการตรวจหาพยาธิในดินในแปลงปลูกผักกาดขาวปลีทั้งก่อนและหลังการปลูกจำนวน 2 รอบการปลูก ได้แสดงในตารางที่ 2-58

ตารางที่ 2-58 ผลการตรวจหาพยาธิในดินก่อนและหลังการปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	ชนิดน้ำ ที่ใช้	วิธีตรวจ	ผลของพยาธิ/ดิน 100 ก.	
			ก่อนปลูก	หลังปลูก
1	GWps	Sedimentation Method	Neg	600 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	Neg	Neg
		Baermann's Method	Neg	60 UFLN
	PE	Sedimentation Method	Neg	1200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	10 UFLN	Neg
		Baermann's Method	280 UFLN	380 UFLN 20 HW Larva
	RW	Sedimentation Method	1400 UFLN	800 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	10 UFLN	10 UFLN
		Baermann's Method	200 UFLN	120 UFLN 40 HW Larva
2	GWps	Sedimentation Method	600 UFLN	200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	Neg	30 UFLN
		Baermann's Method	60 UFLN	380 UFLN
	PE	Sedimentation Method	1200 UFLN	1200 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	Neg	13 UFLN
		Baermann's Method	380 UFLN, 20 HW Larva	320 UFLN
	RW	Sedimentation Method	800 UFLN	800 UFLN
		Centrifuge Floatation Method	10 UFLN	10 UFLN
		Baermann's Method	120 UFLN, 40 HW Larva	260 UFLN

หมายเหตุ UFLN = Unidentified Free Living Nematode

HW = Hook worm larva

Neg = ตรวจไม่พบ

ผลการตรวจพบว่า ไม่พบความแตกต่าง ของพยาธิก่อนและหลังการปลูก ในกรณีใช้น้ำ RW, PE พบพยาธิปากขอได้ในดินหลังการปลูกครั้งที่ 1 และในดินก่อนการปลูกครั้งที่ 2 แต่หลังการปลูกกลับไม่พบพยาธิปากขอ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าพยาธิปากขอที่พบ อาจไม่ได้มาจากน้ำที่ใช้รด คงมาจากสาเหตุอื่น

2.3.3.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต

ก) พยาธิและแบคทีเรีย

ผลการตรวจหาพยาธิในผักกาดขาวปลีได้แสดงในตารางที่ 2-59

ตารางที่ 2-59 ผลการตรวจหาพยาธิในผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	ผลเฉลี่ยของพยาธิ/ผักกาดขาวปลี 100 ก.น.น.สด		
		GWps	PE	RW
1	24 พฤศจิกายน 2547	3 UFLN	3 UFLN	Neg
2	17 มกราคม 2548	Neg	3 UFLN	8 UFLN

หมายเหตุ UFLN = Unidentified Free Living Nematode

Neg = ตรวจไม่พบ

ผลการตรวจไม่พบพยาธิอันตรายในผักกาดขาวปลีที่ใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิด จากการปลูกทั้ง 2 รอบการปลูก

ส่วนการตรวจหาแบคทีเรียในผักกาดขาวปลีขณะเก็บเกี่ยวได้แสดงในตารางที่ 2-60 พบว่าในรอบการปลูกที่ 1 ไม่พบแบคทีเรียอันตรายเลย แต่ในรอบการปลูกที่ 2 พบแบคทีเรียอันตรายชนิด *Salmonella enteritidis group B* ในผักที่รดด้วยน้ำ GWps และเชื้อ *Salmonella enteritidis group E* ในผักที่รดด้วยน้ำเสียสด ซึ่งไม่สอดคล้องกับการตรวจหาแบคทีเรียในน้ำ เพราะจากการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียในน้ำ GWps ตลอดระยะเวลาหลายเดือนมากกว่า 1 ปี จะพบว่า ไม่พบเชื้อแบคทีเรียอันตรายในน้ำ GWps เลยแม้แต่ครั้งเดียว แสดงว่าเชื้อ *Salmonella enteritidis group B* ที่พบในผักที่รดด้วยน้ำ GWps น่าจะเกิดการปนเปื้อนมาจากแหล่งอื่น เช่นดินที่ใช้ในการปลูกก็เป็นได้ ซึ่งอาจจะเป็นกรณีเดียวกับที่พบในผักที่รดด้วยน้ำ RW ก็เป็นไปได้

ตารางที่ 2-60 ผลการตรวจหาแบคทีเรียในผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	วันที่เก็บตัวอย่าง	แบคทีเรียในผัก		
		GWps	PE	RW
1	24 พฤศจิกายน 2547	No S,S,C	No S,S,C	No S,S,C
2	17 มกราคม 2548	- <i>Salmonella enteritidis</i> group B	No S,S,C	- <i>Salmonella enteritidis</i> group E

หมายเหตุ No S,S,C = No Salmonella, Shigella, Cholera

ข) โลหะหนัก

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในผักกาดขาวปลีจากการปลูกทั้ง 2 ครั้ง ได้แสดงในตารางที่ 2-61

ตารางที่ 2-61 โลหะหนักในผักกาดขาวปลี (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่ (ระยะเวลาเก็บเกี่ยว)	ชนิดน้ำ ที่ใช้	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในผักกาดขาวปลี (มก.ก./100 ก.น.น.สด) ⁽¹⁾			
		Cd	Pb	Cu	Zn
1 (24 พ.ย. 47)	GWps	0.87 (0.90, 0.83)	0 (0, 0)	26.32 (31.94, 20.69)	404.51 (405.19, 403.83)
	RW	0.88 (0.92, 0.84)	0 (0, 0)	20.64 (20.08, 21.19)	322.36 (321.36, 323.35)
	PE	0.80 (0.81, 0.79)	0 (0, 0)	22.49 (25.97, 19.01)	310.69 (310.11, 311.27)
2 (17 ม.ค. 48)	GWps	1.49 (1.36, 1.61)	0 (0, 0)	25.90 (27.53, 24.27)	127.80 (128.62, 126.98)
	RW	1.09 (1.08, 1.09)	0 (0, 0)	25.36 (28.88, 21.83)	93.55 (91.94, 95.16)
	PE	1.08 (1.07, 1.08)	0 (0, 0)	19.35 (18.23, 20.47)	84.95 (82.33, 87.56)
ค่าความปลอดภัยสูงสุด ⁽²⁾		5	200	1,000	15,000

หมายเหตุ (1) วิเคราะห์ตัวอย่างรวม (composite) 2 ครั้ง ค่าที่ได้แสดงในวงเล็บ

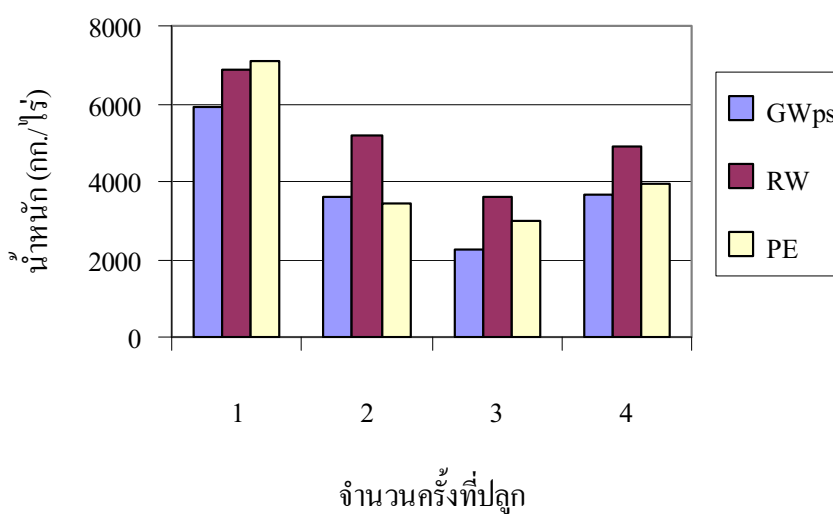
(2) APFAN (1994) Metal and Contaminants in Food, Standard A12, APFAN 2nd Food Analysis Workshop, 12-16 September 1994, QHSS, Brisbane, Australia.

ผลการวิเคราะห์ไม่พบตะกั่วในผักที่ปลูกโดยน้ำทั้ง 3 ชนิด แคดเมียมในผักที่ปลูกโดยน้ำทั้ง 3 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน และในการปลูกครั้งที่ 2 มีค่าสูงกว่าการปลูกครั้งแรก สำหรับทองแดงมีค่าใกล้เคียงกันจากการปลูกทั้ง 2 ครั้ง ขณะที่สังกะสีในการปลูกครั้งที่ 2 มีค่าลดลง ผลผลิตที่ได้มีค่าโลหะหนักต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุดในการบริโภคหลายเท่าตัว

2.3.4 ผักกาดหัว (น้ำ RW)

2.3.4.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกผักกาดหัวในแปลงผัก 1 โดยใช้ น้ำ GWps, RW, PE ได้ทดลอง 4 ครั้ง การปลูก 3 ครั้งแรกทำต่อเนื่องในช่วงเดือนตุลาคม 2547 - มีนาคม 2548 การปลูกครั้งที่ 4 ทำช่วงท้ายของการทดลองหลังจากน้ำท่วมแปลงผักลดลง ผลผลิตสรุปได้ดังรูปที่ 2-64 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตทางสถิติได้แสดงในตารางที่ 2-62



รูปที่ 2-64 ผลผลิตเฉลี่ยผักกาดหัวแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-62 ข้อมูลผลผลิตของผักกาดหัวในแปลงผัก 1 (น้ำ RW)

ชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูก	น้ำหนักสด (กก./ไร่)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
GWps	5902.2	3630.2	2272.0	3669.3
RW	6887.1	5208.9	3630.2	4874.7
PE	7116.4	3409.8	2997.3	3946.7
LSD (0.05)	1123.0	1124.6	NS	NS
CV (%)	7.46	12.15	23.73	22.0

หมายเหตุ LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV (coefficient of variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

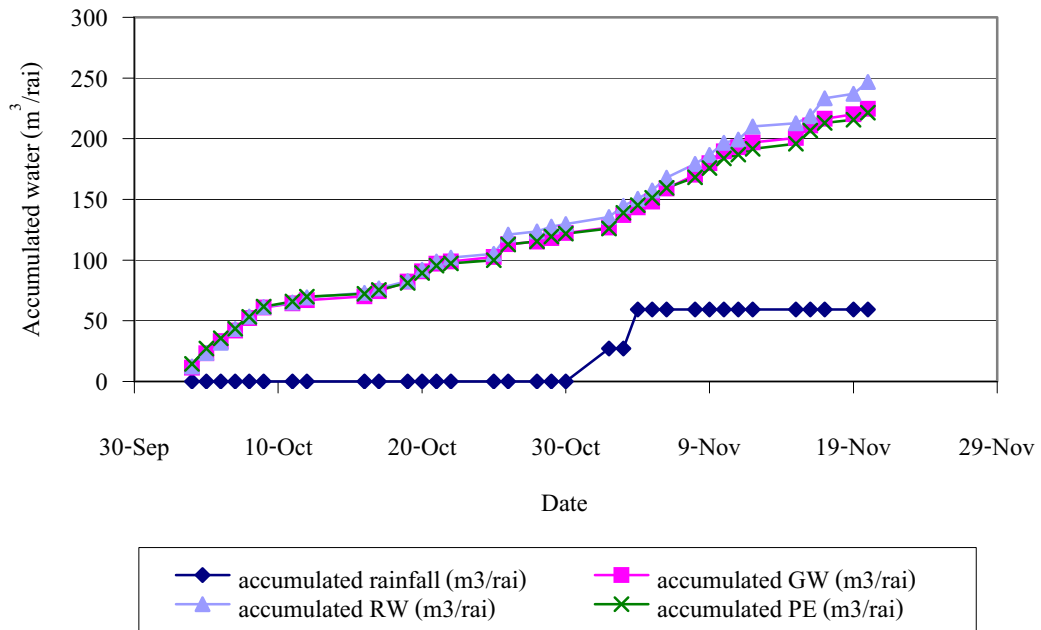
NS ไม่แตกต่างในทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักกาดหัวครั้งที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผักกาดหัวที่ปลูกด้วยน้ำ PE ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 7116.4 กก./ไร่ และผลผลิตโดยเฉลี่ยของผักกาดหัวครั้งที่ 2 ก็พบว่ามีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยผักกาดหัวที่ปลูกโดยใช้น้ำ PE ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ 3409.8 กก./ไร่ และผักกาดหัวที่ปลูกโดยใช้น้ำ RW ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 5208.9 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่ 3 และ 4 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของผักกาดหัวที่ใช้น้ำ GWps, RW และ PE ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แม้ว่าผักกาดหัวที่ใช้น้ำ RW และ PE มีแนวโน้มให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าน้ำ GWps ก็ตาม การปลูกครั้งที่ 1 ให้ผลผลิตสูงกว่าครั้งที่ 2-4 คาดว่าเนื่องจากปลูกในช่วงฤดูกาลที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

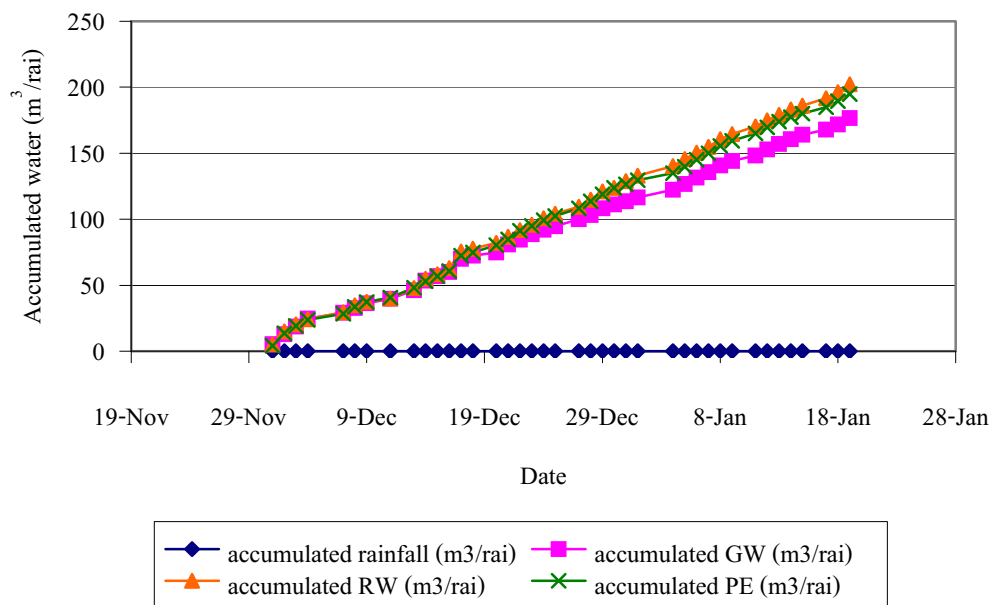
2.3.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

การแปรผันปริมาณน้ำรดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดหัวทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-65 และตารางที่ 2-63

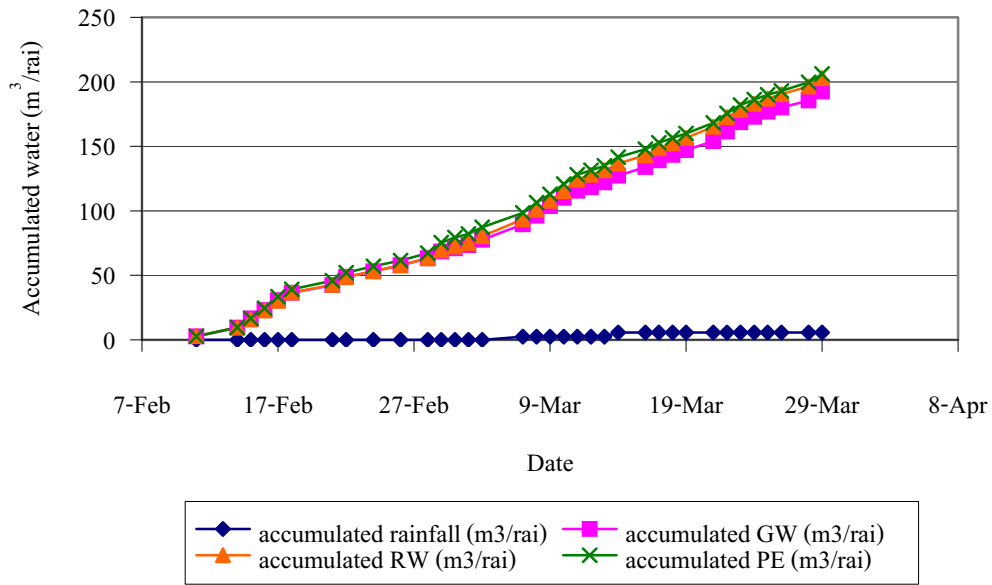


ก. ครั้งที่ 1 (1 ตุลาคม – 22 พฤศจิกายน 2547)

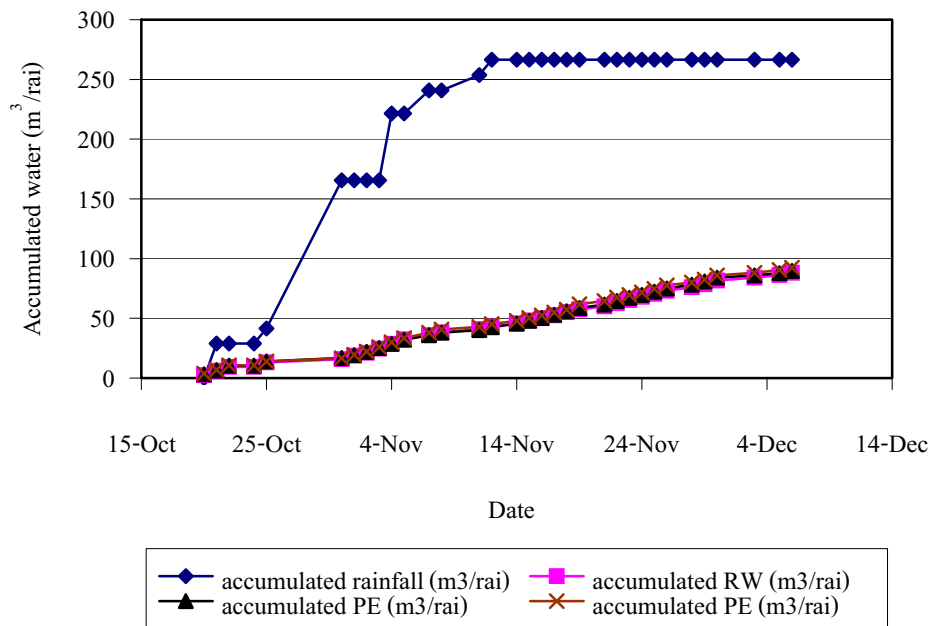


ข. ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2547 – 20 มกราคม 2548)

รูปที่ 2-65 การแปรผันปริมาณน้ำรคสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดหัว (น้ำ RW)



ค. ครั้งที่ 3 (11 กุมภาพันธ์ – 31 มีนาคม 2548)



ง. ครั้งที่ 4 (19 ตุลาคม – 30 พฤศจิกายน 2548)

รูปที่ 2-65 การแปรผันปริมาณน้ำระดสะสมและปริมาณน้ำฝนสะสมในการเพาะปลูกผักกาดหัว (น้ำ RW) (ต่อ)

ตารางที่ 2-63 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักกาดหัว (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	ชนิดน้ำที่ใช้	ปริมาณน้ำเข้า, ลบ.ม./ไร่			ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวม (%)
		น้ำรด	น้ำฝน	น้ำเข้ารวม	
1 (1 ต.ค. - 22 พ.ย. 47)	GWps	225	59	284	79.2
	RW	247	59	306	80.7
	PE	222	59	281	79.0
2 (1 ธ.ค. 47 - 20 ม.ค. 48)	GWps	176.6	0	176.6	100
	RW	202.2	0	202.2	100
	PE	194.7	0	194.7	100
3 (11 ก.พ. - 31 มี.ค. 48)	GWps	193	5.6	198.6	97.2
	RW	203	5.6	208.6	97.3
	PE	206	5.6	211.6	97.4
4 (19 ต.ค. - 30 พ.ย. 48)	GWps	88.0	266.4	354.4	24.8
	RW	89.6	266.4	356	25.2
	PE	92.4	266.4	358.8	25.8

ในการปลูกครั้งที่ 1 เป็นช่วงปลายฤดูฝนเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2547 พบว่ามีฝนตกเพียง 2 วันในเดือนพฤศจิกายน ปริมาณ 37 มม. การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา ปริมาณน้ำรดมีสัดส่วนอยู่ในช่วง 79.0-80.7% ของน้ำเข้าทั้งหมด ในการปลูกครั้งที่ 2 ซึ่งทำต่อเนื่องกันไป ไม่มีฝนตกเลย การปลูกครั้งที่ 3 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม 2548 มีฝนตกเพียง 2 วันในเดือนมีนาคม ปริมาณ 3.5 มม. ปริมาณน้ำรดมีสัดส่วนอยู่ในช่วง 97.2-97.4% ของน้ำเข้าทั้งหมด ในการปลูกครั้งที่ 4 เป็นช่วงปลายฤดูฝนเหมือนการปลูกครั้งที่ 1 (ตุลาคม-ธันวาคม 2548) มีฝนตกค่อนข้างมากคือ 5 วันในเดือนตุลาคม ปริมาณ 77.5 มม. ในเดือนพฤศจิกายน 4 วัน ปริมาณ 63 มม. การรดน้ำผักมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการศึกษา ปริมาณน้ำรดมีสัดส่วนอยู่ในช่วง 24.8-25.8% ของน้ำเข้าทั้งหมด

ข) คุณภาพน้ำรด

ผลการตรวจคุณภาพน้ำรดที่ใช้ในการปลูกผักกาดหัวทั้ง 4 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-64 ถึง 2-67 สำหรับการแปรผันคุณภาพน้ำรดในช่วงที่ทำการเพาะปลูกได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-66 ถึง 2-72

ตารางที่ 2-64 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	RW	PE	GWps
พีเอช	7.28, 7.28	7.56, 7.02	5.90, 5.76
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	539, 556	556, 570	552, 676
TDS, มก/ล	298, 340	251, 358	375, 519
สารแขวนลอย, มก/ล	188, 22.0	140, 7.60	-
COD, มก/ล	- , 33.3	202, 20.2	3.96, 5.55
BOD, มก/ล	282, 12.0	93.0, 7.21	0.87, 0.88
TP, มก/ล	4.93, 0.41	0.80, 0.20	0.02, 0.07
NO _{2,3} -N, มก/ล	26.2, 0.45	10.2, 0.16	0.01, 0.06
NH ₃ -N, มก/ล	8.20, 5.46	5.30, 4.77	0.04, 0.07
TKN, มก/ล	14.3, 8.39	10.1, 6.86	0.12, 0.18
Total Coliforms, MPN/100 มล	9,000,000 ; 500,000	3,000,000 ; 300,000	8, 8
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	1,700,000 ; 220,000	1,100,000 ; 170,000	2, 2

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง

ตารางที่ 2-65 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	6.84-7.43	6.90-7.63	5.53-6.30
	ave $\pm$ s	7.13 $\pm$ 0.21	7.21 $\pm$ 0.30	5.83 $\pm$ 0.29
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	408-563	454-622	549-603
	ave $\pm$ s	511 $\pm$ 59.7	556 $\pm$ 66.3	582 $\pm$ 23.1
TDS, มก/ล	min-max	256-276	257-292	305-380
	ave $\pm$ s	268 $\pm$ 7.91	274 $\pm$ 11.7	343 $\pm$ 24.8
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	7.80-63.5	5.90-35.7	-
	ave $\pm$ s	28.5 $\pm$ 22.7	21.9 $\pm$ 12.7	-
COD, มก/ล	min-max	21.4-54.3	25.8-51.0	1.66-13.9
	ave $\pm$ s	43.0 $\pm$ 13.2	38.1 $\pm$ 10.1	6.50 $\pm$ 5.37
BOD, มก/ล	min-max	12.9-25.8	6.32-19.0	0.11-0.47
	ave $\pm$ s	18.4 $\pm$ 4.74	12.6 $\pm$ 5.51	0.32 $\pm$ 0.14
TP, มก/ล	min-max	0.17-0.46	0.14-0.30	0.04-0.12
	ave $\pm$ s	0.27 $\pm$ 0.13	0.23 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.03
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.25-1.34	0.20-1.60	0.04-0.15
	ave $\pm$ s	0.53 $\pm$ 0.37	0.52 $\pm$ 0.49	0.06 $\pm$ 0.04
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	4.13-8.95	4.07-8.66	0.05-0.12
	ave $\pm$ s	7.78 $\pm$ 1.90	7.17 $\pm$ 1.94	0.08 $\pm$ 0.03
TKN, มก/ล	min-max	8.03-16.0	7.35-11.7	0.10-0.24
	ave $\pm$ s	11.8 $\pm$ 2.58	10.0 $\pm$ 1.84	0.13 $\pm$ 0.06
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	700,000-16,000,000	70,000-3,500,000	< 2-7
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	330,000-3,500,000	70,000-3,500,000	< 2-4

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง

ตารางที่ 2-66 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 3 (น้ำ RW)

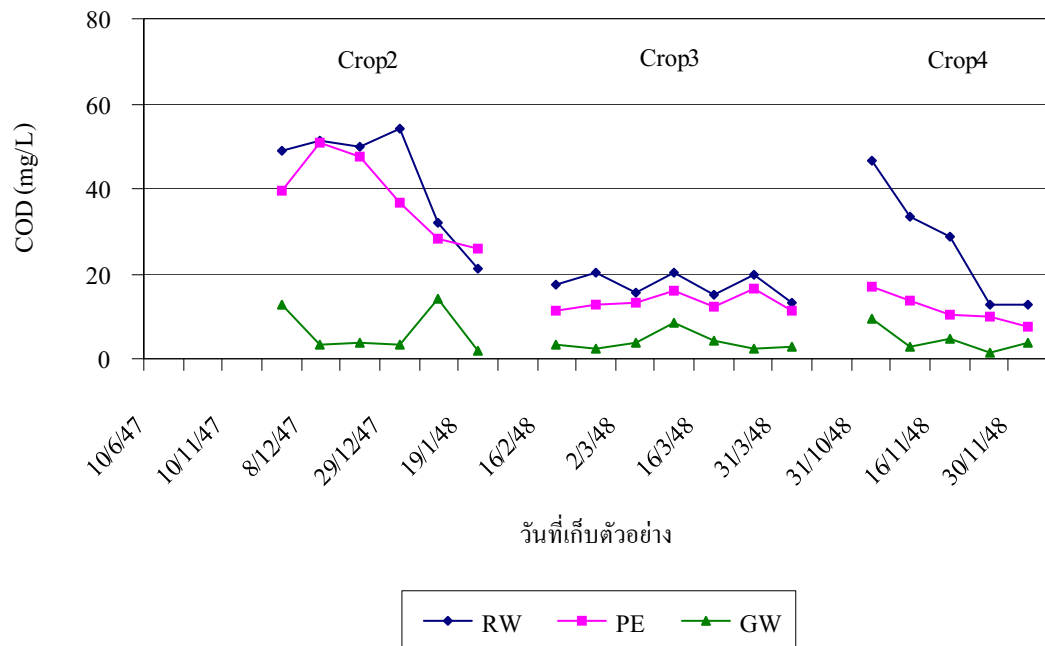
ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.11-7.53	6.96-7.89	5.64-7.20
	ave $\pm$ s	7.27 $\pm$ 0.16	7.25 $\pm$ 0.34	6.26 $\pm$ 0.68
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	214-258	226-256	377-612
	ave $\pm$ s	231 $\pm$ 13.4	239 $\pm$ 11.7	483 $\pm$ 80.6
TDS, มก/ล	min-max	130-156	123-163	240-404
	ave $\pm$ s	146 $\pm$ 8.68	147 $\pm$ 14.2	318 $\pm$ 59.7
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	13.3-57.6	7.80-22.4	-
	ave $\pm$ s	29.5 $\pm$ 17.1	13.6 $\pm$ 5.56	-
COD, มก/ล	min-max	13.0-20.4	11.2-16.6	2.42-8.32
	ave $\pm$ s	17.3 $\pm$ 2.93	13.3 $\pm$ 2.14	3.88 $\pm$ 2.06
BOD, มก/ล	min-max	5.03-15.9	2.53-10.3	0.13-0.94
	ave $\pm$ s	10.3 $\pm$ 4.80	6.58 $\pm$ 2.98	0.43 $\pm$ 0.29
TP, มก/ล	min-max	0.19-0.35	0.20-0.28	0.01-0.10
	ave $\pm$ s	0.28 $\pm$ 0.06	0.24 $\pm$ 0.03	0.08 $\pm$ 0.03
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.55-1.53	0.52-1.37	0.01-0.09
	ave $\pm$ s	1.05 $\pm$ 0.39	1.11 $\pm$ 0.32	0.04 $\pm$ 0.03
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	1.10-1.90	0.51-1.84	0.02-0.16
	ave $\pm$ s	1.41 $\pm$ 0.28	1.16 $\pm$ 0.44	0.11 $\pm$ 0.05
TKN, มก/ล	min-max	1.44-3.22	1.30-2.94	0.11-0.16
	ave $\pm$ s	2.16 $\pm$ 0.60	2.04 $\pm$ 0.52	0.14 $\pm$ 0.02
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	90,000-300,000	20,000-300,000	< 2-26
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	40,000-230,000	20,000-270,000	< 2-17

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 7 ครั้ง

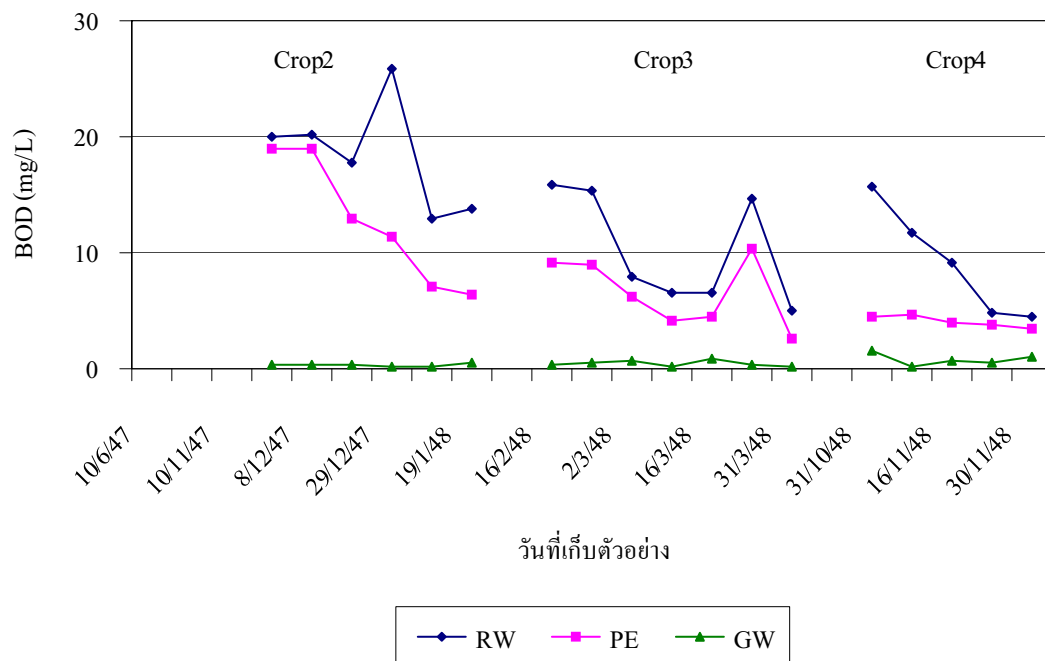
ตารางที่ 2-67 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 4 (น้ำ RW)

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	7.06-7.31	7.12-7.45	5.99-6.44
	ave $\pm$ s	7.21 $\pm$ 0.11	7.31 $\pm$ 0.15	6.24 $\pm$ 0.17
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	304-380	281-306	630-775
	ave $\pm$ s	327 $\pm$ 32.2	297 $\pm$ 9.76	701 $\pm$ 55.2
TDS, มก/ล	min-max	184-243	162-202	408-702
	ave $\pm$ s	200 $\pm$ 25.3	187 $\pm$ 16.3	560 $\pm$ 118
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	50.6-323	33.9-85.9	-
	ave $\pm$ s	204 $\pm$ 135	61.2 $\pm$ 18.6	-
COD, มก/ล	min-max	12.7-46.7	7.52-16.9	1.49-9.22
	ave $\pm$ s	26.9 $\pm$ 14.5	11.6 $\pm$ 3.68	4.43 $\pm$ 2.94
BOD, มก/ล	min-max	4.45-15.7	3.50-4.59	0.20-1.63
	ave $\pm$ s	9.17 $\pm$ 4.74	4.08 $\pm$ 0.48	0.81 $\pm$ 0.55
TP, มก/ล	min-max	0.12-0.19	0.11-0.15	0.02-0.03
	ave $\pm$ s	0.15 $\pm$ 0.03	0.13 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.01
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.60-1.85	0.40-1.29	0.030-0.12
	ave $\pm$ s	1.38 $\pm$ 0.42	0.79 $\pm$ 0.32	0.068 $\pm$ 0.029
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	1.47-2.15	1.10-2.06	0.09-0.10
	ave $\pm$ s	1.72 $\pm$ 0.30	1.54 $\pm$ 0.39	0.09 $\pm$ 0.01
TKN, มก/ล	min-max	3.29-3.94	2.09-2.94	0.15-0.31
	ave $\pm$ s	3.59 $\pm$ 0.28	2.67 $\pm$ 0.34	0.21 $\pm$ 0.07
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,700,000-16,000,000	330,000-9,000,000	< 2-14
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	340,000-3,500,000	130,000-2,200,000	< 2-9

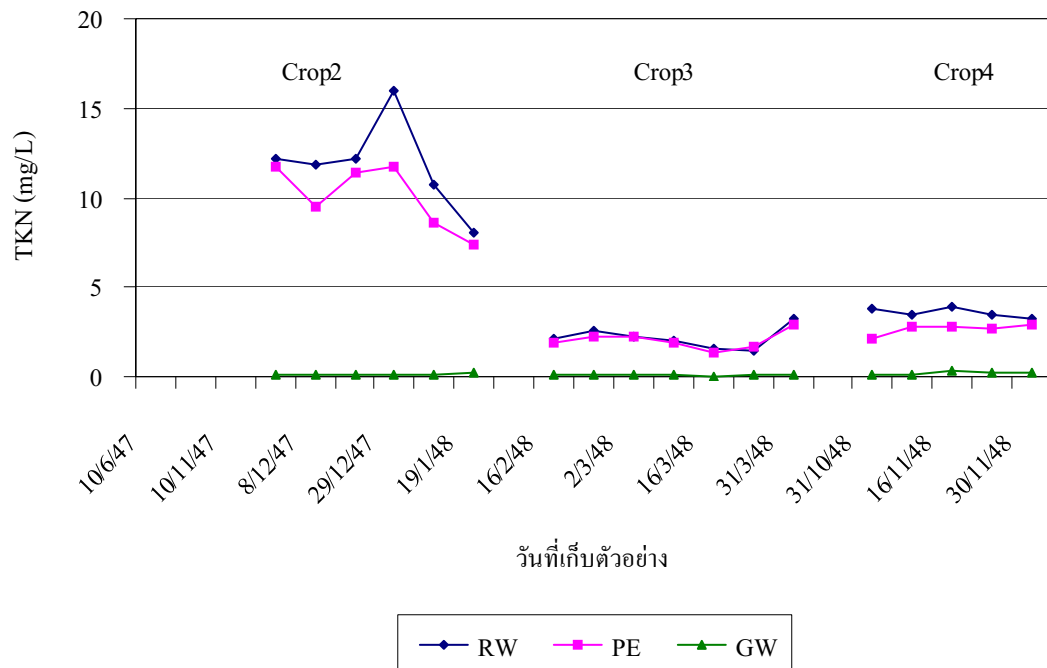
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง



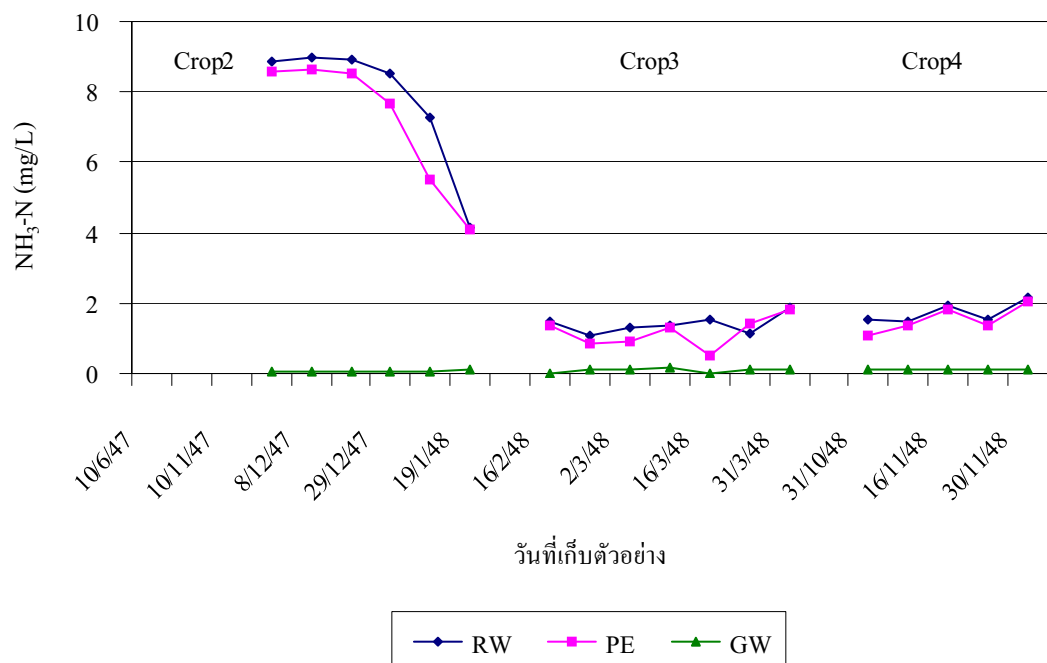
รูปที่ 2-66 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW



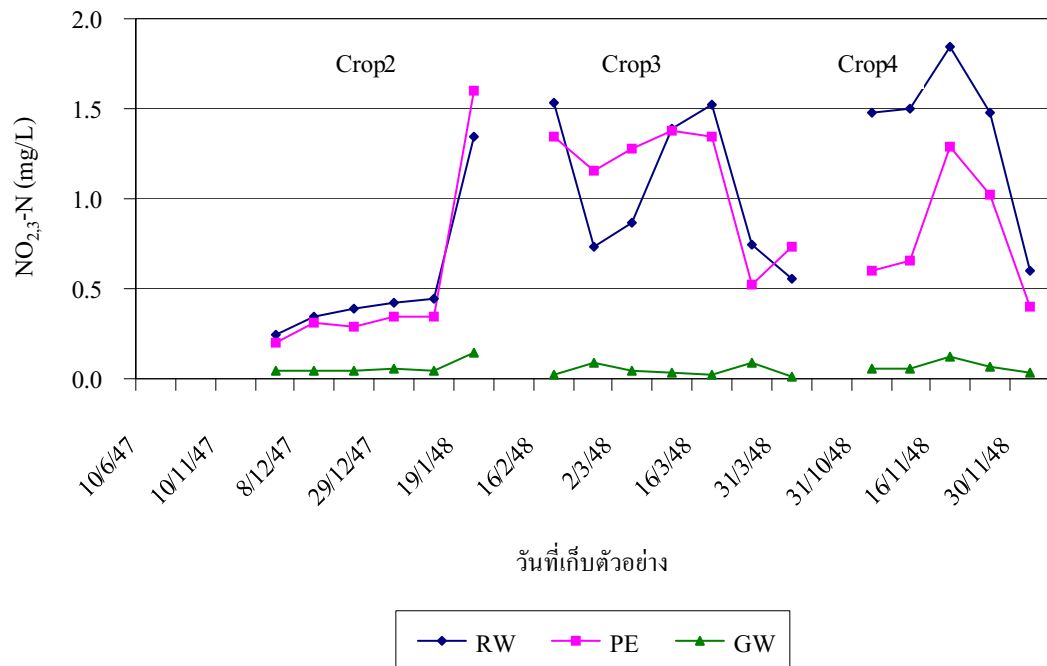
รูปที่ 2-67 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW



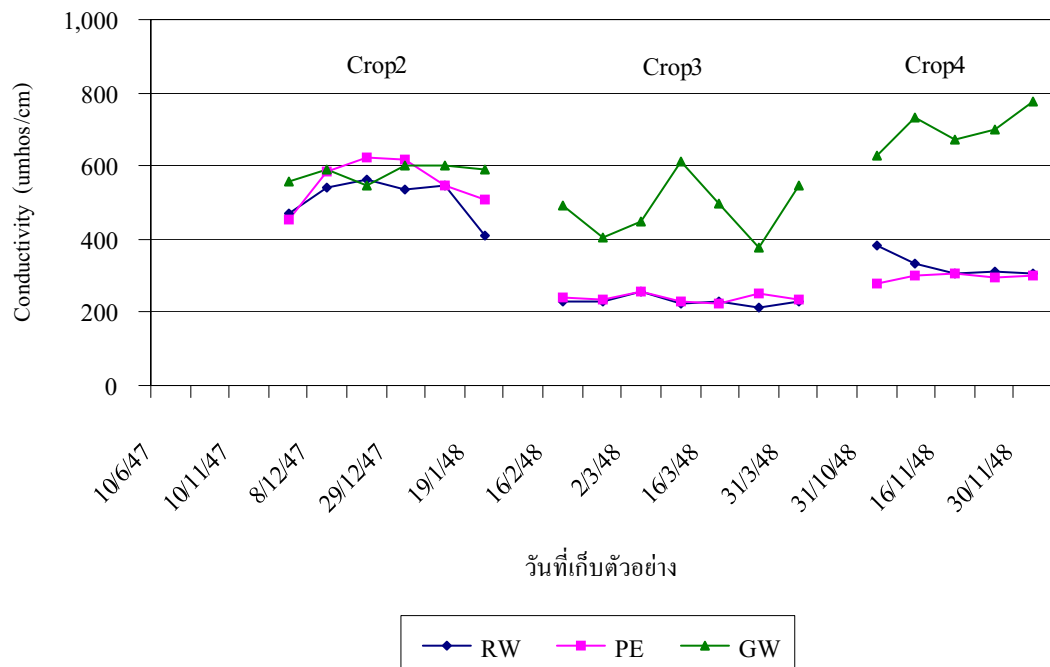
รูปที่ 2-68 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW



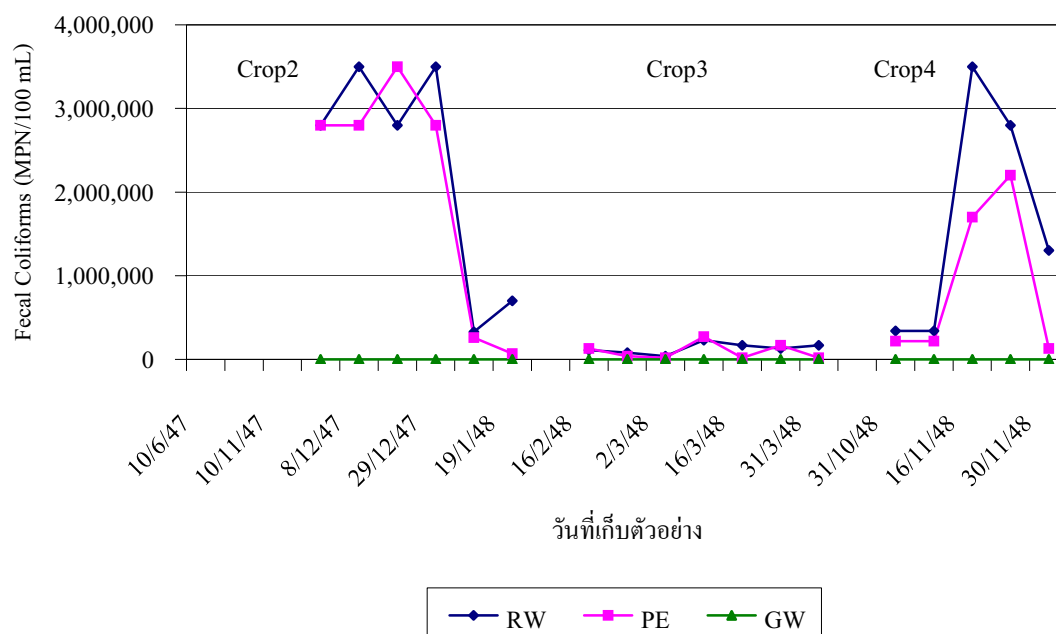
รูปที่ 2-69 การแปรผันค่า NH₃-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW



รูปที่ 2-70 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW



รูปที่ 2-71 การแปรผันค่า Conductivity ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW



รูปที่ 2-72 การแปรผัน Fecal Coliforms ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักกาดหัว-RW

ในระหว่างการปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงเดียวกันกับการปลูกผักกาดขาวปลี (น้ำ RW) ครั้งที่ 1 เทศบาลนครเชียงใหม่ได้ทำการซ่อมท่อคักน้ำเสียระยะสุดท้าย จึงไม่ได้ส่งน้ำเสียเข้าบ่อสูบ P10 อย่างสม่ำเสมอ ดังได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 2.3.3.2 (ข) ดังนั้นข้อมูลคุณภาพน้ำรดของการปลูกผักกาดหัวครั้งที่ 1 จึงมีเพียง 2 ครั้งเท่านั้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำรด RW และ PE ของรอบการปลูกที่เหลือทั้ง 3 ครั้งพบว่า น้ำรด RW และ PE ของรอบการปลูกที่ 2 มีระดับการปนเปื้อนเฉลี่ยของสารเจือปนทุกพารามิเตอร์ที่สูงที่สุด อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธีการทางสถิติพบว่า มีเพียงค่าเฉลี่ยของเจดาคัลไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และสภาพการนำไฟฟ้า เท่านั้นที่มีค่าสูงกว่าของรอบการปลูกอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ไม่มีความแตกต่างจากของรอบการปลูกอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าระดับการปนเปื้อนเฉลี่ยของสารเจือปนส่วนใหญ่ในการปลูกครั้งที่ 3 มีค่าต่ำกว่าของรอบการปลูกอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญด้วย

น้ำ RW และ PE นี้มีระดับการปนเปื้อนของสารเจือปนส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นบีโอดีซึ่งพบว่าน้ำ PE มีค่าบีโอดีเฉลี่ยต่ำกว่าของน้ำ RW อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในรอบการปลูกเดียวกันทุกรอบ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำ RW และ PE มีระดับการปนเปื้อนของสารเจือปนทุกตัว (ยกเว้นสภาพการนำไฟฟ้า) สูงกว่าของน้ำบาดาลอย่างมากด้วย

2.3.4.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม

ก) การสะสมโลหะหนักในดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูกผักกาดหัว ทั้ง 4 ครั้ง พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินก่อนและหลังการปลูกทุกแปลงในทุกรอบการเพาะปลูก ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2-68 ในส่วนทองแดง สังกะสี และตะกั่วพบว่ามีการปนเปื้อนอยู่ในระดับต่ำและมีค่าใกล้เคียงกันทุกแปลงในทุกรอบการเพาะปลูก จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำรดที่เป็นน้ำเสีย RW และ PE ในการปลูกผักกาดหัวต่อเนื่องกันไม่ก่อให้เกิดการสะสมของโลหะหนักทุกตัวในดินปลูกเช่นเดียวกันกับการใช้น้ำบาดาล

ข) การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดิน (0-15 เซนติเมตร) ก่อนและหลังการเพาะปลูกในแปลงผักกาดหัวได้แสดงในตารางที่ 2-69

ดินในแปลงปลูกผัก เนื้อดินมีโครงสร้างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในการปลูกครั้งที่ 1 แปลงที่ใช้น้ำ GWps และ RW ก่อนและหลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนในแปลงที่ใช้น้ำ PE ก่อนการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง หลังการเพาะปลูกดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง มีค่า pH เพิ่มขึ้น แปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด ก่อนการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง 3.20-3.68% หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงอยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.03-2.63% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนปลูกทุกแปลงมีอยู่ค่อนข้างสูง คือ 33.8-40.0 มก.ก./ก. หลังการเพาะปลูกปริมาณฟอสฟอรัสลดลงเล็กน้อย ยกเว้นแปลงที่รดโดยน้ำ GWps มีค่าเพิ่มขึ้น ทุกแปลงมีค่าฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินก่อนปลูกอยู่ในระดับสูงมาก หลังการเพาะปลูกปริมาณโพแทสเซียมลดลงแต่ยังอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนไนโตรเจนมีค่าลดลงเล็กน้อย ยกเว้นแปลงที่รดโดยน้ำ GWps มีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2-68 โลหะหนักในดินที่ใช้ปลูกผักกาดหัว (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่	แปลงเพาะปลูก		ปริมาณโลหะหนักในดิน (มก./ก. ดินแห้ง)			
			แคดเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1	GWps	ก่อนปลูก	< 0.003	0.019	0.051	0.024
		หลังปลูก	< 0.003	0.017	0.062	0.019
	RW	ก่อนปลูก	< 0.003	0.016	0.042	0.024
		หลังปลูก	< 0.003	0.016	0.053	0.021
	PE	ก่อนปลูก	< 0.003	0.011	0.030	0.020
		หลังปลูก	< 0.003	0.013	0.027	0.015
2	GWps	ก่อนปลูก	< 0.003	0.017	0.062	0.019
		หลังปลูก	< 0.003	0.023	0.064	0.021
	RW	ก่อนปลูก	< 0.003	0.016	0.053	0.021
		หลังปลูก	< 0.003	0.019	0.054	0.017
	PE	ก่อนปลูก	< 0.003	0.013	0.027	0.015
		หลังปลูก	< 0.003	0.014	0.041	< 0.012
3	GWps	ก่อนปลูก	< 0.003	0.023	0.064	0.021
		หลังปลูก	< 0.003	0.020	0.054	0.017
	RW	ก่อนปลูก	< 0.003	0.019	0.054	0.017
		หลังปลูก	< 0.003	0.014	0.036	0.019
	PE	ก่อนปลูก	< 0.003	0.014	0.041	< 0.012
		หลังปลูก	< 0.003	0.011	0.031	< 0.012
4	GWps	ก่อนปลูก	< 0.003	0.024	0.079	0.017
		หลังปลูก	< 0.003	0.023	0.054	0.016
	RW	ก่อนปลูก	< 0.003	0.025	0.063	0.026
		หลังปลูก	< 0.003	0.024	0.062	0.018
	PE	ก่อนปลูก	< 0.003	0.024	0.061	0.021
		หลังปลูก	< 0.003	0.022	0.055	0.022
ค่าความปลอดภัยสูงสุด (Webber และคณะ, 1983)			≧ 0.003	≧ 0.10	≧ 0.10	≧ 0.10

ตารางที่ 2-69 คุณสมบัติทางเคมีของหน้าดินในแปลงผักกาดหัว (น้ำ RW)

ปลูก ครั้งที่	ตัวอย่าง ดินจาก แปลง ที่ใช้น้ำ	pH		OM (%)		N (%)		P (มก.ก./ก.)		K (มก.ก./ก.)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	GWps	5.27	5.80	3.51	2.63	0.13	0.14	33.8	36.8	165.3	152.9
	RW	5.17	5.31	3.68	2.03	0.13	0.11	38.7	33.4	217.4	178.4
	PE	4.78	5.37	3.20	2.13	0.16	0.13	40.0	33.9	261.3	195.6
2	GWps	5.80	5.59	2.63	3.13	0.14	0.17	36.8	465.8	152.9	219.8
	RW	5.31	6.10	2.03	2.16	0.11	0.12	33.4	214.7	178.4	176.8
	PE	5.37	5.80	2.13	2.20	0.13	0.12	33.9	197.1	195.6	122.3
3	GWps	5.59	4.38	3.13	2.72	0.17	0.18	465.8	412.8	219.8	315.7
	RW	6.10	4.35	2.16	2.85	0.12	0.19	214.7	391.0	176.8	320.6
	PE	5.80	4.64	2.20	2.78	0.12	0.17	197.1	335.2	122.3	233.0
4	GWps	5.42	5.27	2.83	2.55	0.17	0.16	259.3	237.6	214.6	207.9
	RW	6.35	6.40	2.74	2.67	0.16	0.15	253.1	228.9	187.2	175.3
	PE	6.17	6.23	2.55	2.81	0.18	0.19	211.7	207.3	133.4	155.4

ในการปลูกครั้งที่ 2 แปลงที่ใช้น้ำ GWps หลังการเพาะปลูกมี pH ลดลงเล็กน้อย ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE มี pH เพิ่มขึ้น ดินมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง แปลงที่ใช้น้ำ GWps หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นค่าอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นทุกแปลงในระดับสูงมาก ค่าหลังการปลูกสูงกว่าก่อนปลูกหลายเท่าตัว โปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินอยู่ในระดับสูงมากทั้งก่อนและหลังการปลูก โดยในแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE มีค่าลดลง ขณะที่แปลงที่รดโดยน้ำ GWps มีค่าเพิ่มขึ้น

ในการปลูกครั้งที่ 3 หลังการเพาะปลูกทุกแปลงมี pH ลดลง ดินมีลักษณะเป็นกรดค่อนข้างสูง แปลงที่ใช้น้ำ GWps หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ลดลงมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ส่วนแปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE หลังการเพาะปลูกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกมีค่าลดลงทุกแปลงมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก โปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินในดินหลังปลูกมีค่าเพิ่มขึ้นทุกแปลงมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก ไนโตรเจนก็มีค่าเพิ่มขึ้นทุกแปลง

ในการปลูกครั้งที่ 4 ทำในช่วงท้ายของการทดลองหลังน้ำท่วม หลังการปลูกดินทุกแปลงมี pH เพิ่มขึ้น ในแปลงที่ใช้น้ำ GWps มีลักษณะเป็นกรดปานกลาง ขณะที่แปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจากแปลงที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดมีระดับค่อนข้างสูงทั้งก่อนและหลังปลูก ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินพบว่าอยู่ในระดับที่สูงมาก ทั้งก่อนปลูกและหลังปลูกโดยมีค่าลดลงหลังปลูก ปริมาณโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินอยู่ในระดับสูงมากทั้งก่อนและหลังปลูก โดยมีค่าลดลงในแปลงที่ใช้น้ำ GWps และ RW

2.3.4.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต

ก) โลหะหนัก

ผลวิเคราะห์โลหะหนักในผักกาดหัวได้แสดงในตารางที่ 2-70

ตารางที่ 2-70 โลหะหนักในผักกาดหัว (น้ำ RW)

ปลูกครั้งที่ (ระยะเวลาเพาะปลูก)	ชนิดน้ำ ที่ใช้	ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในผักกาดหัว (มก.ก./100 ก.นน.สด) ⁽¹⁾			
		Cd	Pb	Cu	Zn
1 (1 ต.ค. - 22 พ.ย. 47)	GWps	0 (0, 0)	0 (0, 0)	29.32 (23.89, 34.74)	220.94 (222.12, 219.76)
	RW	0.53 (0.54, 0.51)	0 (0, 0)	15.45 (16.69, 14.20)	241.81 (230.65, 252.96)
	PE	0.50 (0.46, 0.54)	0 (0, 0)	12.50 (11.68, 13.31)	215.34 (211.91, 218.76)
2 (1 ธ.ค.47 - 20 ม.ค. 48)	GWps	0 (0, 0)	0 (0, 0)	12.89 (13.74, 12.03)	216.04 (218.45, 213.62)
	RW	0 (0, 0)	0 (0, 0)	22.06 (21.86, 22.25)	174.98 (181.60, 168.36)
	PE	0 (0, 0)	0 (0, 0)	17.23 (18.51, 15.94)	170.70 (175.55, 165.85)
3 (11 ก.พ. - 31 มี.ค. 48)	GWps	0 (0, 0)	0 (0, 0)	27.90 (27.65, 28.15)	274.55 (298.52, 250.57)
	RW	0 (0, 0)	0 (0, 0)	22.14 (28.27, 16.01)	174.98 (225.59, 234.12)
	PE	0 (0, 0)	0 (0, 0)	21.71 (22.14, 21.27)	290.60 (301.14, 280.05)
4 (19 ต.ค. - 30 พ.ย. 48)	GWps	0 (0, 0)	0 (0, 0)	23.54 (24.07, 23.01)	216.69 (218.01, 215.36)
	RW	0 (0, 0)	0 (0, 0)	30.71 (30.34, 31.09)	223.71 (230.39, 217.03)
	PE	0 (0, 0)	0 (0, 0)	13.72 (14.47, 12.98)	191.64 (200.72, 182.55)
ค่าความปลอดภัยสูงสุด ⁽²⁾		5	200	1,000	15,000

หมายเหตุ (1) วิเคราะห์ตัวอย่างรวม (composite) 2 ครั้ง ค่าที่ได้แสดงในวงเล็บ

(2) APFAN (1994) Metal and Contaminants in Food, Standard A12, APFAN 2nd Food Analysis Workshop, 12-16 September 1994, QHSS, Brisbane, Australia.

ผลวิเคราะห์พบแคดเมียมในผักกาดหัวปลูกครั้งที่ 1 แปลงที่ใช้น้ำ RW และ PE มีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.54 มก.ก./100 ก.น.น.สด ในการปลูกครั้งที่ 2-4 ไม่พบแคดเมียมตลอดการปลูกทั้ง 4 ครั้งไม่พบตะกั่วในผักกาดหัวที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด สำหรับทองแดงและสังกะสีที่ตรวจพบในระดับที่ต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่าตัว ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างที่เด่นชัดในผักกาดหัวที่ปลูกโดยใช้น้ำ RW, PE, GWps

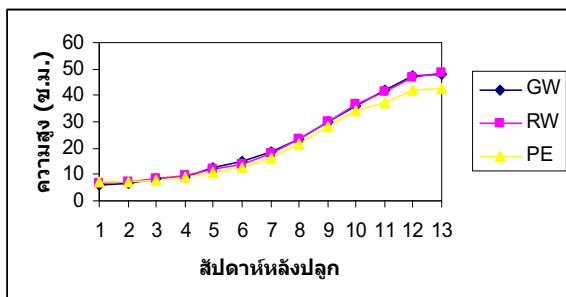
2.3.5 ดอกแอสเตอร์ (น้ำ RW)

การศึกษาปลูกดอกแอสเตอร์เป็นการวิจัยเพิ่มเติมตามข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เนื่องจากดอกแอสเตอร์ไม่ได้นำไปบริโภค การศึกษาจึงมุ่งเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชเมื่อใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดเพาะปลูกเท่านั้น

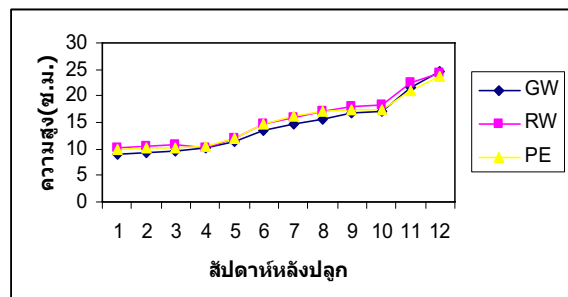
2.3.5.1 การเจริญเติบโต

ก) ความสูง

ความสูงเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์จากการปลูกทั้ง 2 ครั้ง เริ่มทำการวัดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 หลังการย้ายกล้าปลูก ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-73 และตารางที่ 2-71 และ 2-72



ก. ปลูกครั้งที่ 1 (9 พ.ย. 47 – 5 ก.พ. 48)



ข. ปลูกครั้งที่ 2 (8 ก.พ. – 3 พ.ค. 48)

รูปที่ 2-73 ความสูงโดยเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-71 ความสูงโดยเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

สัปดาห์ หลังปลูก	ความสูง (ซม.)			LSD (0.05)	CV (%)
	GWps	RW	PE		
1	6.05	6.71	6.92	NS	8.84
2	6.79	7.09	7.33	NS	10.70
3	8.27	8.21	7.83	NS	11.87
4	9.29	9.82	9.02	NS	19.06
5	12.45	12.12	10.61	NS	14.17
6	14.71	14.08	12.54	NS	15.16
7	18.75	17.78	16.09	NS	16.89
8	23.47	23.42	21.54	NS	13.39
9	29.86	30.20	28.27	NS	11.67
10	35.83	36.42	33.95	NS	9.44
11	41.86	41.51	37.48	NS	8.04
12	47.38	46.79	41.81	NS	7.04
13	48.04	48.65	42.63	NS	5.43

หมายเหตุ NS ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

CV (coefficient of variation) คือค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยคูณด้วย 100

LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

ตารางที่ 2-72 ความสูงโดยเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

สัปดาห์ หลังปลูก	ความสูง(ซม.)			LSD (0.05)	CV (%)
	GWps	RW	PE		
1	9.05	10.25	9.84	NS	11.08
2	9.32	10.62	10.06	NS	12.63
3	9.54	10.72	10.28	NS	13.23
4	10.14	10.09	10.45	NS	18.38
5	11.42	12.14	11.93	NS	16.48
6	13.57	14.82	14.57	NS	14.31
7	14.73	15.82	16.12	NS	46.34
8	15.46	17.04	16.96	NS	14.97
9	16.66	17.94	17.32	NS	16.19
10	17.08	18.19	17.46	NS	16.60
11	21.52	22.40	21.13	NS	18.88
12	24.46	24.32	23.63	NS	16.05

หมายเหตุ NS ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

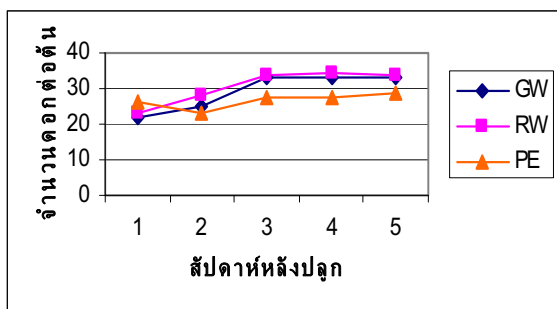
CV (coefficient of variation) คือค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยคูณด้วย 100

LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

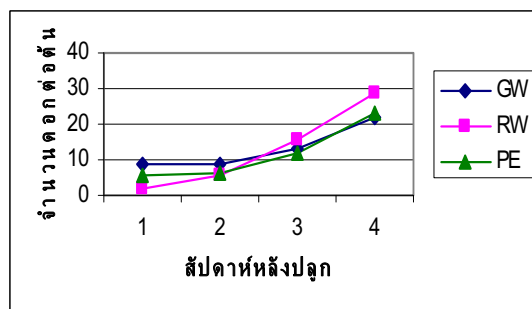
ความสูงโดยเฉลี่ยในการปลูกครั้งที่ 1 พบว่าดอกแอสเตอร์ที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps, RW และ PE มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีความสูงที่ใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาที่เริ่มวัดไปจนถึงสิ้นสุดการวัด ซึ่งดอกแอสเตอร์ที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps, RW, PE มีความสูงโดยเฉลี่ยที่ระยะเก็บเกี่ยวเป็น 48.04, 48.65 และ 42.63 ซม. ตามลำดับ ในการปลูกครั้งที่ 2 ก็ได้ความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาที่เริ่มวัดไปจนถึงสิ้นสุดการวัด ซึ่งดอกแอสเตอร์ที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 3 ชนิด มีความสูงโดยเฉลี่ยที่ระยะเก็บเกี่ยวเป็น 24.46, 24.32 และ 23.63 ซม. ตามลำดับ โดยความสูงมีการแปรผันตามฤดูกาลเพาะปลูก

ข) จำนวนดอกต่อต้น

จำนวนดอกต่อต้นโดยเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ จากการปลูก 2 ครั้ง ได้แสดงในรูปที่ 2-74 และตารางที่ 2-73 และ 2-74



ก. ครั้งที่ 1 (9 พ.ย. 47 – 5 ก.พ. 48)



ข. ครั้งที่ 2 (8 ก.พ. – 3 พ.ค. 48)

รูปที่ 2-74 จำนวนดอกต่อต้นเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ (น้ำ RW)

ตารางที่ 2-73 จำนวนดอกต่อต้นโดยเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

สัปดาห์ หลังปลูก	จำนวนดอก/ต้น			LSD (0.05)	CV (%)
	GWps	RW	PE		
9	22.00	22.88	26.13	NS	26.11
10	25.25	28.34	23.05	NS	27.22
11	33.00	34.00	27.28	NS	14.71
12	33.07	34.66	27.56	NS	12.23
13	32.94	33.68	28.67	NS	6.70

หมายเหตุ NS ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

CV (coefficient of variation) คือค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยคูณด้วย 100

LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

ตารางที่ 2-74 จำนวนดอกต่อต้นโดยเฉลี่ยของดอกแอสเตอร์ครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

สัปดาห์ หลังปลูก	จำนวนดอก/ต้น			LSD (0.05)	CV (%)
	GWps	RW	PE		
9	8.50	2.00	5.75	NS	101.33
10	9.00	5.75	6.00	NS	40.57
11	13.10	15.83	12.00	NS	24.55
12	22.06	28.66	23.16	NS	11.83

หมายเหตุ NS ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

CV (coefficient of variation) คือค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยคูณด้วย 100

LSD (least significant differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

จำนวนดอกต่อต้นในการปลูกครั้งที่ 1 เริ่มนับในสัปดาห์ที่ 9 จนถึงเก็บเกี่ยว พบว่าดอกแอสเตอร์ที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps RW และ PE มีจำนวนดอกต่อต้นที่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวมีจำนวนดอกต่อต้นโดยเฉลี่ยเป็น 32.94, 33.68 และ 28.67 ดอก/ต้น ตามลำดับ ในการปลูกครั้งที่ 2 พบว่าดอกแอสเตอร์ที่ปลูกโดยใช้น้ำ GWps RW และ PE มีจำนวนดอกต่อต้นที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวมีจำนวนดอกต่อต้นโดยเฉลี่ยเป็น 22.06, 28.66 และ 23.16 ดอก/ต้น ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าจากการปลูกครั้งที่ 1 เนื่องด้วยฤดูกาลปลูก

โดยสรุปพบว่าการเพาะปลูกดอกแอสเตอร์โดยใช้น้ำ GWps, RW และ PE ไม่พบความแตกต่างในแง่การเจริญเติบโตจากการใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดแต่อย่างใด

2.3.6 สรุปผลการวิจัยแปลงผัก 1 โดยใช้น้ำเสีย (RW)

- ในการเพาะปลูกได้ลดการใช้น้ำในแปลงที่รดโดยน้ำ RW, PE ตามปริมาณไนโตรเจนที่ประเมินว่ามีในน้ำรด เนื่องจากปริมาณน้ำรดไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณน้ำฝนในช่วงทดลอง ไนโตรเจนที่เติมในแปลงผักทั้ง 3 กลุ่มจึงแตกต่างกันบ้างตามฤดูกาลปลูก

- ปริมาณน้ำรดต่อน้ำเข้ารวมในการปลูกผักต่าง ๆ มีดังนี้ ผักคะน้า ปลูกครั้งที่ 1 17.8-19.4% ปลูกครั้งที่ 2-4 49.3-95.8% กะหล่ำดอก ปลูกครั้งที่ 1 3 และ 4 18.8-37.5% ปลูกครั้งที่ 2 78.3-78.5% ผักกาดขาวปลี (ปลูก 2 ครั้ง) 75.2-100% ผักกาดหัว ปลูกครั้งที่ 1-3 79.2-100% ปลูกครั้งที่ 4 24.8-25.8%

- ผลการปลูกผักคะน้า 4 ครั้ง พบว่าการปลูกครั้งที่ 1 ผลผลิตไม่มีความแตกต่างในทางสถิติจากการใช้น้ำรด 3 ชนิด แต่ในการปลูกครั้งที่ 2-4 มีความแตกต่างในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps มีผลผลิตต่ำ ในการปลูกกะหล่ำดอก 4 ครั้ง ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติของผลผลิตในการปลูกผักกาดขาวปลี 2 ครั้ง น้ำหนักก่อนตัดแต่งของการปลูกครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 มีความแตกต่างในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps มีผลผลิตต่ำ ในการปลูกผักกาดหัว 4 ครั้ง ผลผลิตในการปลูกครั้งที่ 1 มีความแตกต่างในทางสถิติในแปลงที่รดโดยน้ำ PE มีผลผลิตสูง ในการปลูกครั้งที่ 2 มีความแตกต่างในแปลงที่รดโดยน้ำ RW มีผลผลิตสูง ในการปลูกครั้งที่ 3 และ 4 ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติของผลผลิต ในการปลูกดอกแอสเตอร์ 2 ครั้ง การเจริญเติบโต (ความสูงและจำนวนดอกต่อต้น) ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ โดยทั่วไปจากการทดลองใช้น้ำ RW, PE เพาะปลูก ไม่พบสภาพเป็นพิษต่อพืชและให้ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่าการใช้น้ำ GWps (ที่ใส่ปุ๋ยในอัตราปกติ)

- คุณภาพน้ำ GWps มีระดับการปนเปื้อนสารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่ต่ำกว่าน้ำ RW, PE อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่า น้ำ GWps มีคุณภาพ ค่อนข้างสม่ำเสมอ ระดับการปนเปื้อนของน้ำ PE จะต่ำกว่าน้ำ RW และการแปรผันของคุณภาพน้ำ RW, PE มีเล็กน้อยตลอดช่วงการปลูกผักต่าง ๆ

- การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรีย์วัตถุ) ก่อนและหลังการปลูกไม่มีรูปแบบแน่นอน มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง ในการใช้น้ำ 3 ชนิดในการปลูกผัก 4 ประเภท มีการใช้ปุ๋ยต่างกัน ช่วงเวลาใส่ปุ๋ยต่างกัน ซึ่งมีผลต่อธาตุอาหารในดิน สำหรับ pH ของดินส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาระหว่างการใช้น้ำ GWps และน้ำ RW, PE เพาะปลูก ก็พบว่าไม่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของธาตุอาหารในดินจากแปลงปลูกทั้ง 3 กลุ่ม

- ผลวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูกทุกกลุ่มแปลงไม่พบแคดเมียม (ค่าต่ำกว่า Detection Limit) สำหรับทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ค่าหลังการปลูกไม่แตกต่าง จากก่อนปลูกแต่อย่างใด เมื่อเปรียบเทียบใน 3 กลุ่มแปลง ขณะปลูกผักชนิดเดียวกันที่ใช้น้ำ RW, PE, GWps ก็ไม่ได้แตกต่างกัน จากการทดลองไม่พบว่า มีการสะสมโลหะหนักเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำ RW, PE เพาะปลูก ปริมาณโลหะหนักที่พบต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุดในดินหลายเท่าตัว

- ผลการตรวจพยาธิในดิน ก่อนและหลังการปลูกผัก ไม่พบความแตกต่างในกรณีใช้น้ำรด RW, PE และ GWps พยาธิที่พบส่วนใหญ่ เป็นพยาธิที่ไม่เป็นอันตรายต่อคน (UFLN) และมียูทัวไปตามธรรมชาติ

- ผลการตรวจพยาธิและแบคทีเรียในผักคะน้าเมื่อเก็บเกี่ยว ไม่พบพยาธิที่เป็นอันตรายในการปลูกทั้ง 4 ครั้ง และไม่พบแบคทีเรียที่เป็นอันตรายจากการปลูกครั้งที่ 1 3 4 แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 พบแบคทีเรียชื่อ *Salmonella enteritidis* ซึ่งทำให้เกิดโรคติดเชื้อทางเดินอาหาร ร้ายแรงในแปลงที่รดโดยน้ำ RW ในกรณีกะหล่ำดอกจากการปลูก 4 ครั้ง ไม่พบพยาธิและแบคทีเรียที่เป็นอันตรายในผัก สำหรับผักกาดขาวปลีไม่พบพยาธิที่เป็นอันตรายจากการปลูก 2 ครั้ง การปลูกครั้งที่ 1 ไม่พบแบคทีเรียที่เป็นอันตราย แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 พบแบคทีเรียอันตราย *Salmonella enteritidis group E* ในแปลงที่รดโดยน้ำ RW โดยภาพรวมการใช้น้ำ RW หรือ PE ยังมีความเสี่ยงต่อการระบาดของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อทางเดินอาหารได้

- ผลการตรวจโลหะหนักในผักทุกชนิดไม่พบตะกั่ว (ต่ำกว่า Detection Limit) ในผักทุกชนิดมีแคดเมียม ทองแดง สังกะสี ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่า ในกรณีผักคะน้าและกะหล่ำดอก โลหะหนักในผักจากแปลงที่รดโดยน้ำ GWps จะสูงกว่าจากแปลงที่รดโดยน้ำ RW, PE ในกะหล่ำดอกและผักกาดหัว (ปลูกครั้งที่ 2-4) ตรวจไม่พบแคดเมียม (ต่ำกว่า Detection Limit) โดยภาพรวมไม่พบการสะสมเพิ่มขึ้นของโลหะหนักในการปลูกระยะยาว ผักที่ได้ปลอดภัยจากโลหะหนักใช้บริโภคได้

2.4 ผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)

2.4.1 ผลผลิต

การเพาะปลูกโดยใช้น้ำ CW, Sed.CW และ GWps ได้ทดลอง 1 ครั้งในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2546 โดยใช้น้ำเสียที่สูบน้ำผ่านแนวท่อที่กำลังก่อสร้าง ผลผลิตได้แสดงในตารางที่ 2-75

ตารางที่ 2-75 ผลผลิตผักคะน้าในแปลงผัก 2 (น้ำ CW)

ก. น้ำหนักผลผลิตในแปลงย่อย

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง (กก./แปลง)		น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง (กก./แปลง)	
	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง 2/1	แปลง 2/2
GWps	16.60	8.50	10.90	6.10
CW	17.50	6.20	11.90	5.00
Sed.CW	15.00	4.40	11.30	3.10

ข. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/1 (ใช้น้ำ 400 ม³/(ไร่.เดือน))

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับแปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับแปลง GWps
GWps	1770.6	1.00	1162.6	1.00
CW	1866.6	1.05	1269.3	1.09
Sed.CW	1600	0.90	1205.3	1.04

ค. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/2 (ไม่ใช้ปุ๋ย)

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับแปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับแปลง GWps
GWps	906.6	1.00	650.6	1.00
CW	661.3	0.73	533.3	0.82
Sed.CW	469.3	0.52	330.6	0.51

ผลการเพาะปลูกโดยใช้น้ำ CW, Sed.CW และ GWps ซึ่งมีการปลูก 1 ครั้ง ในแปลงผัก 2/1 ซึ่งมีน้ำรดมากพอเพียง โดยไม่มีน้ำฝน (มีหลังคาพลาสติกใสคลุมกันฝน) พบว่า ผลผลิตใกล้เคียงกัน โดยแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW ผลผลิตก่อนตัดแต่งต่ำกว่าแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps เล็กน้อย ผลผลิตหลังตัดแต่ง แปลงที่รดด้วยน้ำ CW และ Sed.CW มีค่าสูงกว่าแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps เล็กน้อย

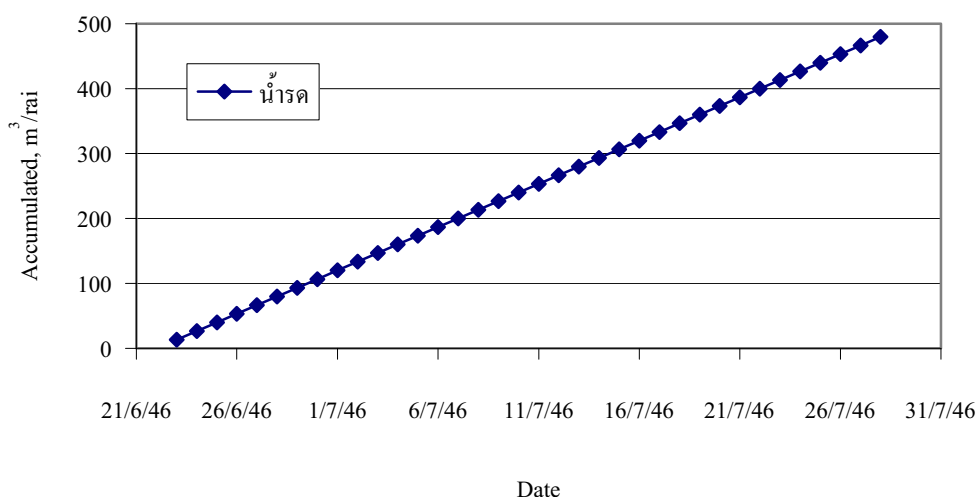
สำหรับในแปลง 2/2 ซึ่งมีน้ำรดปริมาณเท่ากันและไม่มีน้ำฝนเข้า แต่ไม่เติมปุ๋ยเลย มีผลผลิตต่ำกว่าแปลง 2/1 ประมาณ 2-4 เท่า ผลผลิตในแปลงที่รดด้วยน้ำทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกันอย่างมากระหว่างแปลงที่มีผลผลิตเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ แปลงที่รดด้วยน้ำ GWps, CW และ Sed.CW ตามลำดับ

2.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

ในการปลูกผักคะน้าแปลง 2/1 และ 2/2 มีน้ำเข้าแปลงเฉพาะน้ำที่ใช้รดเท่านั้น (มีหลังคาพลาสติกใสคลุมกันน้ำฝน) มีการวัดปริมาณน้ำซึมโดยแปลง 2/1 มีการวัดปริมาณน้ำซึม 3 ระดับคือที่ระดับ 30, 60 ซม. และ 100 ม. ส่วนแปลง 2/2 มีการวัดปริมาณน้ำซึมที่ระดับ 30 ซม. เพียงระดับเดียว สำหรับแปลงผักที่ใช้ น้ำ CW มีการปลูกเพียงครั้งเดียว โดยมีรายละเอียดของปริมาณน้ำที่รดและปริมาณน้ำที่ซึมทั้ง 2 แปลง ดังนี้

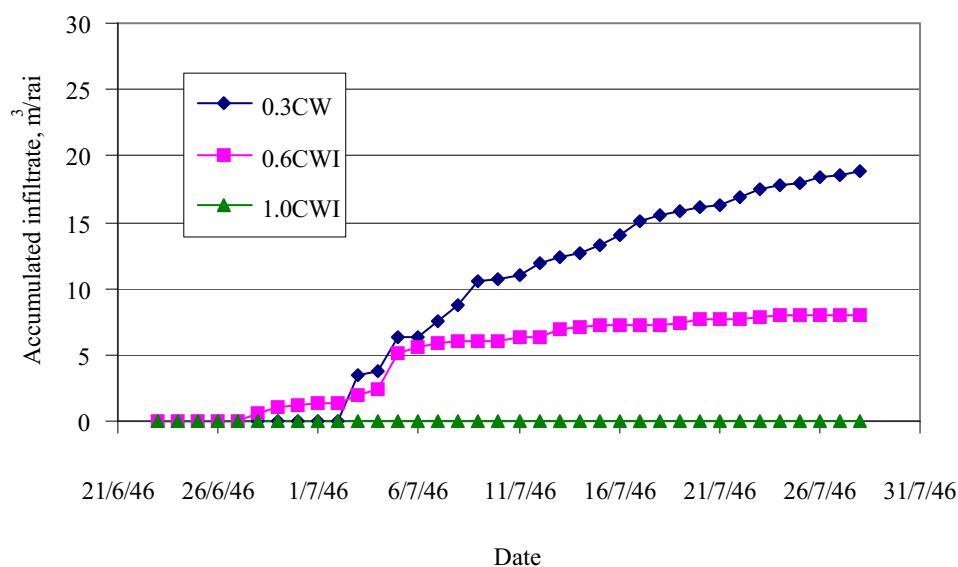
ปริมาณน้ำที่ใช้รดผักคะน้า ได้แก่ น้ำ CW, Sed.CW และ GWps โดยปริมาณน้ำรดมีค่าเท่ากันทุกแปลงที่อัตรา 400 ลบ.ม./ไร่ (เดือน) หรือ 13.3 ลบ.ม./ไร่ (วัน) รูปที่ 2-75 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 36 วัน โดยมีปริมาณน้ำสะสมรวม 480 ลบ.ม./ไร่



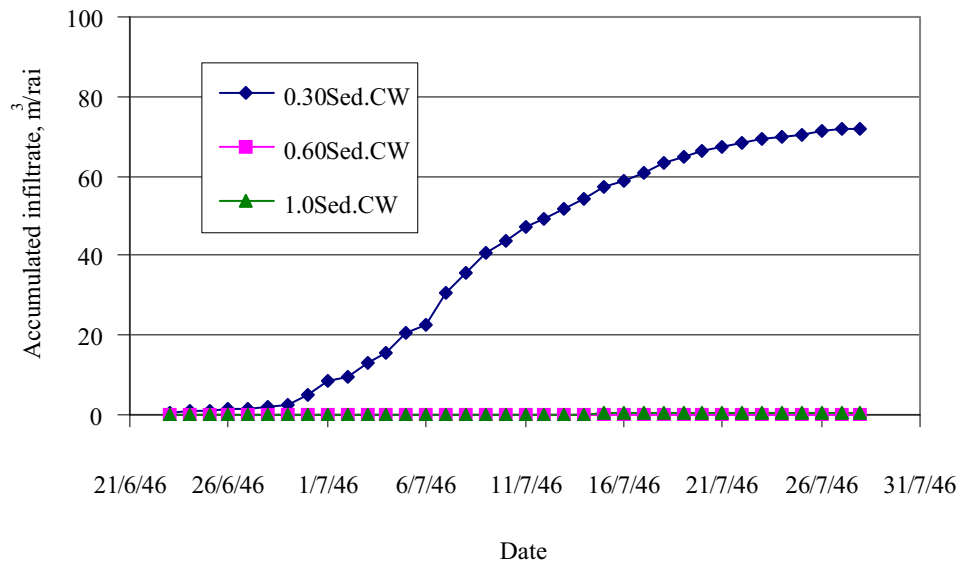
รูปที่ 2-75 ปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 36 วัน (น้ำ CW)

ข) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/1

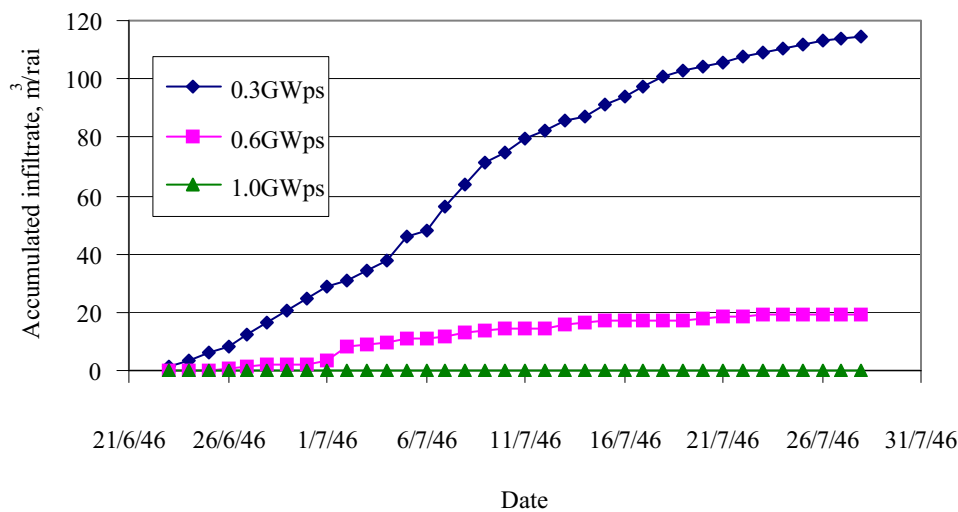
ปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นจากแปลงทดลองวัดที่ระดับ 30 ซม. (0.3CW, 0.3 Sed.CW, 0.3GWps) ที่ระดับ 60 ซม. (0.6CW, 0.6Sed.CW, 0.6GWps) และที่ระดับ 100 ซม. (1.0CW, 1.0Sed.CW, 1.0GWps) รูปที่ 2-76 ถึง 2-78 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรดประเภทต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าแปลงที่รดน้ำ CW มีปริมาณการซึมสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 3.9, 1.6 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ แปลงที่รดน้ำ Sed.CW มีปริมาณการซึมของน้ำรดสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. ที่ระยะ 60 ซม. คิดเป็นร้อยละ 15.0, 0 และ 0.1 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ แปลงที่รดน้ำ GWps มีปริมาณการซึมของน้ำรดสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 23.8, 4.0 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย โดยที่ระยะ 30 ซม. มีปริมาณน้ำซึมสะสมต่อปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงร้อยละ 3.9-23.8 ที่ระยะ 60 ซม. มีปริมาณน้ำซึมอยู่ในช่วงร้อยละ 0-4.0 และที่ระยะ 100 ซม. มีปริมาณน้ำซึมอยู่ในช่วงร้อยละ 0-0.1 เท่านั้น



รูปที่ 2-76 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด CW



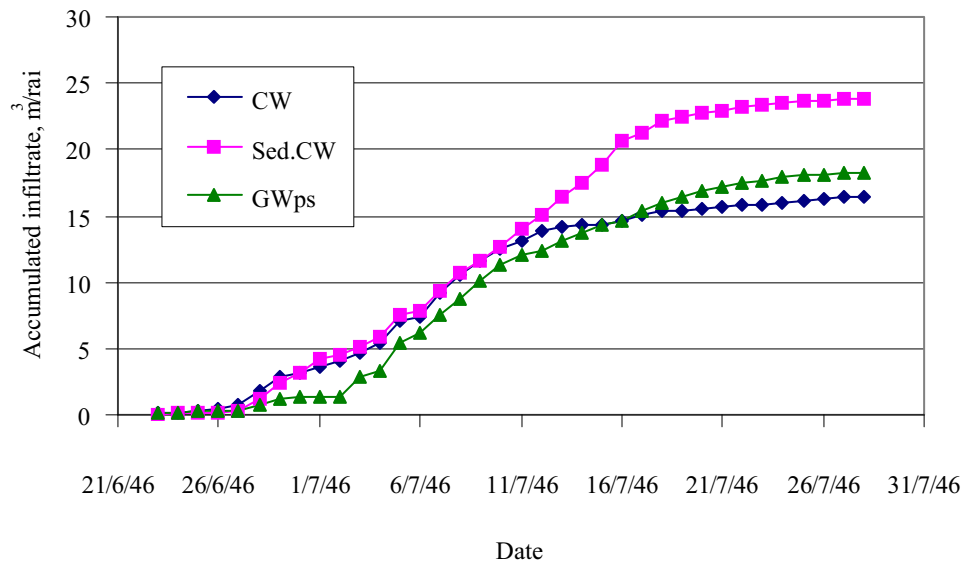
รูปที่ 2-77 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด Sed.CW



รูปที่ 2-78 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด GWps

ก) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/2

ปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นจากแปลงทดลองของน้ำที่ใช้รด ได้แก่ CW, Sed.CW และ GWps โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำซึมที่ระดับ 30 ซม. ระดับเดียว รูปที่ 2-79 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรดสะสมประเภทต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่า มีปริมาณการซึมสะสมค่อนข้างน้อยและมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับน้ำรดทั้ง 3 ชนิด โดยมีค่าร้อยละ 13.7, 19.8 และ 15.2 สำหรับน้ำรด CW, Sed.CW และ GWps ตามลำดับ



รูปที่ 2-79 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด CW, Sed.CW และ GWps

ง) คุณภาพน้ำรดและน้ำซึม

เนื่องจากน้ำที่ใช้รดผักคะน้าแปลงผัก 2 ครั้งนี้ กับที่ใช้รดแปลงผัก 1 ผักคะน้า (น้ำ CW) ปลูกรั้งที่ 2 เป็นน้ำชนิดเดียวกันและทำการปลูกในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำรดที่ใช้ปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 นี้จึงเหมือนกับของน้ำรดที่ใช้ปลูกผักคะน้า ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.2.1.2 (ข)

ในส่วนของคุณลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำซึมจากแปลง 2/1 และ 2/2 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-76 และ 2-77 สำหรับการแปรผันของคุณลักษณะน้ำซึมในดัชนีคุณภาพสำคัญ ๆ ในช่วงเวลาที่ทำการเพาะปลูกได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-80 ถึง 2-85 ข้อแตกต่างของการปลูกผักคะน้าแปลง 2/1 และ 2/2 ครั้งนี้อยู่ที่การปลูกในแปลง 2/1 มีการใช้ปุ๋ยตามปกติ ในขณะที่แปลง 2/2 ไม่มีการใช้ปุ๋ย ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะของน้ำซึมโดยเฉลี่ยในดัชนีสำคัญดังแสดงในรูปที่ 2-86 ถึง 2-88 จะเห็นว่ามีการกำจัดการอินทรีย์ในรูปบีโอดีในน้ำซึมผ่านแปลง 2/2 ที่ใช้น้ำรดเป็น CW และ Sed.CW อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่น้ำซึมผ่านแปลง 2/2 ที่ใช้น้ำรดเป็นน้ำ GWps ซึ่งมี BOD เริ่มต้นต่ำมาก จะมีการชะสารอินทรีย์ในดินออกมา ดังนั้นน้ำซึมที่ได้จากแปลง 2/2 ทุกแปลงจึงมี BOD ที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.68-3.00 มก/ล และยังมีการแปรปรวนในช่วงที่ทำการเพาะปลูกต่ำ ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2-81 (ก)

ตารางที่ 2-76 คุณภาพโดยเฉลี่ยของน้ำซึมจากแปลงปลูกผักคะน้าด้วยน้ำ CW Sed.CW และ GWps
แปลงที่ 2/1

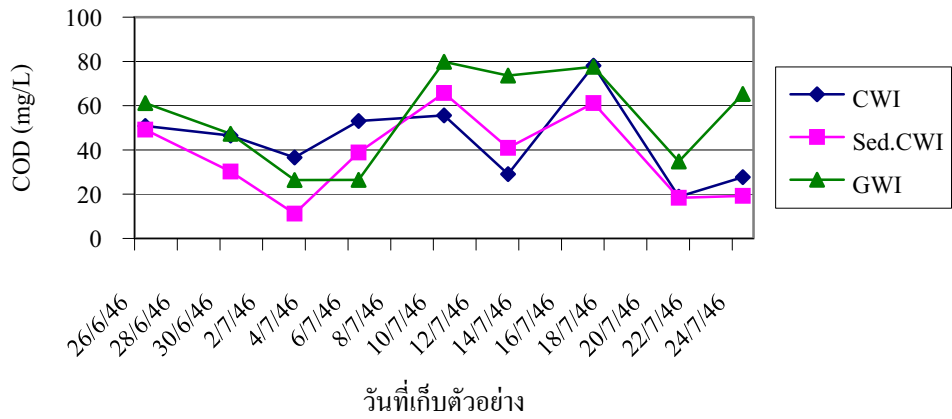
ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW			Sed.CW			GWps		
		0.3 ม.	0.6 ม.	1 ม.	0.3 ม.	0.6 ม.*	1 ม.*	0.3 ม.	0.6 ม.	1 ม.
พีเอช	min-max	7.07-7.56	6.59-8.08	-	6.70-8.07	-	-	6.24-7.92	7.14-7.81	-
	ave $\pm$ s	7.27 $\pm$ 0.16	7.55 $\pm$ 0.54	-	7.59 $\pm$ 0.41	7.99	7.92	7.08 $\pm$ 0.50	7.56 $\pm$ 0.31	-
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	725-1095	993-1227	-	599-1091	-	-	1060-1576	1063-1606	-
	ave $\pm$ s	981 $\pm$ 140	1107 $\pm$ 105	-	817 $\pm$ 140	-	1040	1265 $\pm$ 153	1281 $\pm$ 244	-
TDS, มก/ล	min-max	590-859	792-1146	-	404-895	-	-	829-1373	998-1390	-
	ave $\pm$ s	708 $\pm$ 87.3	993 $\pm$ 182	-	621 $\pm$ 158	-	831	1023 $\pm$ 202	1208 $\pm$ 135	-
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	55.3-875	20.8-73.0	-	10.9-1063	-	-	116-574	6.8-61.6	-
	ave $\pm$ s	236 $\pm$ 318	38.5 $\pm$ 29.9	-	232 $\pm$ 350	-	19	346 $\pm$ 145	28.7 $\pm$ 20.2	-
COD, มก/ล	min-max	17.9-84.7	17.9-45.8	-	11.4-80.1	-	-	23.9-91.8	18.3-57.2	-
	ave $\pm$ s	35.8 $\pm$ 25.0	29.9 $\pm$ 9.83	-	32.9 $\pm$ 21.1	71.7	30.6	43.9 $\pm$ 22.1	31.1 $\pm$ 12.9	-
BOD, มก/ล	min-max	2.01-2.86	1.68, 4.34	-	2.48-9.20	-	-	1.17-11.30	0.57-2.93	-
	ave $\pm$ s	2.50 $\pm$ 0.42	3.01**	-	5.17 $\pm$ 2.55	-	-	4.87 $\pm$ 3.36	1.50 $\pm$ 0.87	-
TP, มก/ล	min-max	0-0.08	0.20-1.32	-	0.07-0.67	-	-	0.04-0.37	0-0.23	-
	ave $\pm$ s	0.05 $\pm$ 0.03	0.69 $\pm$ 0.47	-	0.28 $\pm$ 0.19	-	0.07	0.13 $\pm$ 0.12	0.07 $\pm$ 0.09	-
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	1.24-6.80	1.20-12.9	-	0.27-7.36	-	-	1.56-13.2	0.38-9.48	-
	ave $\pm$ s	4.10 $\pm$ 1.83	5.75 $\pm$ 3.86	-	2.85 $\pm$ 1.98	-	5.4	5.54 $\pm$ 4.28	4.45 $\pm$ 3.70	-
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.20-0.95	0.10-0.50	-	1.90-2.74	-	-	3.19-3.75	0.15-0.93	-
	ave $\pm$ s	0.45 $\pm$ 0.34	0.32 $\pm$ 0.19	-	2.17 $\pm$ 0.30	-	-	3.47 $\pm$ 0.20	0.58 $\pm$ 0.39	-
TKN, มก/ล	min-max	0.97-1.12	0.58-1.03	-	2.29-9.62	-	-	3.51-9.80	1.15-1.72	-
	ave $\pm$ s	1.03 $\pm$ 0.06	0.75 $\pm$ 0.19	-	3.70 $\pm$ 2.44	-	-	4.84 $\pm$ 2.03	1.40 $\pm$ 0.21	-
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,100-7,000	200-5,000	-	500-50,000	16,000	200	600-16,000	80-3,000	-
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	800-5,000	40-1,300	-	170-8,000	2,800	200	9-11,000	<2-1,300	-

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 5-9 ครั้งขึ้นกับพารามิเตอร์

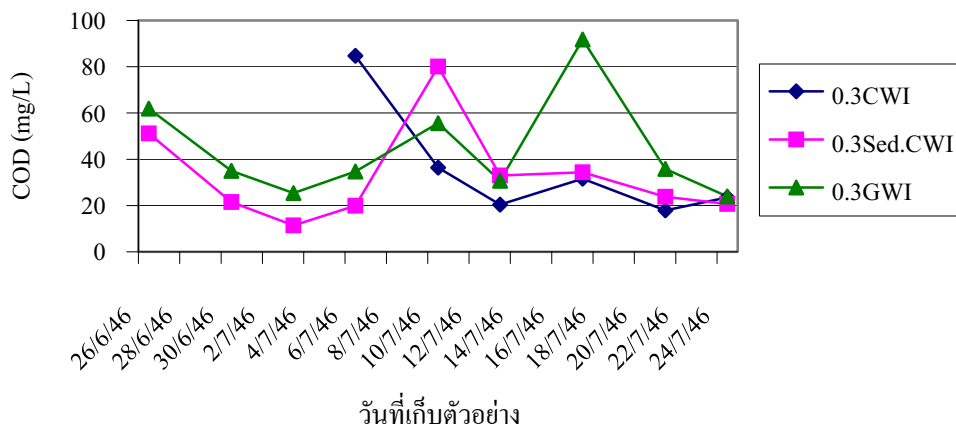
ตารางที่ 2-77 คุณภาพโดยเฉลี่ยของน้ำซึม (ระดับ 0.3 ม.) จากแปลงปลูกผักคะน้าด้วยน้ำ CW
Sed.CW และ GWps แปลงที่ 2/2

ดัชนีคุณภาพน้ำ		CW	Sed.CW	GWps
พีเอช	min-max	6.52-7.92	6.12-7.89	6.39-7.84
	ave $\pm$ s	7.35 $\pm$ 0.46	7.19 $\pm$ 0.62	7.29 $\pm$ 0.46
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	825-1164	678-986	965-1408
	ave $\pm$ s	976 $\pm$ 104	854 $\pm$ 107	1174 $\pm$ 154
TDS, มก/ล	min-max	603-920	470-969	683-1106
	ave $\pm$ s	774 $\pm$ 119	666 $\pm$ 188	823 $\pm$ 140
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	143-1284	31.6-1187	311-1768
	ave $\pm$ s	594 $\pm$ 458	411 $\pm$ 398	944 $\pm$ 521
COD, มก/ล	min-max	18.9-78.1	11.2-65.7	26.4-79.8
	ave $\pm$ s	44.0 $\pm$ 18.0	37.2 $\pm$ 19.2	54.7 $\pm$ 21.5
BOD, มก/ล	min-max	0.68-4.50	0.08-3.46	0.58-3.32
	ave $\pm$ s	3.00 $\pm$ 1.44	1.68 $\pm$ 1.00	2.14 $\pm$ 0.87
TP, มก/ล	min-max	0.01-0.76	0-0.27	0.01-0.28
	ave $\pm$ s	0.17 $\pm$ 0.27	0.09 $\pm$ 0.11	0.10 $\pm$ 0.12
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.28-6.51	1.00-5.45	0-5.36
	ave $\pm$ s	2.00 $\pm$ 2.19	2.56 $\pm$ 1.44	1.51 $\pm$ 1.77
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	0.12-0.64	0.11-0.43	0.26-1.00
	ave $\pm$ s	0.35 $\pm$ 0.23	0.26 $\pm$ 0.15	0.59 $\pm$ 0.34
TKN, มก/ล	min-max	0.66-2.78	0.39-1.92	1.11-3.88
	ave $\pm$ s	1.10 $\pm$ 0.69	0.85 $\pm$ 0.49	1.69 $\pm$ 0.91
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	400-35,000	1,700-90,000	700-9,000
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	<2-35,000	400-90,000	200-2,800

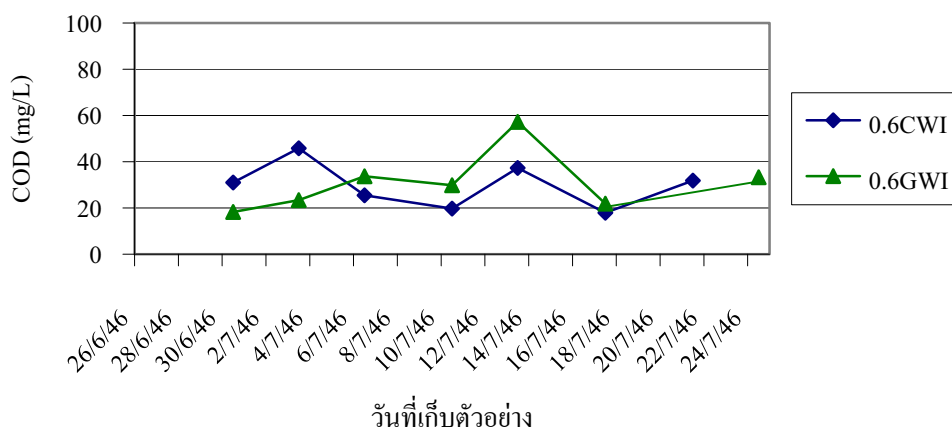
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 9 ครั้ง



ก. แปลง 2/2

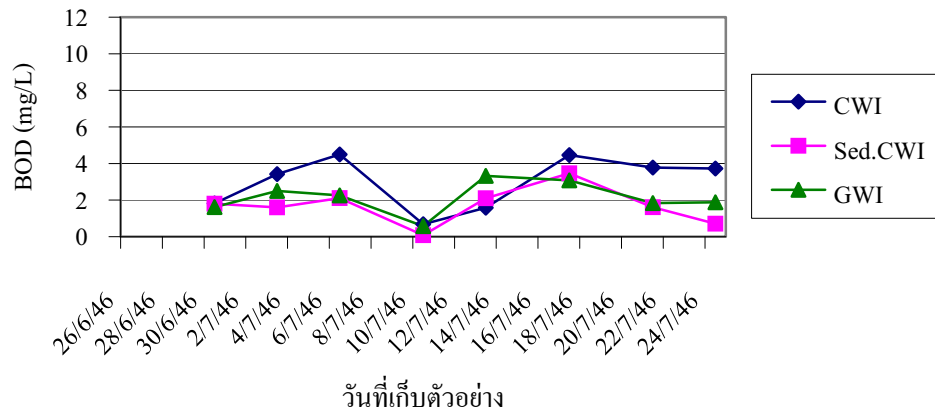


ข. แปลง 2/1 ที่ระดับ 30 ซม. จากผิวดิน

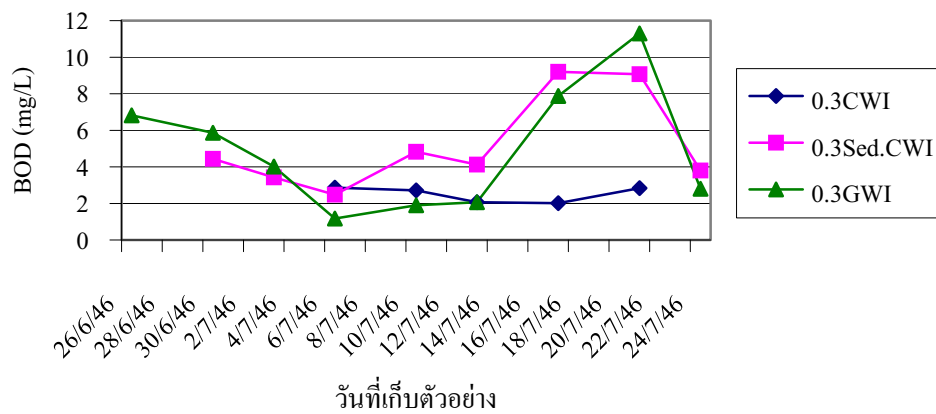


ค. แปลง 2/1 ที่ระดับ 60 ซม. จากผิวดิน

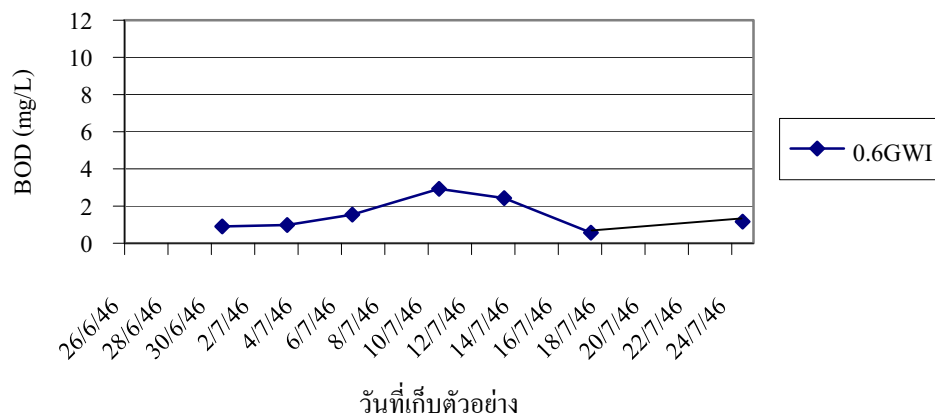
รูปที่ 2-80 การแปรผันค่า COD ของน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



ก. แปลง 2/2

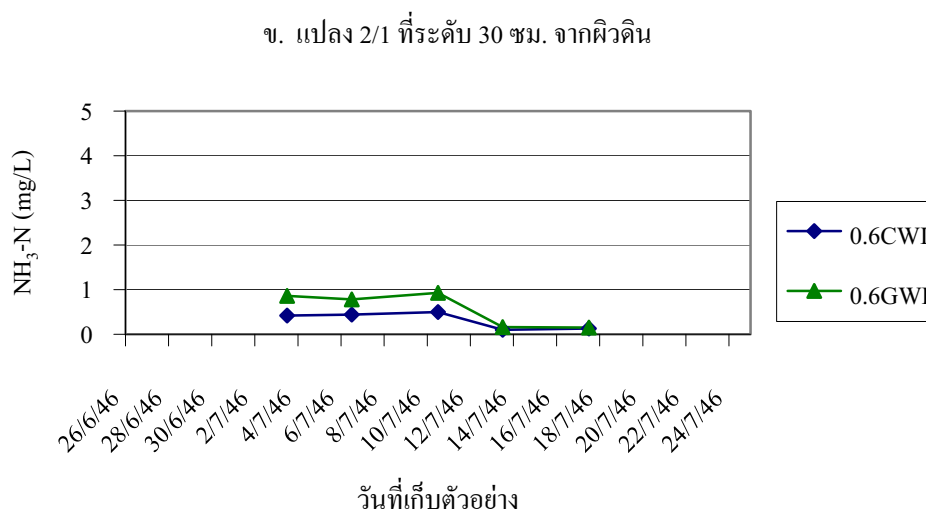
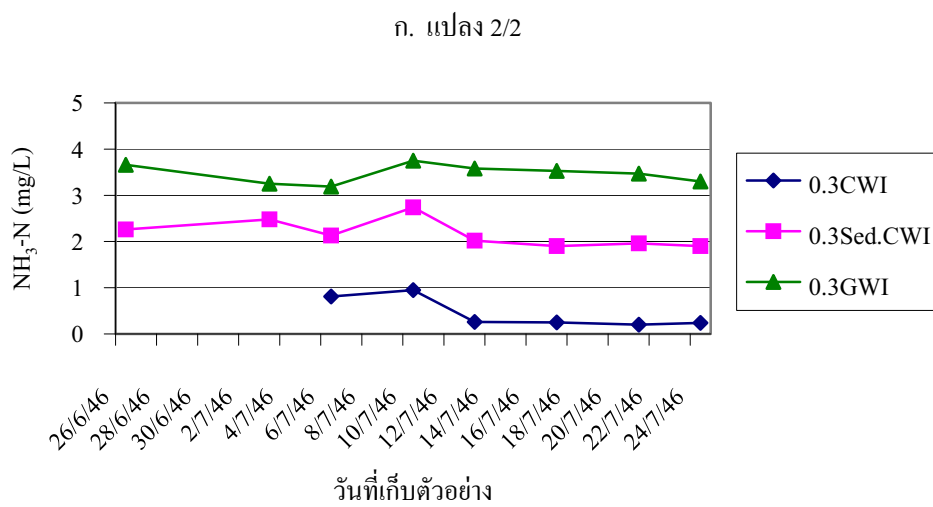
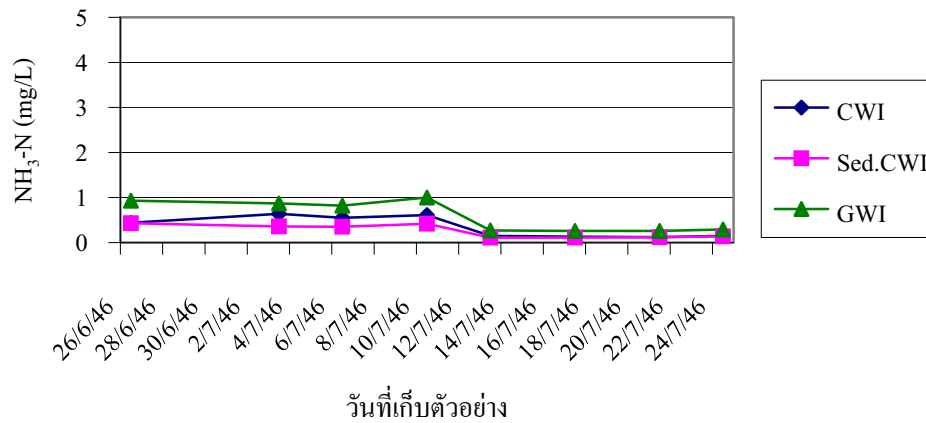


ข. แปลง 2/1 ที่ระดับ 30 ซม. จากผิวดิน

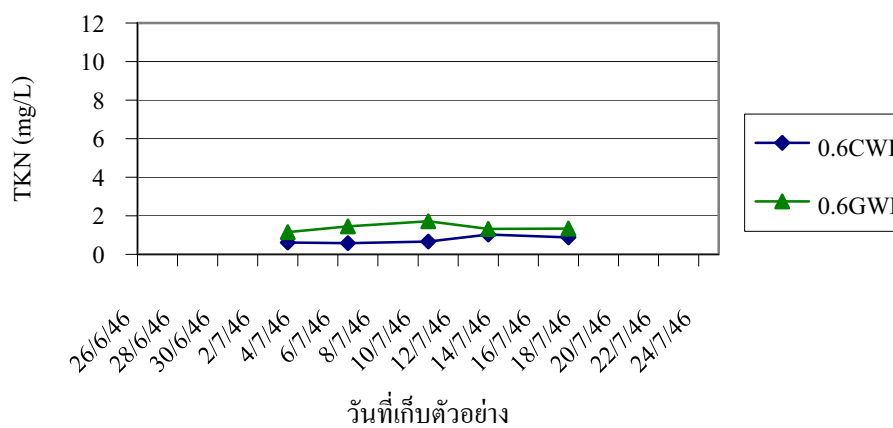
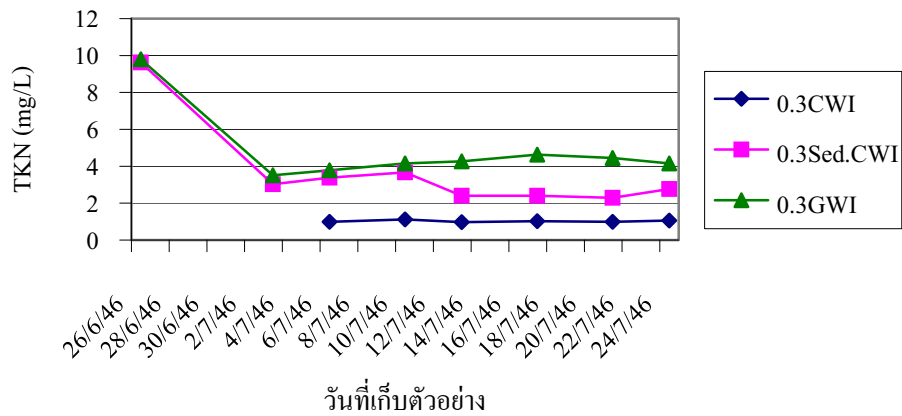
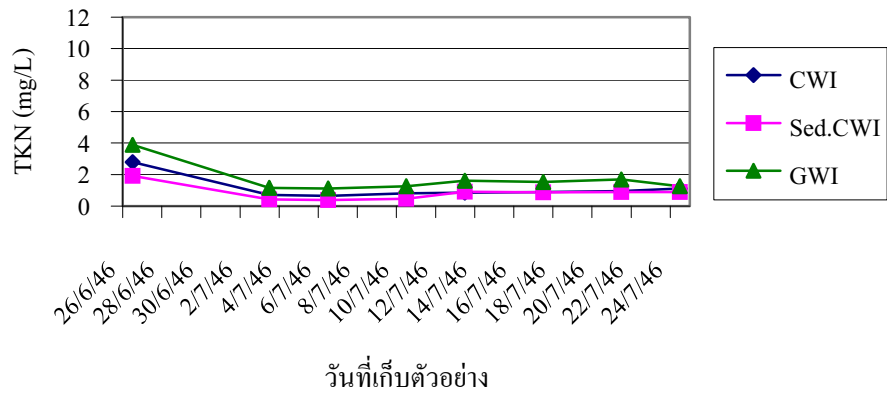


ค. แปลง 2/1 ที่ระดับ 60 ซม. จากผิวดิน

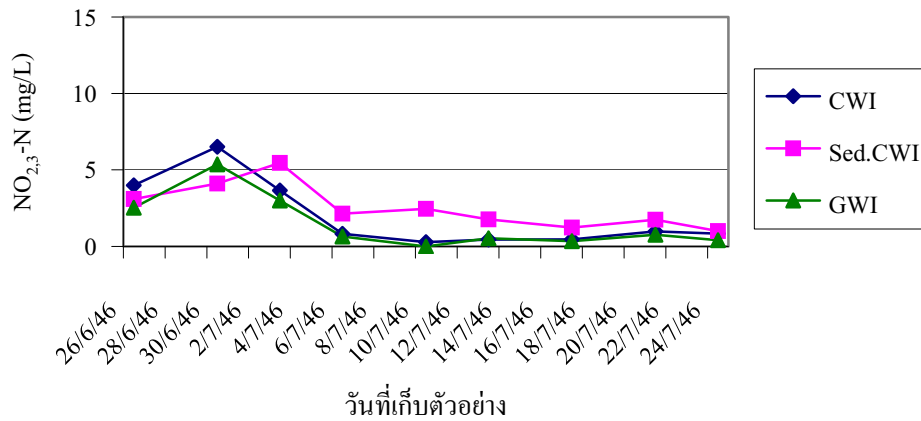
รูปที่ 2-81 การแปรผันค่า BOD ของน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



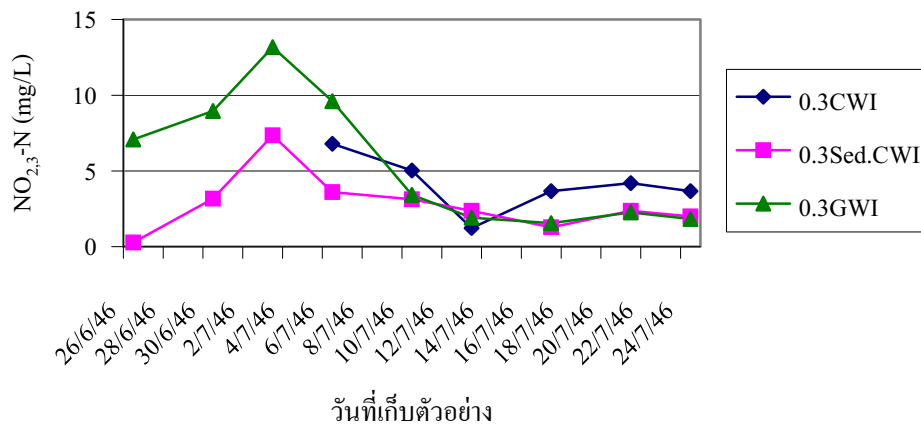
รูปที่ 2-82 การแปรผันค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ของน้ำซึมใต้แปลงเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



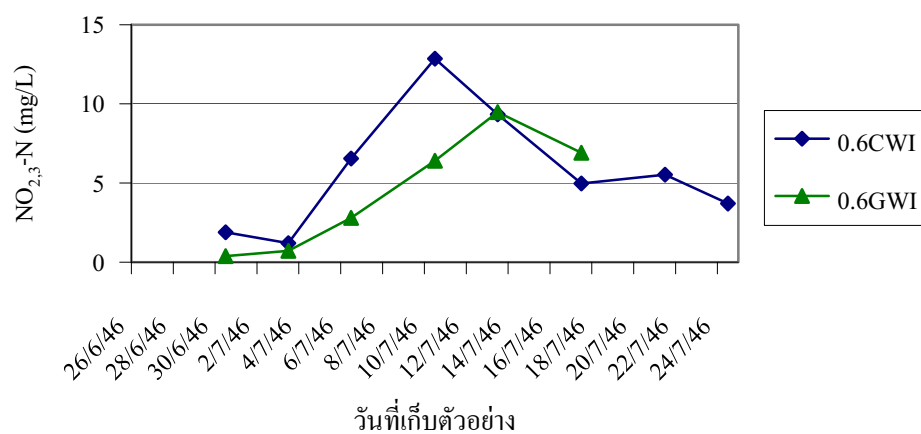
รูปที่ 2-83 การแปรผันค่า TKN ของน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



ก. แปลง 2/2

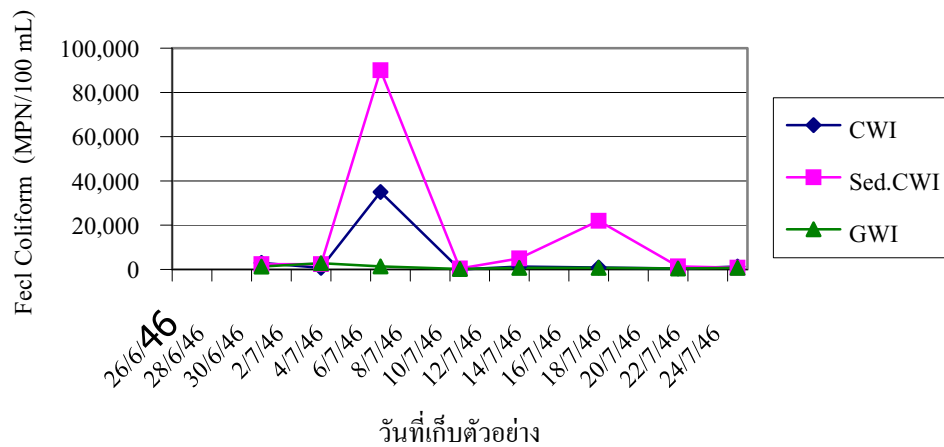


ข. แปลง 2/1 ที่ระดับ 30 ซม. จากผิวดิน

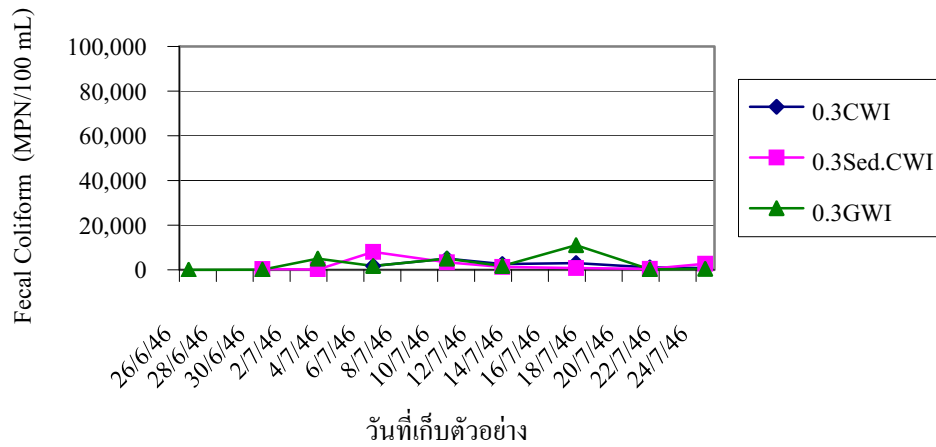


ค. แปลง 2/1 ที่ระดับ 60 ซม. จากผิวดิน

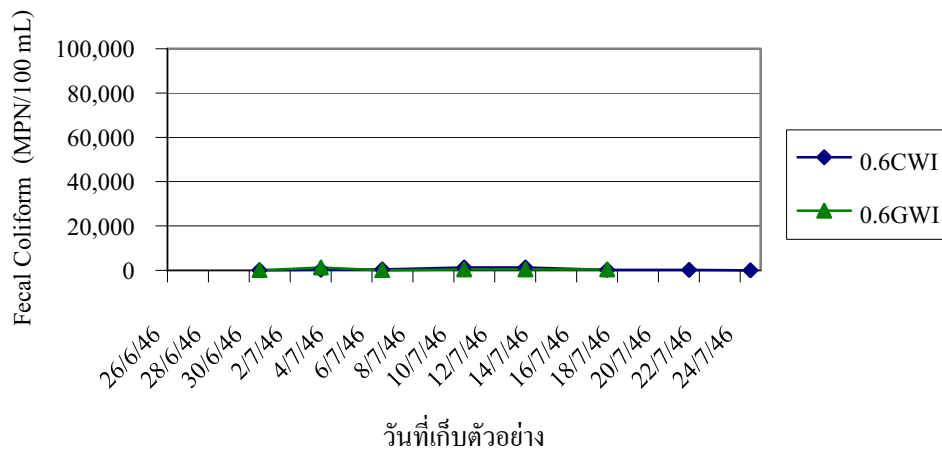
รูปที่ 2-84 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำซึมใต้แปลงเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



ก. แปลง 2/2

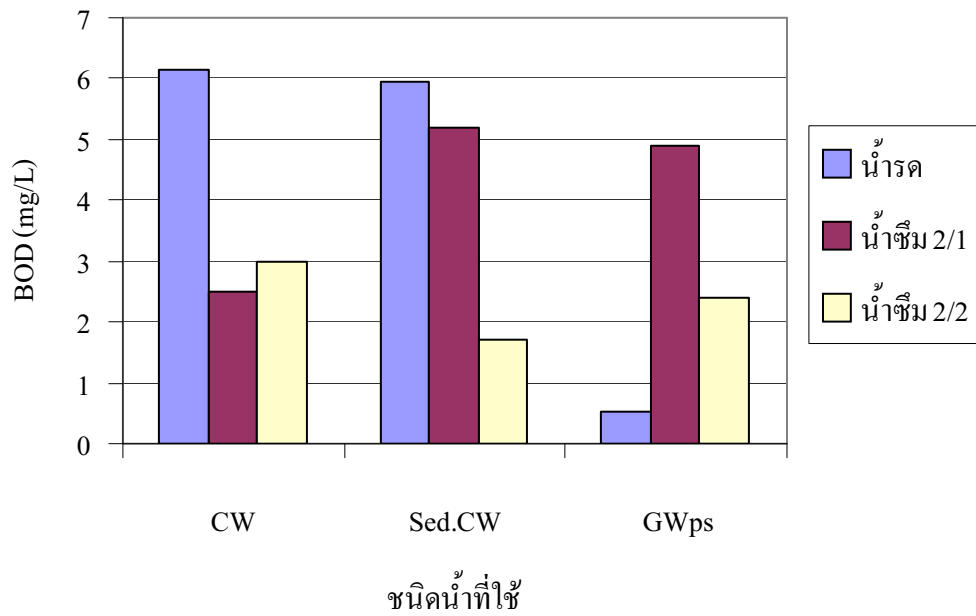


ข. แปลง 2/1 ที่ระดับ 30 ซม. จากผิวดิน

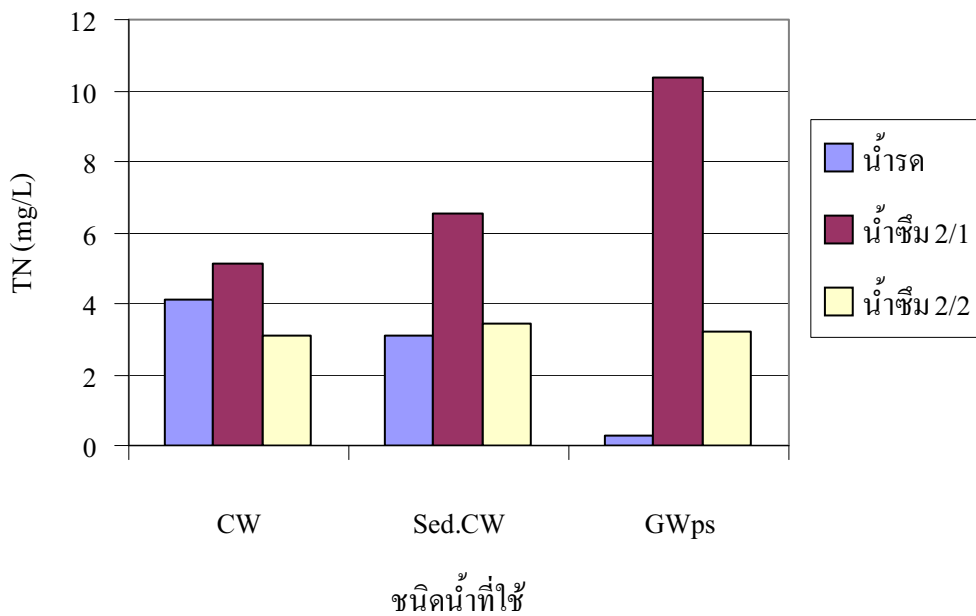


ค. แปลง 2/1 ที่ระดับ 60 ซม. จากผิวดิน

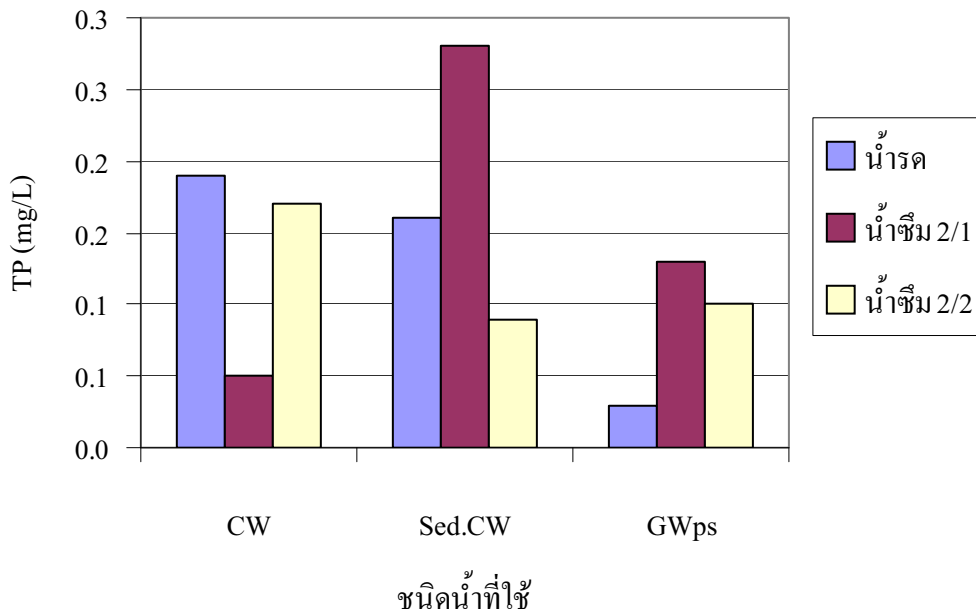
รูปที่ 2-85 การแปรผันค่า Fecal Coliforms ของน้ำซึมใต้แปลงเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



รูปที่ 2-86 การเปรียบเทียบปริมาณบีโอดีเฉลี่ยของน้ำรดและน้ำซึม (30 ชม.)
จากการปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



รูปที่ 2-87 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของน้ำรดและน้ำซึม (30 ชม.)
จากการปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW



รูปที่ 2-88 การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยของน้ำรดและน้ำซึม (30 ซม.)
จากการปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 - CW

สำหรับกรณีของแปลง 2/1 ซึ่งมีการใช้ปุ๋ยตามปกติพบว่า น้ำซึมได้แปลงที่ระดับ 30 ซม. จากผิวดินซึ่งเป็นระดับเดียวกันกับของแปลง 2/2 พบว่า น้ำซึมได้แปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW และน้ำบาดาลมีความแปรปรวนของค่าบีโอดีสูง ในขณะที่ของ CW มีความแปรปรวนน้อย โดยน้ำซึมของแปลงที่รดด้วย Sed.CW และน้ำบาดาลมีค่า BOD เฉลี่ยสูงกว่ากรณีของน้ำซึมได้แปลง 2/2 ในขณะที่แปลงซึ่งรดด้วยน้ำ CW กลับมีบีโอดีเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย และจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่ายังมีการกำจัดบีโอดีในน้ำซึมผ่านแปลงที่รดด้วย CW และมีการชะล้างสารอินทรีย์จากดินในแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps ปรากฏให้เห็นเช่นเดียวกันกับแปลง 2/2 ในกรณีของแปลง 2/1 ที่รดด้วยน้ำ GWps พบว่า บีโอดีในน้ำซึมมีค่าลดลงตามความลึกของระดับน้ำซึม โดยพบว่าที่ระดับ 60 ซม. น้ำซึมมีบีโอดีลดลงจากที่ระดับ 30 ซม. มากกว่าร้อยละ 50 (ที่ระดับความลึกอื่น ๆ หรือของน้ำรดชนิดอื่นไม่มีข้อมูลเนื่องจากปริมาณน้ำซึมไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์)

นอกจากนี้จะเห็นว่าน้ำซึมที่รดด้วยน้ำ CW และ Sed.CW จากแปลง 2/2 มี TKN ลดลง แต่กลับมีไนโตรเจนในเตรทเพิ่มสูงขึ้นจากของน้ำรด ในขณะที่น้ำซึมจากแปลง GWps มีทั้ง TKN และไนโตรเจนในเตรทเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาเป็นไนโตรเจนรวมแล้วพบว่ามีการกำจัดไนโตรเจนในน้ำซึมจากแปลงที่รดด้วย CW ในขณะที่มีการชะของไนโตรเจนในน้ำซึมจากแปลง

GWps จึงทำให้น้ำซึมจากแปลง 2/2 ทุกแปลงมีไนโตรเจนรวมเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.10-3.41 มก/ล

ในกรณีของน้ำซึมจากแปลง 2/1 พบว่ามีค่าไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้นจากของแปลง 2/2 ที่รดด้วยน้ำชนิดเดียวกันตั้งแต่ 1.6-3.2 เท่า โดยน้ำซึมจากแปลง GWps จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดและมีค่าสูงถึง 10.4 มก/ล ในขณะที่ของน้ำซึมจากแปลง RW และ PE มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.13 และ 6.55 ตามลำดับ และพบว่ามีภาระของไนโตรเจนในน้ำซึมที่รดด้วยน้ำทั้ง 3 ชนิด สำหรับการแปรผันปริมาณไนโตรเจนรวมตามความลึกพบว่า น้ำซึมจากแปลงที่รดด้วยน้ำ RW มีไนโตรเจนรวมสูงขึ้นเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นซึ่งตรงกันข้ามกับของน้ำบาดาลที่พบว่าน้ำซึมมีไนโตรเจนรวมลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น

ในกรณีของสารแขวนลอยพบว่าการชะสารแขวนลอยออกจากชั้นดินอย่างมาก โดยเฉพาะน้ำซึมจากแปลง 2/2 ซึ่งมีสารแขวนลอยเฉลี่ยสูงกว่าของแปลง 2/1 ทุกแปลง โดยปริมาณสารแขวนลอยนี้มีค่าลดลงอย่างมากตามความลึกเช่นเดียวกัน

ในส่วนของคุณภาพสารอินทรีย์ (สภาพการนำไฟฟ้า) พบว่า น้ำซึมทุกแปลงมีสภาพการนำไฟฟ้าสูงขึ้นจากของน้ำรด โดยน้ำซึมจากแปลง 2/1 และ 2/2 ที่รดด้วยน้ำชนิดเดียวกันและที่ระดับความลึกเดียวกันมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน และในกรณีของแปลง 2/1 ค่าสภาพการนำไฟฟ้านี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อความลึกของระดับน้ำซึมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำซึมของแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps ทุกแปลงมีสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่าของน้ำซึมจากแปลง CW และ Sed.CW เนื่องจากน้ำ GWps ที่เป็นน้ำรดมีสภาพการนำไฟฟ้าเริ่มต้นสูง

สำหรับกรณีของการปนเปื้อนของจุลินทรีย์พบว่า มีการชะของฟิคัลโคลิฟอร์มในน้ำซึมทุกแปลง โดยน้ำซึมจากแปลง 2/2 มีการชะของฟิคัลโคลิฟอร์มสูงกว่าของแปลง 2/1 ที่รดด้วยน้ำชนิดเดียวกันที่ระดับความลึกเท่ากัน ส่วนกรณีของแปลง 2/1 พบว่าฟิคัลโคลิฟอร์มในน้ำซึมจากแปลงที่รดด้วยน้ำชนิดเดียวกันมีค่าลดลงเมื่อความลึกของระดับน้ำซึมเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ในกรณีของฟอสเฟตพบว่า น้ำซึมจากแปลง 2/2 ที่รดด้วยน้ำ CW และ Sed.CW ส่วนใหญ่มีค่าลดต่ำกว่าของน้ำรด ในขณะที่มีการชะของฟอสเฟตออกมาในน้ำซึมของแปลงที่รดด้วยน้ำบาดาล แต่ในกรณีของแปลง 2/1 กลับพบว่าการลดฟอสเฟตเฉพาะแปลงที่ใช้น้ำรดเป็น RW เท่านั้น ส่วนน้ำซึมจากแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW และน้ำบาดาลกลับมีค่าฟอสเฟตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำซึมจากแปลงที่รดด้วยน้ำบาดาลมีฟอสเฟตลดลงตามความลึก ซึ่งตรงข้ามกับของแปลงที่รดด้วยน้ำ CW ที่มีฟอสเฟตคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

2.4.3 สรุปผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำสกปรก (CW)

- แปลงผัก 2 มีหลังคาพลาสติกใสคลุมกันฝน ได้ทดลองปลูกผักคะน้า 1 ครั้งในแปลงผัก 2/1 (ใช้น้ำอัตราปกติ ใส่ปุ๋ยอัตราปกติเท่ากันทุกแปลง) มีผลผลิตผักคะน้าใกล้เคียงกันจากการใช้น้ำ GWps, CW, Sed.CW เพาะปลูก แปลงผัก 2/2 (ใช้น้ำอัตราปกติแต่ไม่ใส่ปุ๋ย) มีผลผลิตต่ำกว่าแปลงผัก 2/1 อยู่ 2-4 เท่าตัว โดยแปลงที่รดด้วยน้ำ Sed.CW มีผลผลิตต่ำสุด การปลูกครั้งนี้เป็นการปลูกครั้งแรก อาจมีปัจจัยเกี่ยวกับการปรับตัวของพืชต่อดินปลูกด้วย

- แปลงผัก 2/1 มีน้ำซึมที่ระดับ 30 ซม. ได้ผิวดินสูงสุดเมื่อใช้น้ำรด GWps (23.8% ของน้ำรด) และต่ำสุดเมื่อใช้น้ำรด CW (3.9%) ที่ระดับ 60 ซม. ได้ผิวดินมีน้ำซึมน้อย (0-4%) และที่ระดับ 100 ซม. ได้ผิวดินมีน้ำซึมน้อยมาก (0-0.1%) แต่ในแปลงผัก 2/2 มีน้ำซึมที่ระดับ 30 ซม. ได้ผิวดินไม่ได้แตกต่างกันมากนักจากน้ำรด 3 ชนิด (ช่วงค่า 13.7-19.8% ของน้ำรด)

- ในด้านคุณภาพน้ำรดและน้ำซึมเมื่อปลูกโดยน้ำ CW สรุปได้ดังนี้

- มีการกำจัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีเมื่อน้ำรดเป็นน้ำ CW และ Sed.CW แต่กลับมีการชะสารอินทรีย์จากดินในแปลงที่รดด้วยน้ำ GWps จึงทำให้น้ำซึมจากทุกแปลงมีบีโอดีที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.7-5.2 มก/ล

- การใช้ปุ๋ยเคมี (N-P-K 15-15-15 ก่อนการปลูก 1 วัน และ N-P-K 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน) ส่งผลให้น้ำซึมออกจากแปลงผัก 2/1 มีเฉพาะปริมาณไนโตรเจนรวมสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ปริมาณสารเจือปนตัวอื่น ๆ ในน้ำซึมจากแปลงทั้งที่ใช้ปุ๋ยและไม่ใช้ปุ๋ยที่รดด้วยน้ำชนิดเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก รวมทั้งฟอสเฟตด้วย

- มีการชะสารแวนดอลในดินออกมาอย่างมากในน้ำซึมได้แปลงปลูกทุกแปลง โดยสารแวนดอลนี้มีค่าลดลงตามความลึกจากระดับผิวดิน

- มีการชะสารอนินทรีย์ในน้ำซึมทุกแปลงและการปนเปื้อนของสารอนินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกของระดับน้ำซึม

- มีการชะฟิคล์โคลิฟอร์มในน้ำซึมทุกแปลงโดยการปนเปื้อนของฟิคล์โคลิฟอร์มมีค่าลดลงตามความลึกของระดับน้ำซึม

- น้ำซึมที่ระดับความลึก 60 ซม. ได้ผิวดิน ของแปลงผัก 2/1 ที่รดด้วยน้ำ CW มีบีโอดี ฟอสเฟต ไนโตรเจนรวม และสารอนินทรีย์สูงกว่าน้ำซึมจากระดับความลึก 30 ซม. แต่มีสารแวนดอลต่ำกว่ามาก

- น้ำซึมที่ระดับความลึก 60 ซม. ได้ผิวดิน ของแปลงผัก 2/1 ที่รดด้วยน้ำ GWps มีสารปนเปื้อนทุกตัวต่ำกว่าของน้ำซึมที่ระดับความลึก 30 ซม. ยกเว้นปริมาณสารอนินทรีย์ซึ่งมีค่าสูงขึ้น

2.5 ผลการวิจัยปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 โดยใช้น้ำเสีย (RW)

2.5.1 ผลผลิต

ในการเพาะปลูกได้ทำในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2546 – พฤษภาคม 2547 ข้อมูลผลผลิตจากการปลูกผักคะน้าในแปลง 2/1 ซึ่งทำการเพาะปลูกทั้งสิ้น 4 ครั้ง และแปลง 2/2 ซึ่งทำการเพาะปลูกทั้งสิ้น 5 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-78 ถึง 2-82 โดยการเพาะปลูกทั้ง 2 แปลงได้ทำในบริเวณที่มีหลังคาพลาสติกคลุมป้องกันฝนไม่ให้เข้ามาในแปลงเพาะปลูก และมีแปลงควบคุม C1 และ C2 อยู่กลางแจ้ง ซึ่งรับน้ำรดและใส่ปุ๋ยเหมือนแปลง 2/1

การเพาะปลูกโดยใช้น้ำ RW, PE และ GWps ครั้งที่ 1 (ตารางที่ 2-78) พบว่าในแปลงที่ 2/1 (ใช้น้ำ 400 ม³/(ไร่.เดือน)) จากการใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิดให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน แปลงควบคุม C1 และ C2 ที่ปลูกเหมือนแปลง 2/1 แต่อยู่กลางแจ้งมีผลผลิตต่ำกว่าแปลงผัก 2/1 ประมาณ 5 เท่าตัว สำหรับในแปลงที่ 2/2 (ไม่ได้ใส่ปุ๋ย) ก็พบว่าผลผลิตมีค่าใกล้เคียงกันจากการใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิด ผลผลิตที่ได้ในแปลงผัก 2/2 ต่ำกว่าแปลงผัก 2/1 ประมาณ 1 เท่าตัว จากข้อมูลที่ได้พบว่าการใช้น้ำ RW และ PE เพาะปลูก ผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำตามธรรมชาติ (GWps) เพาะปลูก ไม่ว่าจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขให้ปุ๋ยและน้ำปกติ (แปลง 2/1) หรือไม่ให้ปุ๋ยในการเพาะปลูกเลย (แปลง 2/2)

การเพาะปลูกครั้งที่ 2 (ตารางที่ 2-79) พบว่าในแปลงที่ 2/1 (ใช้น้ำ 300 ม³/(ไร่.เดือน)) จากการใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิดให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับแปลงควบคุม (C1, C2) สำหรับในแปลง 2/2 (ใส่ปุ๋ย 20% ของอัตราปกติ) ก็พบว่าผลผลิตมีค่าใกล้เคียงกันในแปลงที่ใช้น้ำรด RW และ PE ผลผลิตนี้ต่ำกว่าแปลงที่ใช้น้ำ GWps เล็กน้อย ผลผลิตที่ได้ในแปลงผัก 2/2 ต่ำกว่าแปลงผัก 2/1 ประมาณ 1 เท่าตัว ซึ่งอาจเนื่องจากการขาดปุ๋ยของพืช

การเพาะปลูกครั้งที่ 3 (ตารางที่ 2-80) แปลง 2/1 (ใช้น้ำ 200 ม³/(ไร่.เดือน)) พบว่าการใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิดให้ผลผลิตใกล้เคียง และไม่แตกต่างจากแปลงควบคุม (C1, C2) มากนัก แสดงว่าอัตราการใช้น้ำรด 200 ลบ.ม./ (ไร่.เดือน) พอเพียงสำหรับผักคะน้า สำหรับในแปลงที่ 2/2 (ใส่ปุ๋ย 40% ของอัตราปกติ) ก็พบว่าผลผลิตมีค่าใกล้เคียงกันจากการใช้น้ำรด RW และ GWps แต่แปลงที่ใช้น้ำ PE มีผลผลิตต่ำมาก การที่ผลผลิตในแปลงควบคุมไม่ได้สูงกว่าแปลงที่รดโดยน้ำ GWps มากนัก แสดงว่าการใส่ปุ๋ย 40% อาจพอเพียงสำหรับการเจริญเติบโต

ตารางที่ 2-78 ผลผลิตผักคะน้าในแปลงผัก 2 ครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

ก. น้ำหนักผลผลิตในแปลงย่อย

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง (กก./แปลง)				น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง (กก./แปลง)			
	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2
GWps	12.52	6.60	3.64	3.94	8.42	4.38	2.18	2.48
RW	14.22	5.84	-	-	8.48	3.92	-	-
PE	11.82	6.54	-	-	7.64	4.22	-	-

หมายเหตุ : C1 และ C2 คือแปลงควบคุม

ข. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/1 (ใช้น้ำ 400 ม³/(ไร่.เดือน))

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	1669.3	1.00	1122.7	1.00
RW	1896.0	1.14	1130.7	1.01
PE	1576.0	0.94	1018.7	0.91
GWps (C1)	485.3	0.29	290.7	0.26
GWps (C2)	525.3	0.31	330.7	0.29

ค. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/2 (ไม่ใช้ปุ๋ย)

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	880.0	1.00	584.0	1.00
RW	778.7	0.88	522.7	0.90
PE	872.0	0.99	562.7	0.96
GWps (C1)	485.3	0.55	290.7	0.50
GWps (C2)	525.3	0.60	330.7	0.57

ตารางที่ 2-79 ผลผลิตผักคะน้าในแปลงผัก 2 ครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

ก. น้ำหนักผลผลิตในแปลงย่อย

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง (กก./แปลง)				น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง (กก./แปลง)			
	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2
GWps	10.06	6.10	10.12	7.66	6.84	4.06	6.76	4.78
RW	11.46	4.96	-	-	7.52	3.08	-	-
PE	8.34	4.50	-	-	5.68	3.22	-	-

หมายเหตุ : C1 และ C2 คือแปลงควบคุม

ข. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/1 (ใช้น้ำ 300 ม³/(ไร่.เดือน))

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	1341.33	1.00	912.00	1.00
RW	1528.00	1.14	1002.67	1.10
PE	1112.00	0.83	757.33	0.83
GWps (C1)	1349.33	1.00	901.33	0.99
GWps (C2)	1021.33	0.76	637.33	0.70

ค. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/2 (ใช้ปุ๋ยร้อยละ 20 ของอัตราที่เกษตรกรใช้ปกติ)

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	813.33	1.00	541.33	1.00
RW	661.33	0.81	410.67	0.76
PE	600.00	0.74	429.33	0.79
GWps (C1)	1349.33	1.66	901.33	1.67
GWps (C2)	1021.33	1.26	637.33	1.18

ตารางที่ 2-80 ผลผลิตผักคะน้าในแปลงผัก 2 ครั้งที่ 3 (น้ำ RW)

ก. น้ำหนักผลผลิตในแปลงย่อย

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง (กก./แปลง)				น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง (กก./แปลง)			
	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2
GWps	6.82	6.96	7.58	10.26	4.88	5.08	4.86	6.26
RW	8.00	6.62	-	-	5.26	4.46	-	-
PE	7.48	4.44	-	-	5.32	2.84	-	-

หมายเหตุ : C1 และ C2 คือแปลงควบคุม

ข. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/1 (ใช้น้ำ 200 ม³/(ไร่.เดือน))

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	909.33	1.00	650.67	1.00
RW	1066.67	1.17	701.33	1.08
PE	997.33	1.10	709.33	1.09
GWps (C1)	1010.67	1.11	648.00	0.99
GWps (C2)	1368.00	1.50	834.67	1.28

ค. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/2 (ใช้ปุ๋ยร้อยละ 40 ของอัตราที่เกษตรกรใช้ปกติ)

ชนิดน้ำที่ใช้	ก่อนตัดแต่ง		หลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	928.00	1.00	677.33	1.00
RW	882.67	0.95	594.67	0.88
PE	592.00	0.64	378.67	0.56
GWps (C1)	1010.67	1.09	648.00	0.96
GWps (C2)	1368.00	1.47	834.67	1.23

ตารางที่ 2-81 ผลผลิตผักคะน้าในแปลงผัก 2 ครั้งที่ 4 (น้ำ RW)

ก. น้ำหนักผลผลิตในแปลงย่อย

ชนิดน้ำ ที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง (กก./แปลง)				น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง (กก./แปลง)			
	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2	แปลง 2/1	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2
GWps	3.08	4.86	11.78	17.08	2.24	3.22	7.71	10.02
RW	2.86	3.46	-	-	2.10	2.14	-	-
PE	2.58	2.12	-	-	1.78	1.48	-	-

หมายเหตุ : C1 และ C2 คือแปลงควบคุม

ข. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/1 (ใช้น้ำ 100 ม³/ไร่.เดือน)

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง		น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	410.67	1.00	298.67	1.00
RW	381.33	0.93	280.00	0.94
PE	344.00	0.84	237.33	0.79
GWps (C1)	1570.67	3.82	1028.00	3.44
GWps (C2)	2277.33	5.54	1336.00	4.47

ค. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/2 (ใช้ปุ๋ยร้อยละ 60 ของอัตราที่เกษตรกรใช้ปกติ)

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง		น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับ แปลง GWps
GWps	648.00	1.00	429.33	1.00
RW	461.33	0.71	285.33	0.66
PE	282.67	0.44	197.33	0.46
GWps (C1)	1570.67	2.42	1028.00	2.39
GWps (C2)	2277.33	3.51	1336.00	3.11

ตารางที่ 2-82 ผลผลิตผักคะน้าในแปลงผัก 2 ครั้งที่ 5 (น้ำ RW)

ก. น้ำหนักผลผลิตในแปลงย่อย

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง (กก./แปลง)			น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง (กก./แปลง)		
	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2	แปลง 2/2	แปลง C1	แปลง C2
GWps	6.24	7.18	14.25	3.46	4.30	7.54
RW	5.38	-	-	3.28	-	-
PE	3.62	-	-	1.84	-	-

หมายเหตุ : C1 และ C2 คือแปลงควบคุม

ข. ผลผลิตโดยเฉลี่ยแปลง 2/2 (ใช้ปุ๋ยร้อยละ 80 ของอัตราที่เกษตรกรใช้ปกติ)

ชนิดน้ำที่ใช้	น้ำหนักสดก่อนตัดแต่ง		น้ำหนักสดหลังตัดแต่ง	
	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับแปลง GWps	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	สัดส่วนเมื่อเทียบกับแปลง GWps
GWps	832.00	1.00	461.33	1.00
RW	717.33	0.86	437.33	0.95
PE	482.67	0.58	245.33	0.53
GWps (C1)	957.33	1.15	573.33	1.24
GWps (C2)	1900.00	2.28	1005.33	2.18

การเพาะปลูกครั้งที่ 4 (ตารางที่ 2-81) แปลง 2/1 (ใช้น้ำ 100 ม³/ไร่.เดือน)) พบว่า การใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิดให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าแปลงควบคุม (C1, C2) กว่า 3 เท่า แสดงว่าอัตราการใช้ที่ 100 ลบ.ม./ไร่.เดือน) ไม่พอเพียงในการเจริญเติบโต สำหรับในแปลงที่ 2/2 (ใช้ปุ๋ย 60% ของอัตราปกติ) ก็พบว่าผลผลิตมีค่าแตกต่างกันมากจากการใช้น้ำรดทั้ง 3 ชนิด ผลผลิตที่ได้ในแปลงผัก 2/2 ต่ำกว่าแปลงควบคุม(C1, C2) มาก ซึ่งยังไม่อาจสรุปได้ว่าเกิดจากการขาดปุ๋ย เนื่องจากในการเพาะปลูกในแปลงผัก 2/2 ครั้งที่ 3 พืชได้รับปุ๋ยน้อยกว่านี้ (ใช้ปุ๋ย 40% ของอัตราปกติ) ยังเจริญเติบโตได้ดี แต่ก็เป็นไปได้ว่าการปลูก 3 ครั้งแรก พืชอาจใช้ปุ๋ยที่มีในดินไปเป็นปริมาณมากแล้ว

การเพาะปลูกครั้งที่ 5 (ตารางที่ 2-82) ทดลองเฉพาะแปลงผัก 2/2 (ใช้ปุ๋ย 80% ของอัตราปกติ) ผลการเพาะปลูกโดยใช้น้ำ RW, PE และ GWps พบว่า การใช้น้ำรด RW และ GWps ให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำ PE มาก สำหรับแปลงควบคุม (C1, C2) มีผลผลิตที่แตกต่างกันมากและสูงกว่าแปลงผัก 2/2 จากข้อมูลที่ได้พบว่าผลผลิตที่ได้อาจเกิดการแปรปรวนตามธรรมชาติค่อนข้างสูง ดังที่พบในแปลงควบคุมของการเพาะปลูกหลาย ๆ ครั้งด้วยกัน

เมื่อพิจารณาถึงผลของปริมาณน้ำรดต่อปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกผักในแปลง 2/1 ครั้งที่ 1-4 ดังได้กล่าวข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าผลผลิตโดยรวมจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณน้ำรดที่ใช้ลดลง โดยเฉพาะในรอบการปลูกที่ 4 ซึ่งใช้ปริมาณน้ำรดน้อยที่สุดพบว่า พืชมีลักษณะขาดน้ำและดินมีลักษณะแฉะแห้งอย่างเห็นได้ชัด

เมื่อพิจารณาถึงผลของอัตราการใส่ปุ๋ยต่อปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกผักในแปลง 2/2 ในการปลูกครั้งที่ 1-5 ดังได้กล่าวข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณปุ๋ยไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มปริมาณผลผลิต ทั้งนี้เนื่องจากการเพาะปลูกในแปลงนี้ได้ดำเนินการปลูกต่อเนื่องบนแปลงเดียวกันตั้งแต่ครั้งที่ 1 จนถึงครั้งที่ 5 ทำให้มีปัจจัยอื่น ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในช่วงการปลูก 2 ครั้งหลังอยู่ในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูง และปริมาณแสงที่ส่องผ่านแผ่นพลาสติกที่ใช้คลุมหลังคาของแปลงมีความโปร่งแสงน้อยลงเมื่อใช้ไปนานขึ้น ทำให้การปลูกผักครั้งหลังมีผลผลิตที่ได้น้อยลงถึงแม้ว่าจะใช้ปุ๋ยมากขึ้นก็ตาม

2.5.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ

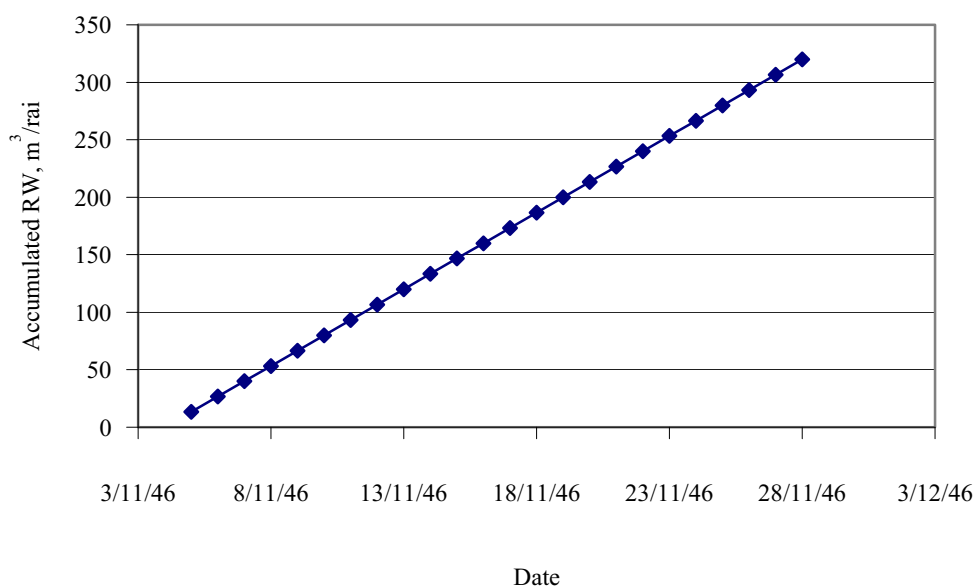
ก) ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง

ในการปลูกผักคะน้าแปลง 2/1 และ 2/2 มีน้ำเข้าแปลงเฉพาะน้ำที่ใส่รดเท่านั้น การเพาะปลูกผักคะน้า ในแปลงผัก 2/1 มีการดำเนินการ 4 ครั้ง โดยมีการแปรเปลี่ยนปริมาณน้ำรดในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางที่ 2-83 ในแปลงผัก 2/2 มีการดำเนินการ 5 ครั้ง โดยไม่มีการแปรเปลี่ยนปริมาณน้ำรดในแต่ละวันแต่มีการแปรเปลี่ยนปริมาณปุ๋ย สำหรับรายละเอียดของปริมาณน้ำที่รดและปริมาณน้ำที่ซึมทั้ง 2 แปลง มีดังนี้

ปริมาณน้ำที่ใส่รดผักในการปลูกครั้งที่ 1 ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps โดยปริมาณน้ำรดมีค่าเท่ากันทุกแปลงที่อัตรา 400 ลบ.ม./(ไร่.เดือน) หรือ 13.3 ลบ.ม./(ไร่.วัน) รูปที่ 2-89 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 24 วัน โดยมีปริมาณน้ำสะสมรวม 320 ลบ.ม./ไร่

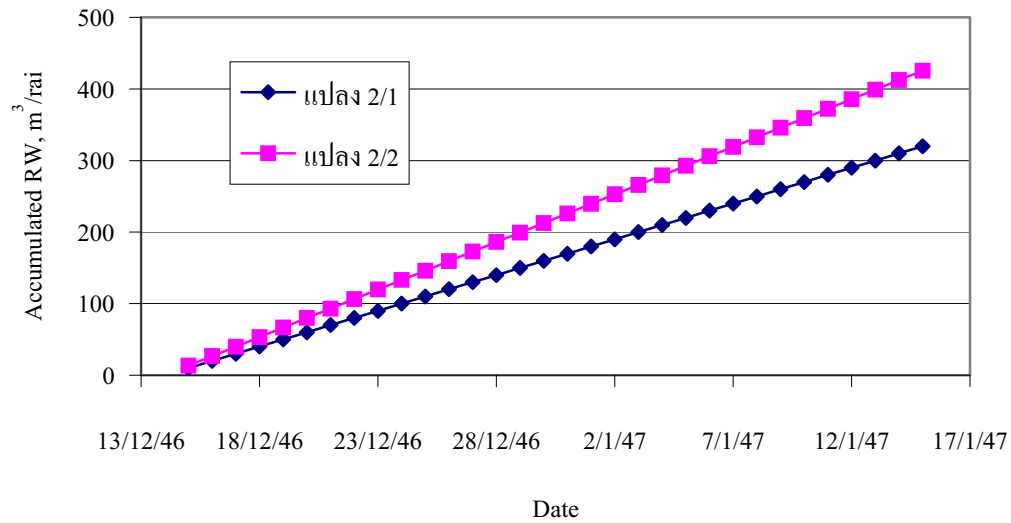
ตารางที่ 2-83 อัตราน้ำรดของแปลงทดลอง 2/1 (น้ำ RW)

การเพาะปลูกครั้งที่	ปริมาณน้ำรดต่อแปลง	
	ลบ.ม./ไร่.เดือน)	ลบ.ม./ไร่.วัน)
1	400	13.3
2	300	10
3	200	6.7
4	100	3.3



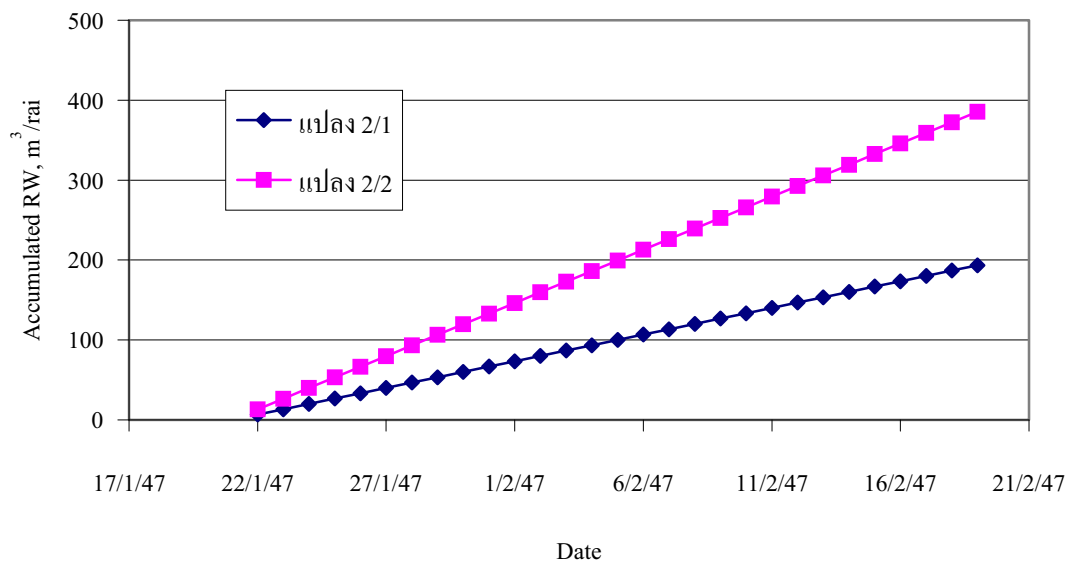
รูปที่ 2-89 ปริมาณน้ำรดสะสมแปลงผัก 2 ในการปลูกครั้งที่ 1 (น้ำ RW)

ปริมาณน้ำที่ใช้รดผักคะน้าในการปลูกครั้งที่ 2 ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps โดยปริมาณน้ำรดสำหรับแปลง 2/1 ที่อัตรา 300 ลบ.ม./ไร่.เดือน) หรือ 10 ลบ.ม./ไร่.วัน) ส่วนแปลง 2/2 ใช้ปริมาณน้ำรด 400 ลบ.ม./ไร่.เดือน) หรือ 13.3 ลบ.ม./ไร่.วัน) รูปที่ 2-90 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 31 วัน โดยมีปริมาณน้ำสะสมรวมของแปลง 2/1 310 ลบ.ม./ไร่ และแปลง 2/2 412 ลบ.ม./ไร่



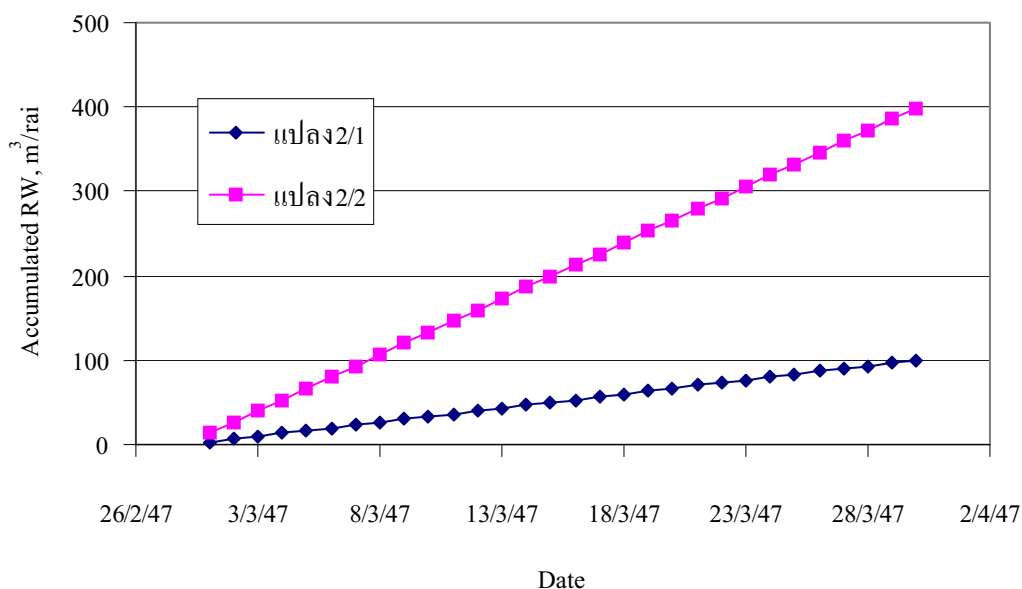
รูปที่ 2-90 ปริมาณน้ำรดสะสมแปลงผัก 2 ในการปลูกครั้งที่ 2 (น้ำ RW)

ปริมาณน้ำที่ใช้รดผัก ในการปลูกครั้งที่ 3 ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps โดยปริมาณน้ำรดสำหรับแปลง 2/1 ที่อัตรา 200 ลบ.ม./(ไร่.เดือน) หรือ 6.67 ลบ.ม./(ไร่.วัน) ส่วนแปลง 2/2 ใช้ปริมาณน้ำรด 400 ลบ.ม./(ไร่.เดือน) หรือ 13.3 ลบ.ม./(ไร่.วัน) รูปที่ 2-91 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 28 วัน โดยมีปริมาณน้ำสะสมรวม 187 ลบ.ม./ไร่ สำหรับแปลง 2/1 และ 372 ลบ.ม./ไร่ สำหรับแปลง 2/2



รูปที่ 2-91 ปริมาณน้ำรดสะสมแปลงผัก 2 ในการปลูกครั้งที่ 3 (น้ำ RW)

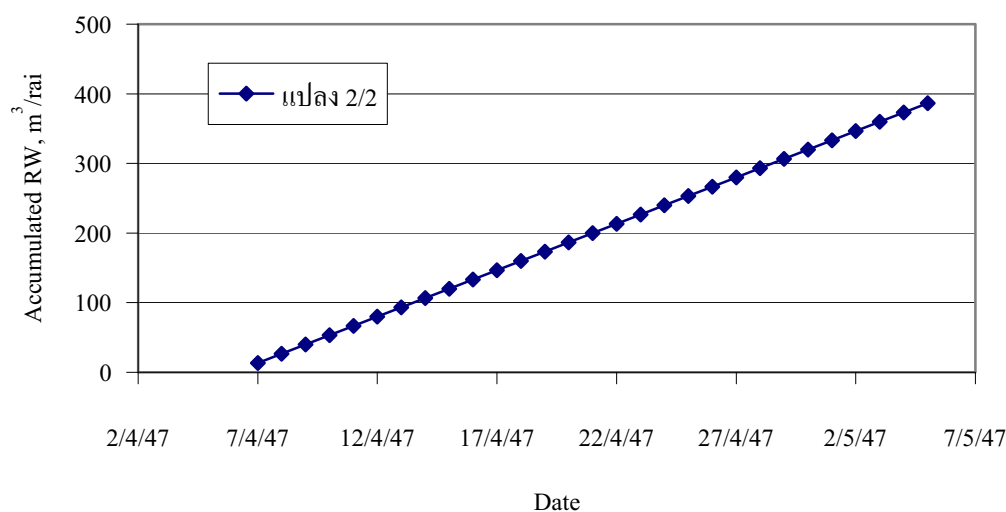
ปริมาณน้ำที่ใช้รดผักในการปลูกครั้งที่ 4 ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps โดยปริมาณน้ำรดสำหรับแปลง 2/1 มีค่าเท่ากันทุกแปลงที่อัตรา 100 ลบ.ม./(ไร่.เดือน) หรือ 3.33 ลบ.ม./(ไร่.วัน) ส่วนแปลง 2/2 ใช้ปริมาณน้ำรด 400 ลบ.ม./(ไร่.เดือน) หรือ 13.3 ลบ.ม./(ไร่.วัน) รูปที่ 2-92 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 29 วัน โดยมีปริมาณน้ำสะสมรวมสำหรับแปลง 2/1 97 ลบ.ม./ไร่ และแปลง 2/2 386 ลบ.ม./ไร่



รูปที่ 2-92 ปริมาณน้ำรดสะสมแปลงผัก 2 ในการปลูกครั้งที่ 4 (น้ำ RW)

ในการปลูกครั้งที่ 5 มีการปลูกเฉพาะแปลง 2/2 ปริมาณน้ำที่ใช้รดในแปลงนี้ ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps โดยปริมาณน้ำรดมีค่า 400 ลบ.ม./(ไร่.เดือน) หรือ 13.3 ลบ.ม./(ไร่.วัน) รูปที่ 2-93 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงการปลูก 29 วัน โดยมีปริมาณน้ำสะสมรวม 386 ลบ.ม./ไร่

เมื่อสรุปปริมาณน้ำรดสะสมที่ใช้ในการทดลองในแปลงที่ 2/1 และ 2/2 จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2-84



รูปที่ 2-93 ปริมาณน้ำรดสะสมแปลงผัก 2 ในการปลูกครั้งที่ 5 (น้ำ RW)

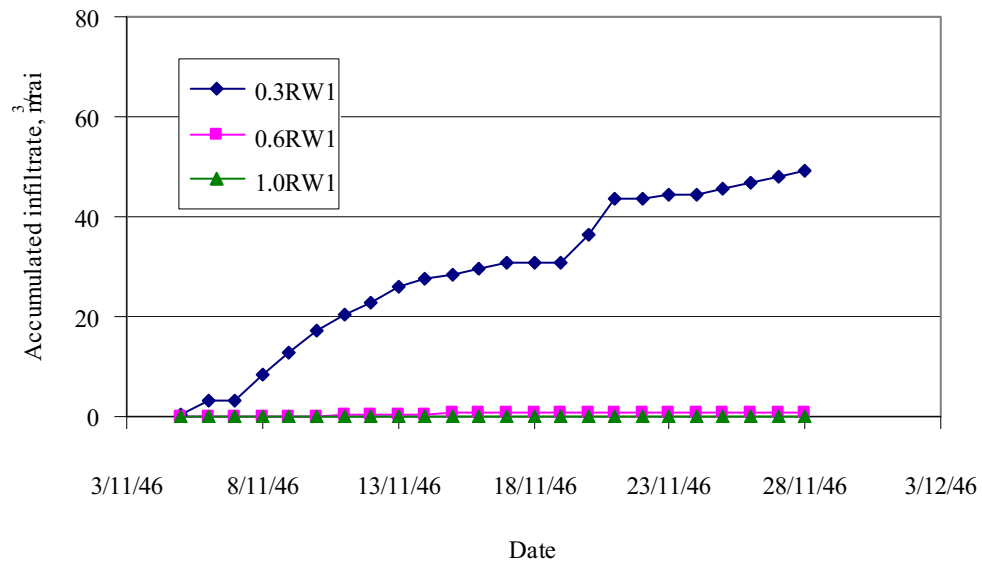
ตารางที่ 2-84 ปริมาณน้ำรดสะสมต่อแปลงในแปลงทดลอง 2/1 และ 2/2 (น้ำ RW)

การเพาะปลูก ครั้งที่	ระยะเวลาปลูกบนแปลง, วัน	ปริมาณน้ำรดสะสมต่อแปลง, ลบ.ม./ไร่	
		แปลง 2/1	แปลง 2/2
1	24	320	320
2	31	310	412
3	28	187	372
4	29	97	386
5	29	-	386

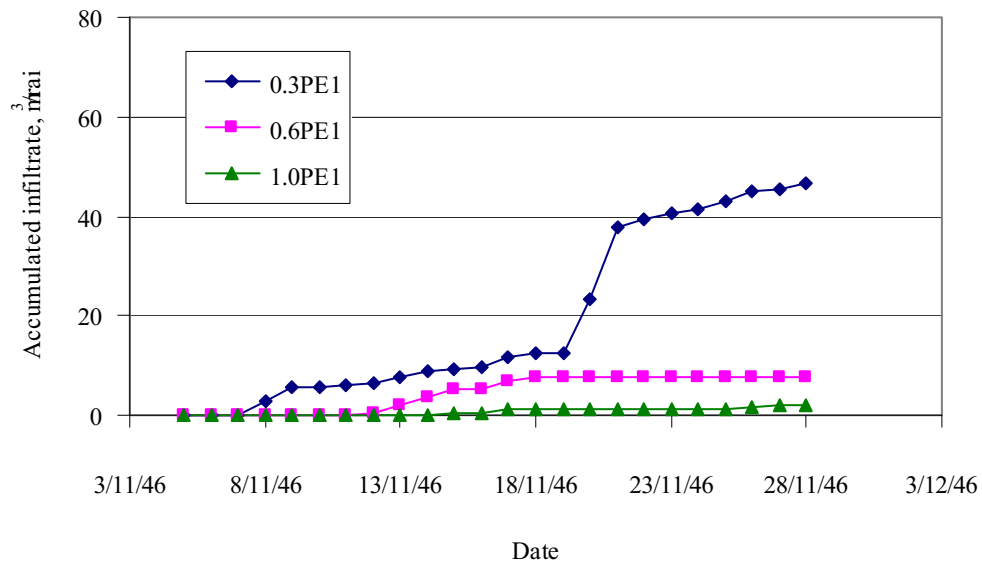
ข) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/1

ในการปลูกผักคะน้าแปลง 2/1 มีการวัดปริมาณน้ำซึม 3 ระดับคือที่ระดับ 30, 60 ซม. และ 100 ม. ผลการศึกษาปริมาณน้ำซึมจากแปลง 2/1 ซึ่งทำการปลูกทั้งสิ้น 4 ครั้ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเพาะปลูกครั้งที่ 1 (ใช้น้ำ 400 ม³/(ไร่.เดือน)) ปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นจากแปลงทดลองของน้ำที่ใช้รด ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps ที่ระดับ 30 ซม. (0.3RW, 0.3PE, 0.3GWps) ที่ระดับ 60 ซม. (0.6RW, 0.6PE, 0.6GWps) และที่ระดับ 100 ซม. (1.0RW, 1.0PE, 1.0GWps) ได้แสดงในรูปที่ 2-94

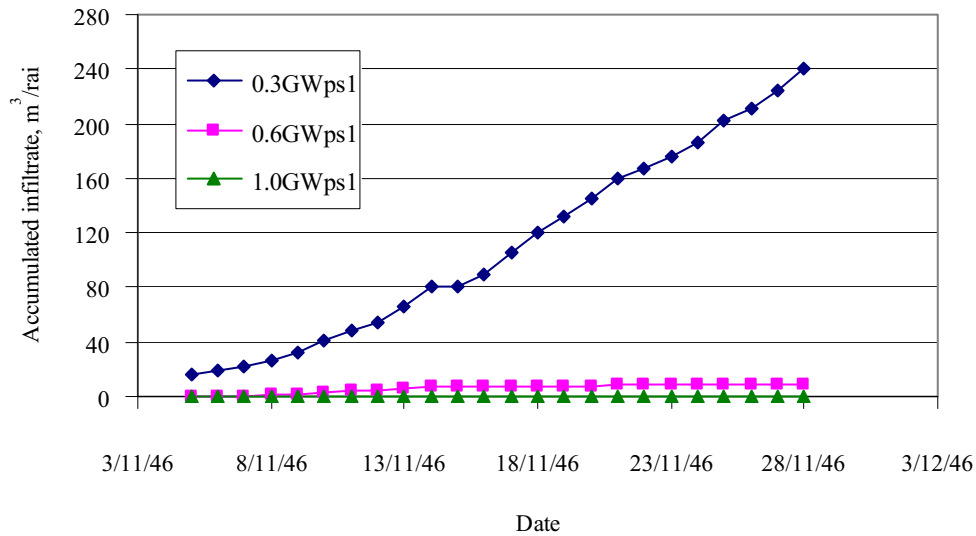


ก. น้ำรด RW



ข. น้ำรด PE

รูปที่ 2-94 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดิน
ในการปลูกแปลง 2/1 ครั้งที่ 1

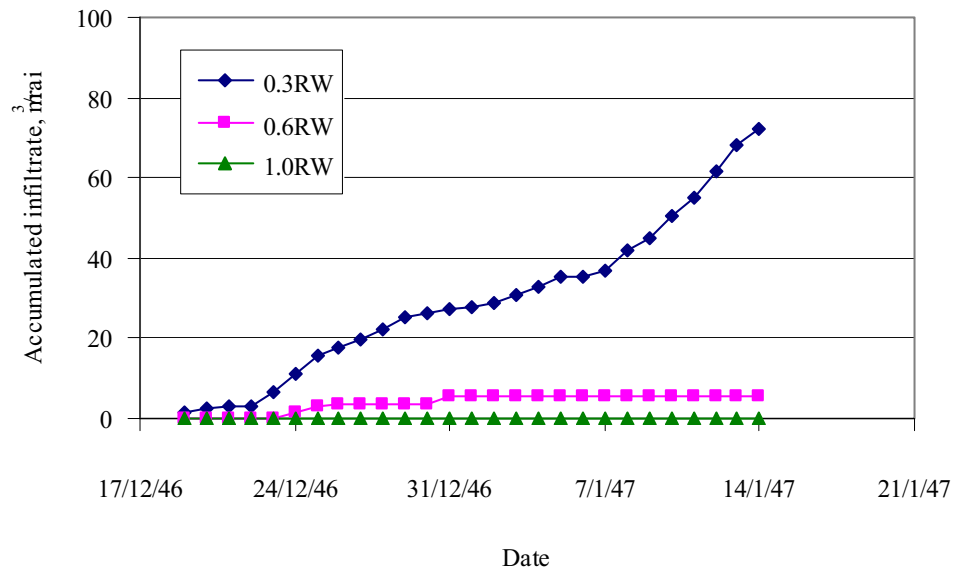


ก. น้ำรด GWps

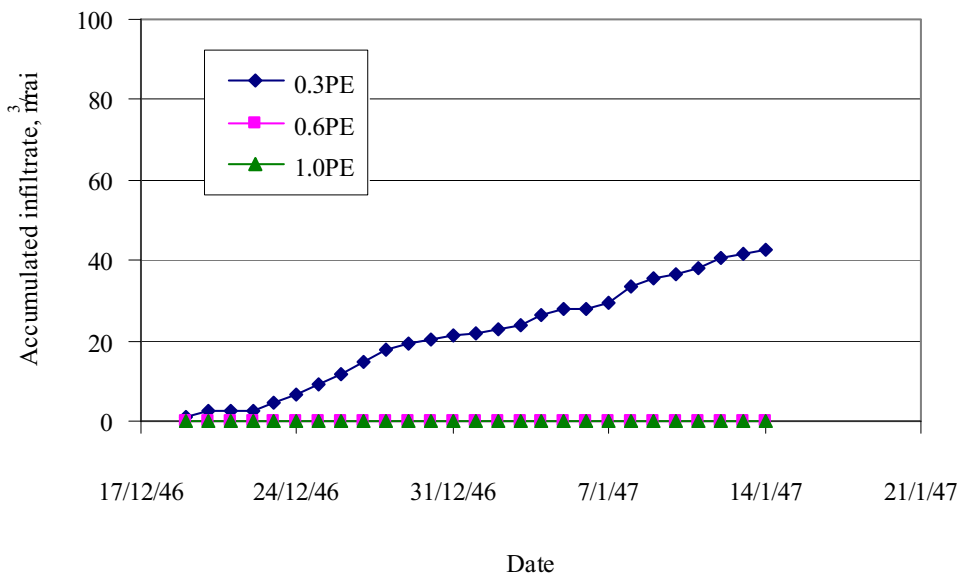
รูปที่ 2-94 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดิน
ในการปลูกแปลง 2/1 ครั้งที่ 1 (ต่อ)

จากรูปที่ 2-94 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรดประเภทต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าแปลงที่รดน้ำ RW มีปริมาณการซึมสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 13.2, 0.22 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสมตามลำดับ แปลงที่รดน้ำ PE มีปริมาณการซึมของน้ำรดสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 12.5, 2.03 และ 0.49 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ แปลงที่รดน้ำ GWps มีปริมาณการซึมสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 64.7, 2.25 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสมตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าที่ระยะ 30 ซม. มีปริมาณน้ำซึมสะสมต่อปริมาณน้ำรดสะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 12.5-64.7 ที่ระยะ 60 ซม. มีปริมาณน้ำซึมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.22-2.25 และที่ระยะ 100 ซม. พบปริมาณน้ำซึมเฉพาะจากแปลงผัก PE ร้อยละ 0.49 ที่ระยะ 30 ซม. น้ำซึมในแปลงที่รดโดยน้ำ RW, PE มีค่าใกล้เคียงกันและต่ำกว่าน้ำซึมในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps ประมาณ 5 เท่าตัว ซึ่งอาจเกิดจากน้ำ GWps มีของแข็งแขวนลอยค้ำ น้ำจึงไหลซึมได้เร็วกว่าน้ำ RW, PE

การเพาะปลูกครั้งที่ 2 (ใช้น้ำ 300 ม³/(ไร่.เดือน)) ปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นจากแปลงทดลองวัดที่ระดับ 30 ซม. (0.3RW, 0.3PE, 0.3GWps) ที่ระดับ 60 ซม. (0.6RW, 0.6PE, 0.6GWps) และที่ระดับ 100 ซม. (1.0RW, 1.0PE, 1.0GWps) ได้แสดงในรูปที่ 2-95

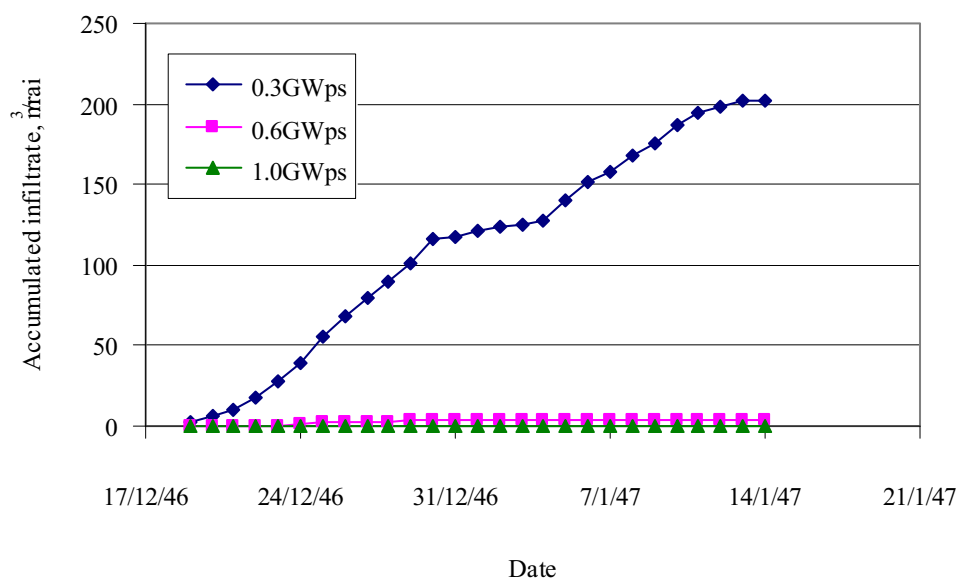


ก. น้ำรด RW



ข. น้ำรด PE

รูปที่ 2-95 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดิน
ในการปลูกแปลง 2/1 ครั้งที่ 2

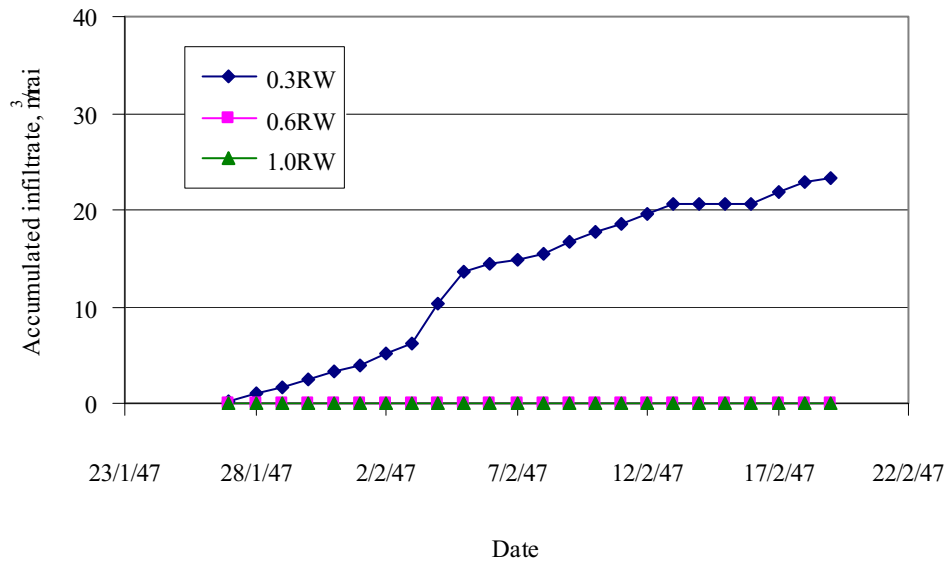


ก. น้ำรด GWps

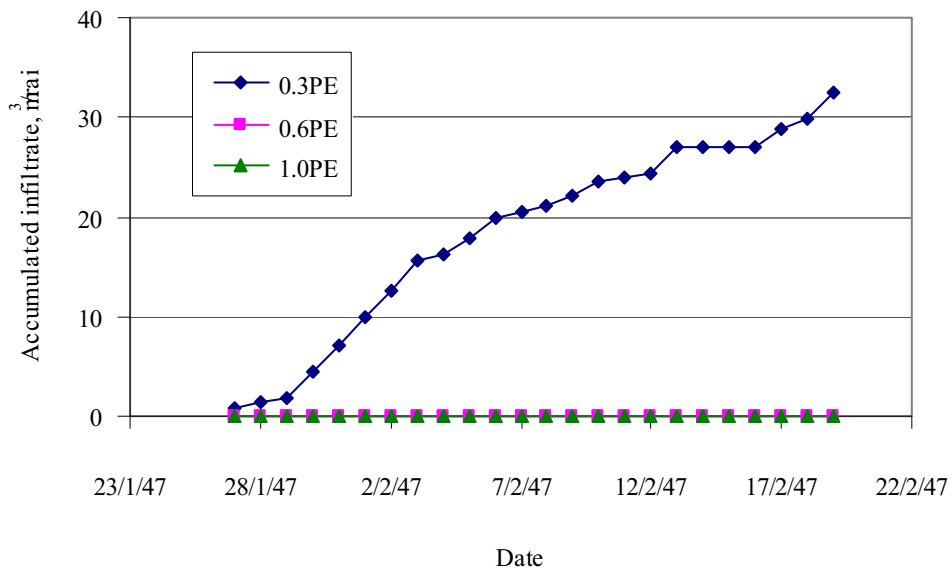
รูปที่ 2-95 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดิน
ในการปลูกแปลง 2/1 ครั้งที่ 2 (ต่อ)

จากรูปที่ 2-95 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรดประเภทต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าแปลงที่รดน้ำ RW มีปริมาณการซึมสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 23.3, 1.73 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสมตามลำดับ แปลงที่รดน้ำ PE มีปริมาณการซึมของน้ำรดสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 13.7, 0 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ แปลงที่รดน้ำ GWps มีปริมาณการซึมของน้ำรดสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 65.2, 1.04 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าที่ระยะ 30 ซม. มีปริมาณน้ำซึมสะสมต่อปริมาณน้ำรดสะสมในช่วงร้อยละ 13.7-65.2 โดยมีค่าสูงสุดในแปลงที่รดโดยน้ำ GWps และปริมาณน้ำซึมสะสมในแปลงที่รดโดยน้ำ RW มีค่าสูงกว่าน้ำ PE อย่างเห็นได้ชัด ที่ระยะ 60 ซม. มีปริมาณน้ำซึมอยู่ในช่วงร้อยละ 0-1.73 และที่ระยะ 100 ซม. ไม่พบปริมาณน้ำซึมจากแปลงผักทุกแปลง ในการปลูกครั้งที่ 2 นี้ แม้จะลดปริมาณน้ำรดลงก็ยังพบน้ำซึมเป็นสัดส่วนค่อนข้างสูงใกล้เคียงกับการปลูกครั้งที่ 1

การเพาะปลูกครั้งที่ 3 (ใช้น้ำ 200 ม³/(ไร่.เดือน)) ปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นจากแปลงทดลองวัดที่ระดับ 30 ซม. (0.3RW, 0.3PE, 0.3GWps) ที่ระดับ 60 ซม. (0.6RW, 0.6PE, 0.6GWps) และที่ระดับ 100 ซม. (1.0RW, 1.0PE, 1.0GWps) ได้แสดงในรูปที่ 2-96

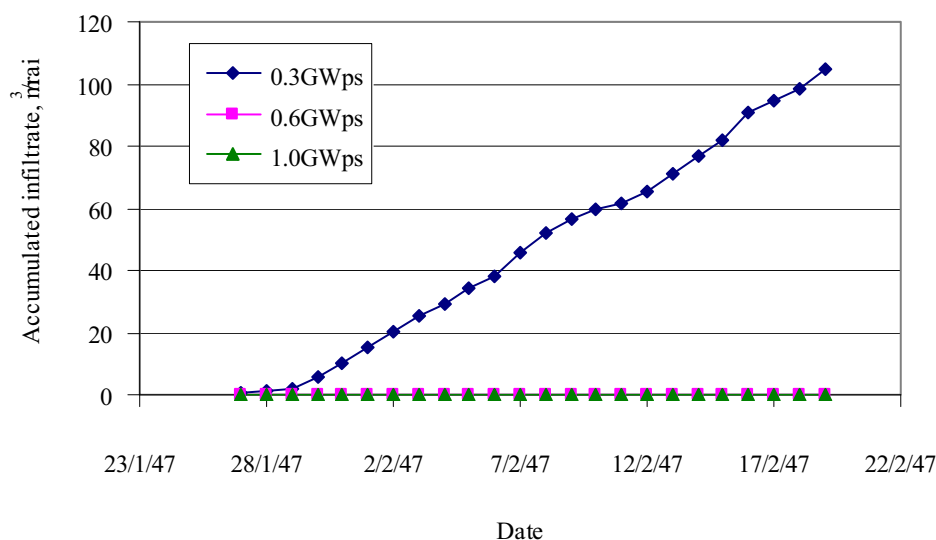


ก. น้ำรด RW



ข. น้ำรด PE

รูปที่ 2-96 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดิน
ในการปลูกแปลง 2/1 ครั้งที่ 3



ก. น้ำรด GWps

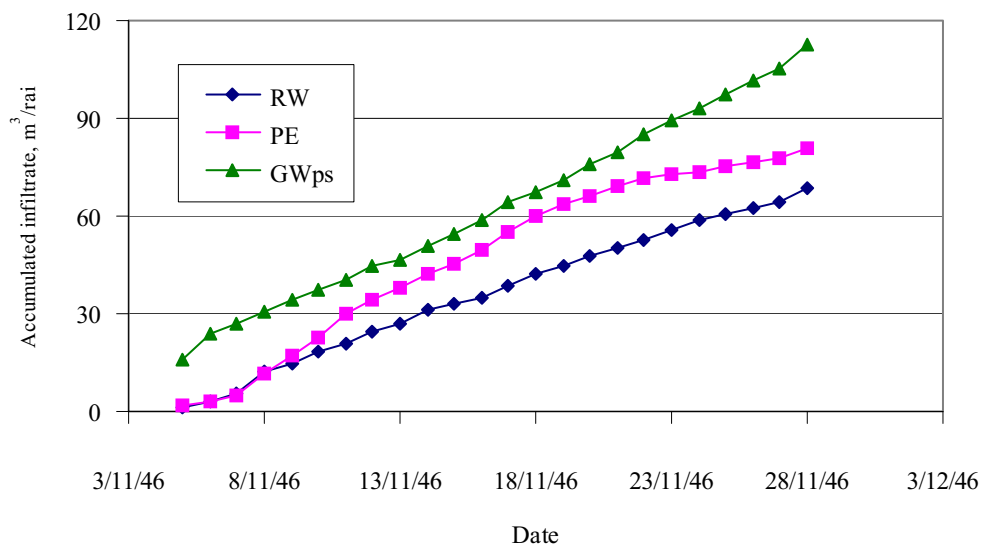
รูปที่ 2-96 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดิน
ในการปลูกแปลง 2/1 ครั้งที่ 3 (ต่อ)

จากรูปที่ 2-96 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30, 60 และ 100 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรดประเภทต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าแปลงที่รดน้ำ RW มีปริมาณการซึมของน้ำรดสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 12.6, 0 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ แปลงที่รดด้วยน้ำ PE มีปริมาณการซึมสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 17.5, 0 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ แปลงที่รดด้วยน้ำ GWps มีปริมาณการซึมสะสมที่ระยะ 30, 60 และ 100 ซม. คิดเป็นร้อยละ 56.4, 0 และ 0 ของปริมาณน้ำรดสะสม ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำซึมที่ระยะ 30 ซม. มีค่าสูงที่สุด โดยที่ระยะ 30 ซม. มีปริมาณน้ำซึมสะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 12.6-56.4 ที่ระยะ 60 ซม. และที่ระยะ 100 ซม. ไม่พบน้ำซึมจากแปลงทดลองทุกแปลง ในการปลูกครั้งนี้ปริมาณน้ำซึมโดยรวมได้ลดลงจากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 มาก เนื่องจากน้ำรดมีปริมาณน้อยลง แต่แปลงที่รดด้วยน้ำ GWps มีสัดส่วนปริมาณน้ำซึมสูงกว่าแปลงที่รดด้วยน้ำ RW, PE ประมาณ 5 เท่าตัว

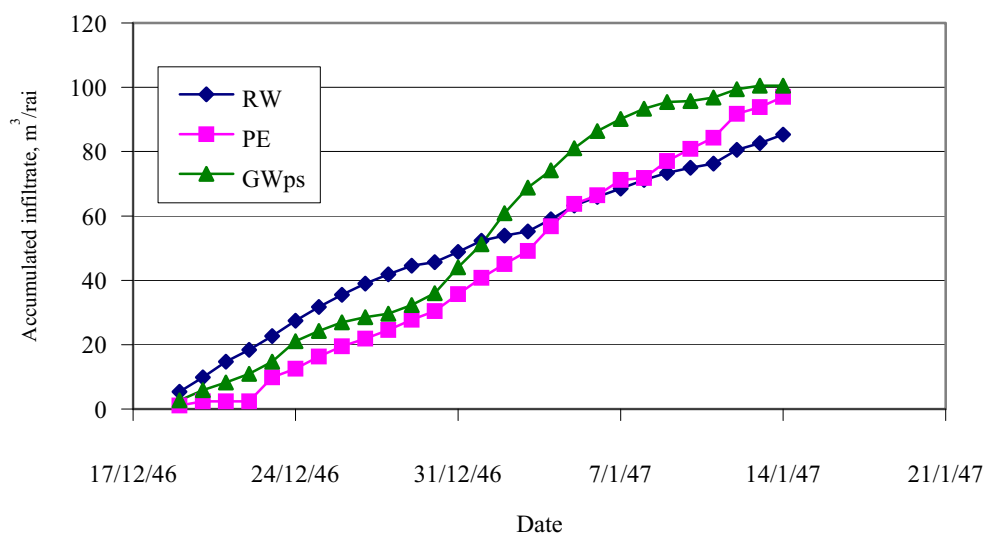
การเพาะปลูกครั้งที่ 4 (ใช้น้ำ 100 ม³/(ไร่.เดือน)) ปริมาณน้ำซึมที่เกิดขึ้นจากแปลงทดลองของน้ำที่ใช้รด ได้แก่ น้ำ RW, PE และ GWps ที่ระดับ 30 ซม. (0.3RW, 0.3PE, 0.3GWps) ที่ระดับ 60 ซม. (0.6RW, 0.6PE, 0.6GWps) และที่ระดับ 100 ซม. (1.0RW, 1.0PE, 1.0GWps) ผลการศึกษาไม่พบปริมาณน้ำซึมจากทุกแปลงทดลอง แสดงว่าน้ำรดมีปริมาณต่ำเกินไป จะถูกพืชดูดไปใช้ ระเหยจากผิวดิน และสะสมในผิวดินจนหมด

ค) ปริมาณน้ำซึมในแปลง 2/2

ในการปลูกผักคะน้าแปลง 2/2 (ใช้น้ำ 400 ม³/(ไร่.เดือน)) มีการวัดปริมาณน้ำซึมที่ระดับ 30 ซม. เพียงระดับเดียว ผลการศึกษาปริมาณน้ำซึมจากแปลง 2/2 ซึ่งทำการปลูกทั้งสิ้น 5 ครั้งได้แสดงในรูปที่ 2-97

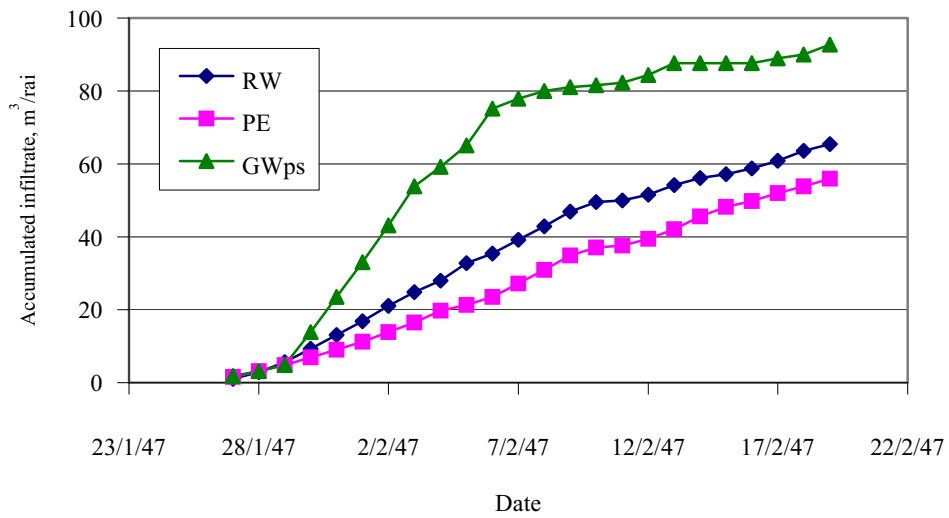


ก. ปลูกครั้งที่ 1

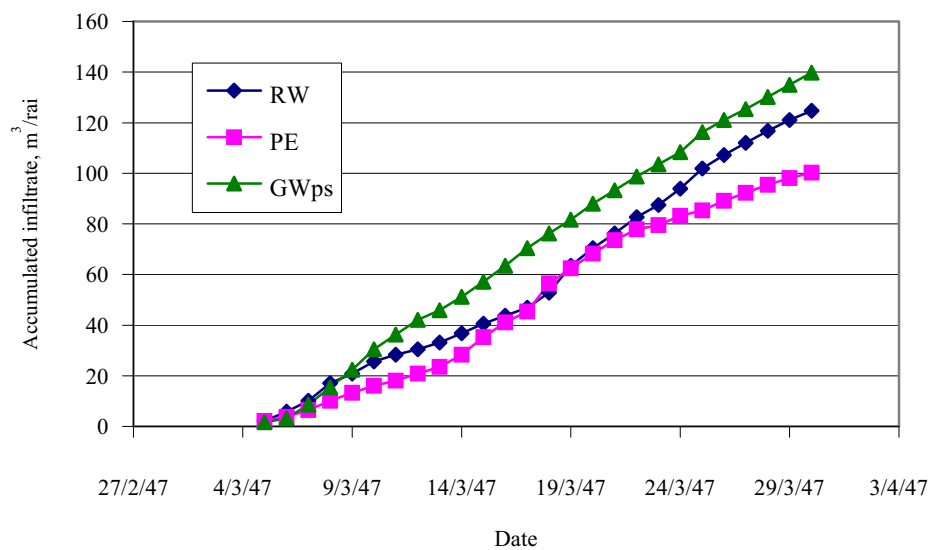


ข. ปลูกครั้งที่ 2

รูปที่ 2-97 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด RW, PE และ GWps ในแปลงผัก 2/2

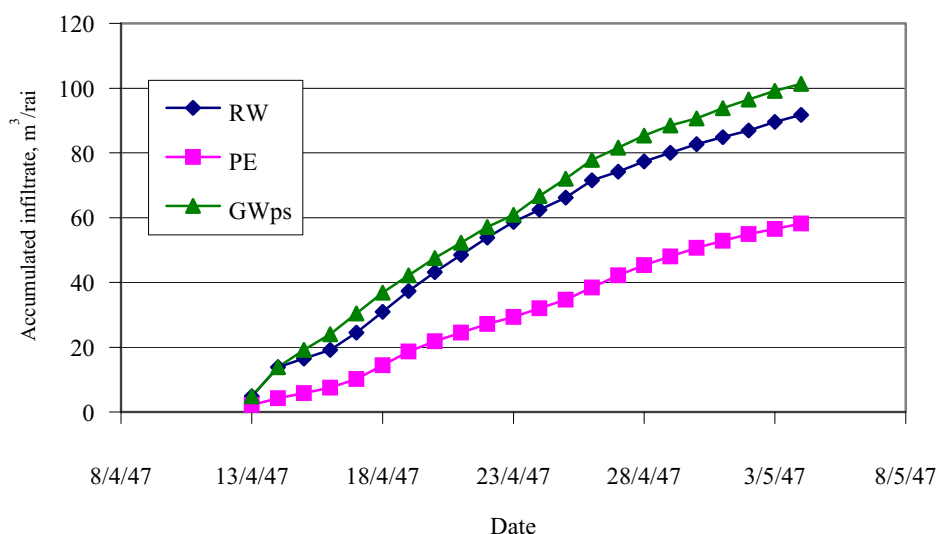


ก. ปลูกรั้วครั้งที่ 3



ง. ปลูกรั้วครั้งที่ 4

รูปที่ 2-97 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด RW, PE และ GWps
ในแปลงผัก 2/2 (ต่อ)



จ. ปลูกรั้วครั้งที่ 5

รูปที่ 2-97 ปริมาณน้ำซึมสะสมที่ความลึก 30 ซม. จากระดับผิวดินของน้ำรด RW, PE และ GWps ในแปลงผัก 2/2 (ต่อ)

การเพาะปลูกรั้วครั้งที่ 1 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการซึมสะสมมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับน้ำรด RW และ PE โดยมีค่าร้อยละปริมาณการซึมสะสม 18.3 และ 21.7 ตามลำดับ สำหรับน้ำรด GWps มีปริมาณการซึมสูงกว่าคือร้อยละ 30.2

การเพาะปลูกรั้วครั้งที่ 2 มีปริมาณการซึมสะสมร้อยละ 20.71, 23.56 และ 24.40 สำหรับน้ำรด RW, PE และ GWps ตามลำดับ

การเพาะปลูกรั้วครั้งที่ 3 พบว่าปริมาณการซึมสะสมมีค่าร้อยละ 17.57, 15.04 และ 24.89 สำหรับน้ำรด RW, PE และ GWps ตามลำดับ

การเพาะปลูกรั้วครั้งที่ 4 ปริมาณการซึมสะสมมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับน้ำรดทั้ง 3 ชนิด โดยมีค่าร้อยละ 32.4, 26.0 และ 36.2 สำหรับน้ำรด RW, PE และ GWps ตามลำดับ

การเพาะปลูกรั้วครั้งที่ 5 ปริมาณการซึมสะสมมีค่าร้อยละ 28.7, 18.2 และ 31.7 สำหรับน้ำรด RW, PE และ GWps ตามลำดับ ตลอดการทดลองพบการแปรผันของปริมาณน้ำซึม แม้ว่าอัตราการรดน้ำคงที่เนื่องจากการระเหยของน้ำในดินและการระเหยน้ำของพืชทางใบขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ฯลฯ แต่ทุกการปลูก น้ำรด GWps ซึ่งมีของแข็งแขวนลอยต่ำจะมีอัตราการซึมสูงที่สุด อัตราการซึมในแปลง GWps ไม่ได้สูงกว่าแปลงอื่นๆ หลายเท่าตัวเหมือนในแปลงผัก 2/1

ง) คุณภาพน้ำรด

ลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำรดของการปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 ทั้ง 5 ครั้ง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2-85 ถึง 2-89 สำหรับการแปรผันคุณภาพน้ำในดัชนีสำคัญได้แสดงในรูปที่ 2-98 ถึง 2-106 ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าน้ำ RW และ PE มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยมีลักษณะค่อนข้างแปรปรวนในเกือบทุกดัชนี น้ำ RW และ PE นี้มีความแปรปรวนของการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีสูงมากในการปลูกครั้งที่ 2 สำหรับค่าเฉลี่ยของบีโอดีในการเพาะปลูกครั้งที่ 1-4 มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ของการเพาะปลูกครั้งที่ 5 มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเพียง 17 มก/ล ในส่วนของแอมโมเนียไนโตรเจนและเจดัลห้ไนโตรเจนนั้นพบว่า การเพาะปลูกครั้งที่ 1-4 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในการเพาะปลูกครั้งที่ 5 มีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับกับกรณีของไนโตรทไนเตรทไนโตรเจนซึ่งมีค่าแปรปรวนและมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมากในการเพาะปลูกครั้งที่ 4 และ 5 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าปริมาณไนโตรทไนเตรทในน้ำรด RW และ PE นี้น้อยมากเมื่อเทียบกับเจดัลห้ไนโตรเจน ดังนั้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำรดของการเพาะปลูกผักคะน้าตั้งแต่ครั้งที่ 1-5 นี้จึงเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงของเจดัลห้ไนโตรเจน

ในกรณีของฟอสฟอรัสรวมพบว่า น้ำ RW และ PE มีฟอสฟอรัสรวมสูงในการเพาะปลูกครั้งแรก ส่วนการเพาะปลูกครั้งที่ 2, 3 และ 4 นั้น มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำกว่าครั้งแรก ในขณะที่การเพาะปลูกครั้งที่ 5 มีฟอสฟอรัสรวมต่ำสุด

ในส่วนของการปนเปื้อนของสารอนินทรีย์โดยรวม (สภาพการนำไฟฟ้า) พบว่าส่วนใหญ่ของการตรวจวัดในการปลูกทั้ง 5 ครั้ง น้ำ RW และ PE มีสภาพการนำไฟฟ้าแปรผันอยู่ในช่วง 500-900 ไมโครโมห์/ซม. โดยในการเพาะปลูกครั้งที่ 3 และ 4 น้ำ RW และ PE มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำกว่าของการเพาะปลูกครั้งอื่น ๆ

สำหรับน้ำบาดาลพบว่ามีคุณภาพดี โดยมีสารอินทรีย์ สารอาหารทุกตัวตลอดจนโคลิฟอร์มรวมและฟิคัลโคลิฟอร์มปนเปื้อนอยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้ยังมีระดับการปนเปื้อนที่ใกล้เคียงตลอดช่วงการเพาะปลูกทั้ง 5 ครั้ง อย่างไรก็ตาม น้ำบาดาลนี้มีสารอนินทรีย์ (สภาพการนำไฟฟ้า) ปนเปื้อนค่อนข้างสูง โดยมีระดับการปนเปื้อนใกล้เคียงกันกับของน้ำ RW และ PE และมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากการเพาะปลูกครั้งที่ 1-5

ตารางที่ 2-85 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 ด้วยน้ำ RW, PE และ GWps ครั้งที่ 1

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	3.45-7.44	3.58-7.39	5.63-6.32
	ave $\pm$ s	6.14 $\pm$ 1.56	6.14 $\pm$ 1.55	5.98 $\pm$ 0.26
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	622-1427	612-1418	613-900
	ave $\pm$ s	859 $\pm$ 303	850 $\pm$ 297	781 $\pm$ 91.5
TDS, มก/ล	min-max	508-1342	458-1152	251-545
	ave $\pm$ s	997 $\pm$ 322	834 $\pm$ 251	357 $\pm$ 123
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	21.0-44.4	8.80-35.0	-
	ave $\pm$ s	31.7 $\pm$ 7.07	21.1 $\pm$ 8.96	-
COD, มก/ล	min-max	45.8-118	51.6-141	2.60-38.0
	ave $\pm$ s	82.2 $\pm$ 24.7	90.6 $\pm$ 33.5	22.6 $\pm$ 14.6
BOD, มก/ล	min-max	9.02-41.5	8.52-52.3	0.10-1.96
	ave $\pm$ s	26.6 $\pm$ 9.24	26.2 $\pm$ 14.3	0.66 $\pm$ 0.67
TP, มก/ล	min-max	1.47-2.13	1.18-1.39	0-0.15
	ave $\pm$ s	1.66 $\pm$ 0.24	1.28 $\pm$ 0.07	0.08 $\pm$ 0.05
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.01-0.05	0.02-0.05	0-0.097
	ave $\pm$ s	0.04 $\pm$ 0.01	0.04 $\pm$ 0.01	0.018 $\pm$ 0.034
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	18.4-22.7	16.5-21.5	0-1.26
	ave $\pm$ s	20.2 $\pm$ 1.44	19.2 $\pm$ 1.79	0.19 $\pm$ 0.43
TKN, มก/ล	min-max	19.9-28.1	19.6-27.6	0.03-2.52
	ave $\pm$ s	23.2 $\pm$ 2.72	22.3 $\pm$ 2.47	0.44 $\pm$ 0.84
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	220,000-22,000,000	220,000- $\geq$ 16,000,000	<2-8
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	80,000-14,000,000	40,000-3,500,000	<2-4

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง

ตารางที่ 2-86 คุณภาพน้ำรดโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 ด้วยน้ำ RW, PE และ GWps ครั้งที่ 2

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	5.22-7.92	5.24-7.90	5.90-8.10
	ave $\pm$ s	6.75 $\pm$ 0.87	6.73 $\pm$ 0.88	6.56 $\pm$ 0.81
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	603-1168	597-1160	732-920
	ave $\pm$ s	777 $\pm$ 171	766 $\pm$ 172	853 $\pm$ 65.5
TDS, มก/ล	min-max	349-748	322-530	332-573
	ave $\pm$ s	497 $\pm$ 126	419 $\pm$ 62.7	488 $\pm$ 93.7
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	33.6-54.7	12.9-35.3	-
	ave $\pm$ s	39.5 $\pm$ 7.04	29.0 $\pm$ 7.88	-
COD, มก/ล	min-max	58.9-140	63.0-144	5.91-42.1
	ave $\pm$ s	98.3 $\pm$ 27.4	96.2 $\pm$ 34.2	24.1 $\pm$ 10.5
BOD, มก/ล	min-max	4.93-74.4	6.70-62.7	0.15-1.01
	ave $\pm$ s	30.6 $\pm$ 21.0	30.9 $\pm$ 18.2	0.58 $\pm$ 0.29
TP, มก/ล	min-max	0.56-1.04	0.58-0.90	0.037-0.22
	ave $\pm$ s	0.90 $\pm$ 0.17	0.76 $\pm$ 0.12	0.17 $\pm$ 0.06
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.01-0.09	0.02-0.08	0-0.06
	ave $\pm$ s	0.05 $\pm$ 0.03	0.04 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.02
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	13.0-24.0	10.6-23.9	0.06-0.16
	ave $\pm$ s	21.0 $\pm$ 3.41	19.9 $\pm$ 4.20	0.09 $\pm$ 0.04
TKN, มก/ล	min-max	16.2-25.5	13.5-26.8	0.24-0.52
	ave $\pm$ s	23.4 $\pm$ 3.12	22.3 $\pm$ 4.00	0.31 $\pm$ 0.09
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	200,000-160,000,000	200,000-13,000,000	<2-500
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	<200,000-160,000,000	<200,000-5,000,000	<2-17

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง

ตารางที่ 2-87 คุณภาพน้ำารคโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 ด้วยน้ำ RW, PE และ GWps ครั้งที่ 3

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	5.88-7.96	5.84-8.02	6.26-7.97
	ave $\pm$ s	7.22 $\pm$ 0.66	7.17 $\pm$ 0.69	6.95 $\pm$ 0.56
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	528-744	526-734	509-810
	ave $\pm$ s	603 $\pm$ 68.8	596 $\pm$ 66.3	676 $\pm$ 96.9
TDS, มก/ล	min-max	301-624	296-582	391-565
	ave $\pm$ s	376 $\pm$ 112	362 $\pm$ 101	477 $\pm$ 56.1
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	18.0-41.2	15.6-29.7	-
	ave $\pm$ s	29.6 $\pm$ 7.04	25.2 $\pm$ 5.40	-
COD, มก/ล	min-max	115-174	111-173	6.0-35.5
	ave $\pm$ s	144 $\pm$ 21.2	146 $\pm$ 21.2	23.2 $\pm$ 11.2
BOD, มก/ล	min-max	33.5-42.7	29.2-44.9	0.69-1.20
	ave $\pm$ s	37.1 $\pm$ 3.50	38.4 $\pm$ 5.84	0.88 $\pm$ 0.17
TP, มก/ล	min-max	0.65-1.02	0.45-0.92	0.076-0.24
	ave $\pm$ s	0.85 $\pm$ 0.13	0.74 $\pm$ 0.16	0.14 $\pm$ 0.056
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.03-0.11	0.03-0.10	0.01-0.05
	ave $\pm$ s	0.07 $\pm$ 0.03	0.06 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.02
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	17.6-24.8	16.7-23.2	0.04-0.16
	ave $\pm$ s	20.9 $\pm$ 2.45	20.2 $\pm$ 2.25	0.10 $\pm$ 0.04
TKN, มก/ล	min-max	21.4-27.4	19.3-26.5	0.20-0.42
	ave $\pm$ s	24.9 $\pm$ 2.05	24.1 $\pm$ 2.38	0.30 $\pm$ 0.07
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,700,000-50,000,000	1,700,000-14,000,000	<2-240
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	400,000-30,000,000	200,000-2,700,000	<2-240

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 7 ครั้ง

ตารางที่ 2-88 คุณภาพน้ำารคโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 ด้วยน้ำ RW, PE และ GWps ครั้งที่ 4

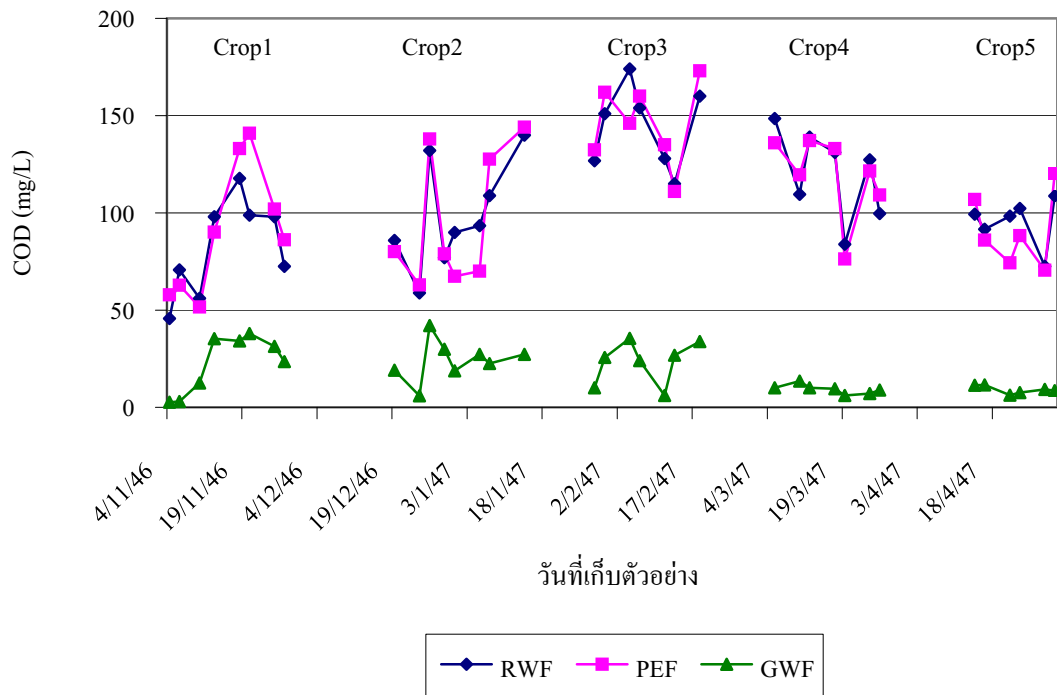
ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	6.64-7.51	6.64-7.29	5.46-6.51
	ave $\pm$ s	7.16 $\pm$ 0.36	7.10 $\pm$ 0.27	6.13 $\pm$ 0.36
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	518-602	514-599	532-588
	ave $\pm$ s	564 $\pm$ 29.4	556 $\pm$ 28.2	555 $\pm$ 23.4
TDS, มก/ล	min-max	298-679	262-576	372-724
	ave $\pm$ s	419 $\pm$ 160	366 $\pm$ 136	483 $\pm$ 157
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	19.3-44.5	15.1-31.1	-
	ave $\pm$ s	32.8 $\pm$ 8.43	25.0 $\pm$ 6.07	-
COD, มก/ล	min-max	83.9-149	76.2-137	6.06-13.5
	ave $\pm$ s	120 $\pm$ 23.0	119 $\pm$ 21.4	9.28 $\pm$ 2.39
BOD, มก/ล	min-max	19.2-43.4	15.5-52.8	0.58-1.40
	ave $\pm$ s	31.6 $\pm$ 10.5	33.6 $\pm$ 13.6	0.84 $\pm$ 0.27
TP, มก/ล	min-max	0.68-1.24	0.59-1.06	0.002-0.18
	ave $\pm$ s	1.01 $\pm$ 0.18	0.89 $\pm$ 0.15	0.12 $\pm$ 0.069
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.013-0.48	0.008-0.50	0.007-0.22
	ave $\pm$ s	0.20 $\pm$ 0.18	0.20 $\pm$ 0.19	0.083 $\pm$ 0.079
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	15.1-23.0	14.7-22.2	0-0.12
	ave $\pm$ s	20.2 $\pm$ 2.82	19.6 $\pm$ 2.78	0.061 $\pm$ 0.044
TKN, มก/ล	min-max	19.0-26.8	18.1-26.3	0.03-0.96
	ave $\pm$ s	24.0 $\pm$ 3.09	23.2 $\pm$ 3.15	0.33 $\pm$ 0.29
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	1,100,000-30,000,000	700,000-3,400,000	<2-8
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	200,000-13,000,000	400,000-1,300,000	<2-8

หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 7 ครั้ง

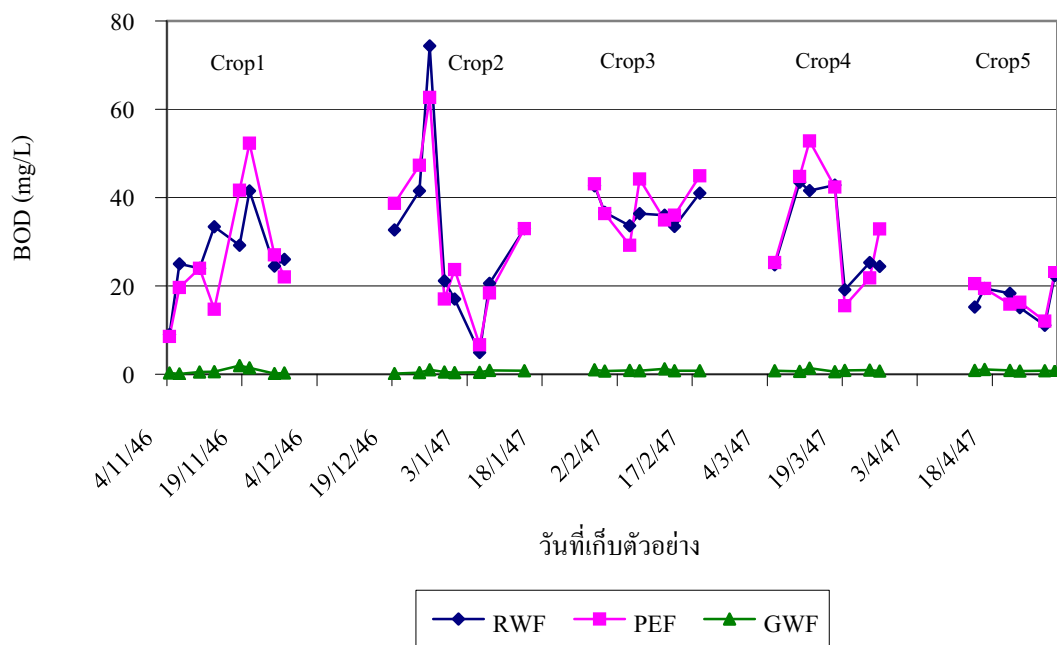
ตารางที่ 2-89 คุณภาพน้ำารคโดยเฉลี่ยที่ใช้การปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2 ด้วยน้ำ RW, PE และ GWps ครั้งที่ 5

ดัชนีคุณภาพน้ำ		RW	PE	GWps
พีเอช	min-max	5.97-6.76	5.92-6.52	6.04-7.08
	ave $\pm$ s	6.31 $\pm$ 0.30	6.26 $\pm$ 0.24	6.29 $\pm$ 0.40
สภาพการนำไฟฟ้า, ไมโครโมห์/ซม.	min-max	722-2955	696-2680	398-530
	ave $\pm$ s	1141 $\pm$ 890	1083 $\pm$ 784	466 $\pm$ 49
TDS, มก/ล	min-max	305-1296	297-917	328-738
	ave $\pm$ s	784 $\pm$ 329	665 $\pm$ 207	519 $\pm$ 181
สารแขวนลอย, มก/ล	min-max	9.80-49.0	6.50-42.8	-
	ave $\pm$ s	30.9 $\pm$ 16.0	25.2 $\pm$ 14.2	-
COD, มก/ล	min-max	72.5-109	70.5-120	6.17-11.6
	ave $\pm$ s	95.5 $\pm$ 12.6	91.1 $\pm$ 19.2	9.08 $\pm$ 2.11
BOD, มก/ล	min-max	11.1-22.3	12.0-23.1	0.70-1.07
	ave $\pm$ s	16.9 $\pm$ 3.93	17.9 $\pm$ 3.92	0.85 $\pm$ 0.13
TP, มก/ล	min-max	0.49-0.83	0.38-0.72	0-0.19
	ave $\pm$ s	0.66 $\pm$ 0.11	0.56 $\pm$ 0.14	0.10 $\pm$ 0.083
NO _{2,3} -N, มก/ล	min-max	0.029-0.24	0.022-0.37	0.006-0.071
	ave $\pm$ s	0.11 $\pm$ 0.096	0.12 $\pm$ 0.14	0.029 $\pm$ 0.023
NH ₃ -N, มก/ล	min-max	21.7-26.5	21.2-26.1	0.050-0.12
	ave $\pm$ s	24.5 $\pm$ 1.69	23.9 $\pm$ 1.68	0.084 $\pm$ 0.031
TKN, มก/ล	min-max	25.0-28.5	24.6-28.1	0.12-0.52
	ave $\pm$ s	27.0 $\pm$ 1.19	26.2 $\pm$ 1.23	0.33 $\pm$ 0.16
Total Coliforms, MPN/100 มล	min-max	130,000-1,700,000	40,000-330,000	<2-300
Fecal Coliforms, MPN/100 มล	min-max	80,000-800,000	20,000-330,000	<2-300

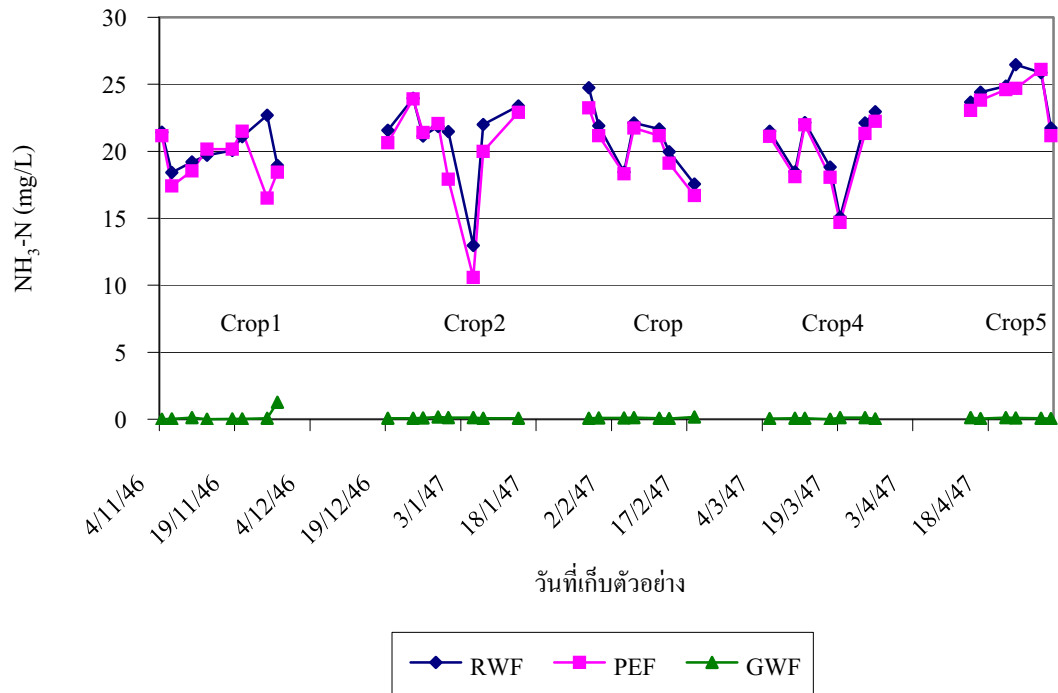
หมายเหตุ จากการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง



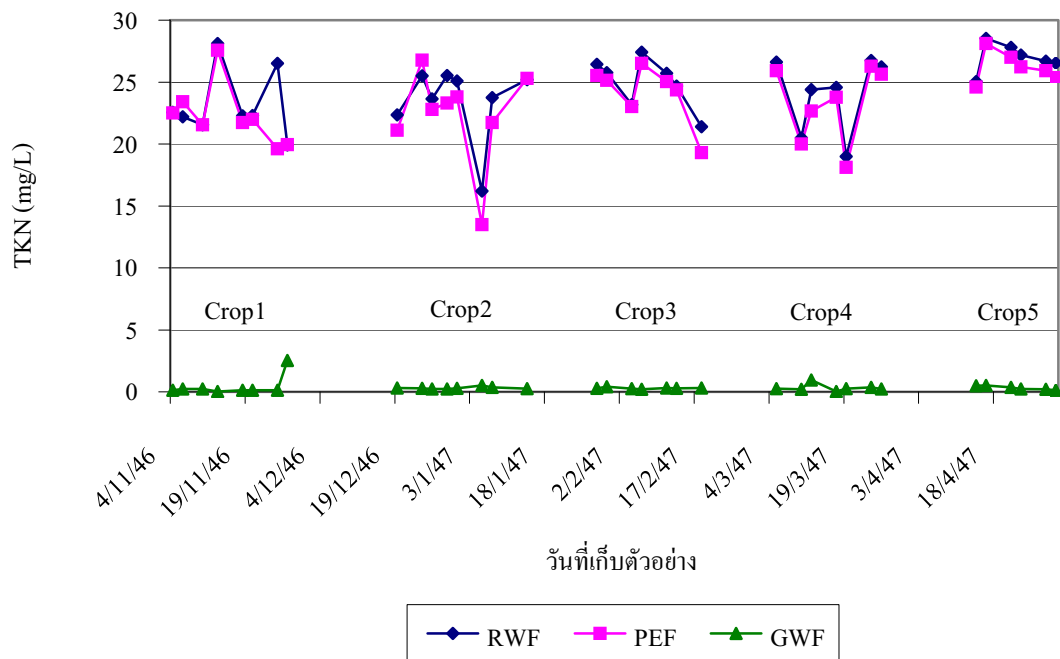
รูปที่ 2-98 การแปรผันค่า COD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2



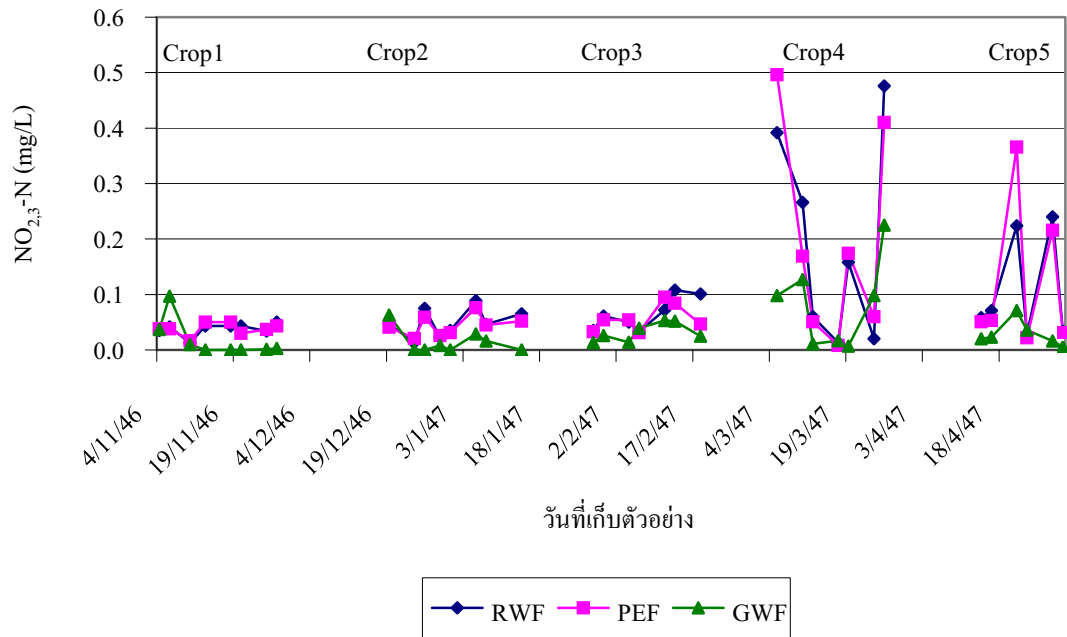
รูปที่ 2-99 การแปรผันค่า BOD ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2



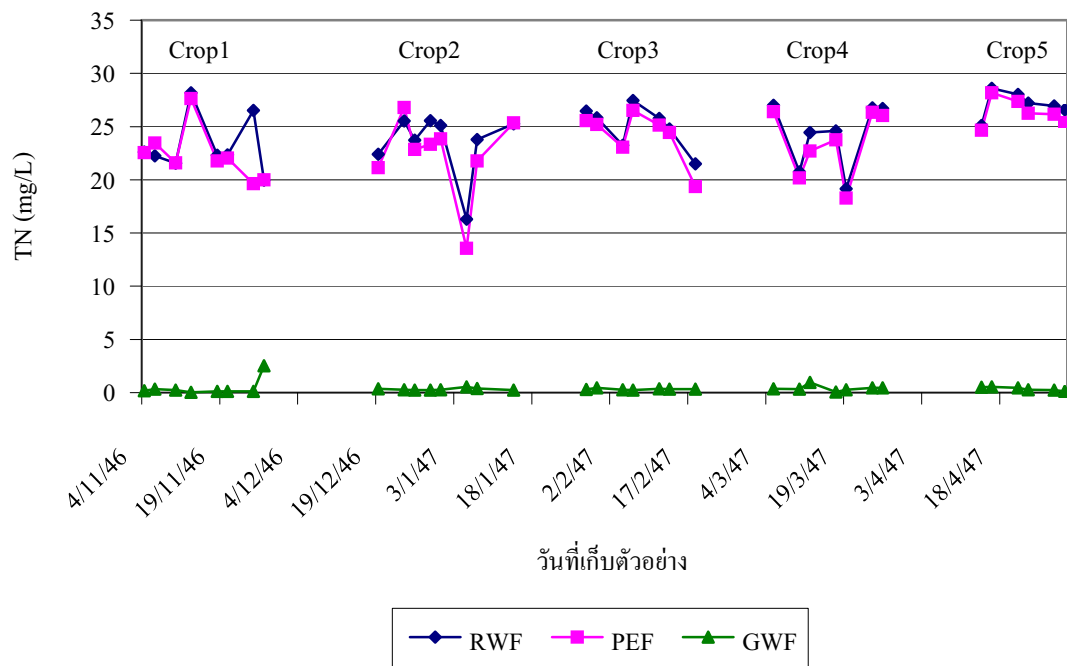
รูปที่ 2-100 การแปรผันค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2



รูปที่ 2-101 การแปรผันค่า TKN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2



รูปที่ 2-102 การแปรผันค่า NO_{2,3}-N ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2



รูปที่ 2-103 การแปรผันค่า TN ของน้ำรดในการเพาะปลูกผักคะน้าแปลงผัก 2