

อภิธาน์นทาการ



การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87
ในการทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วนเพื่อการผลิตค่น้ำ



บุศรา คำศรี
รัชฎาพร เณรยืม

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
วันลงทะเบียน... 5 ต.ค. 2560.....
เลขทะเบียน... 19991911.....
เลขเรียกหนังสือ... ไร่.....

๑๖๖๑๓
๑๕๕๗

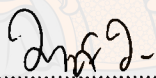
โครงการวิจัย เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ธันวาคม 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณา
โครงการวิจัย เรื่อง “ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ใน
การทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วนเพื่อการผลิตค่น้ำ” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยนเรศวร



.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัญชลี เจตียนานท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วภากร ศิริวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภิรมย์ อ่อนเสียง)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ธันวาคม 2557

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กัญชลี เจตียนนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วภากร ศิริวงศ์ ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนโครงการวิจัยสำเร็จสมบูรณ์ ได้ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ประจำภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของโครงการวิจัยตลอดระยะเวลาในการศึกษาวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณนางสาวนฤมล สิงห์ทวง นักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการภาควิชา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ให้ผู้วิจัยเกิดประสบการณ์ใหม่และได้ข้อมูลที่ต้องการครบถ้วน

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดของผู้วิจัยที่คอยสั่งสอนให้ เห็นคุณค่าของการศึกษา เป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุกๆด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงมีจากโครงการวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มี พระคุณทุกๆ ท่าน คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการวิจัยฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา เกี่ยวกับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ในการทดแทน ปุ๋ยเคมีบางส่วนเพื่อการผลิตค่น้ำในประเทศและผู้สนใจบ้างและนำไปใช้ประโยชน์ต่อ

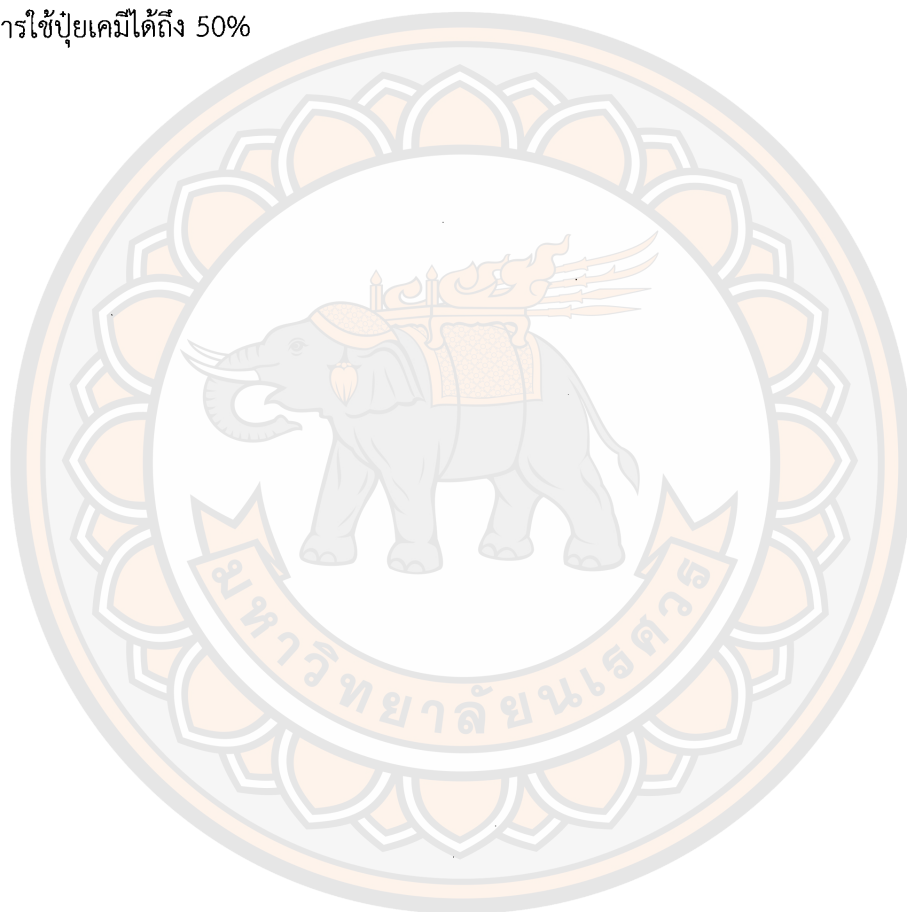
บุศรา คำศรี
รัชฎาพร เณรัมย์

ชื่อเรื่อง	ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ <i>Bacillus cereus</i> สายพันธุ์ RS87 ในการทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วนเพื่อการผลิตคะน้า
ผู้ศึกษาวิจัย ที่ปรึกษา	บุศรา คำศรี และ รัชฎาพร เณรยิ้ม รองศาสตราจารย์ ดร. กัญชลิ เจตียนนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วภากร ศิริวงศ์
ประเภทสารนิพนธ์	โครงการวิจัย วท.บ. สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2557

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ในการทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วนเพื่อการผลิตคะน้า มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนและหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพไรโซแบคทีเรียสายพันธุ์ RS87 และเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนและหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพไรโซแบคทีเรียสายพันธุ์ RS87 ทำการศึกษาในแปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบการใส่ผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งประกอบไปด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100% (ควบคุม), กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ, กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ การศึกษาวิจัยได้ทำในช่วงเดือน มกราคมถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ.2557 ผลการศึกษาพบว่าจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินทั้งก่อนและหลังการทดลองปลูกคะน้า พบว่าผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสามารถช่วยชะลอการลดลงของค่าพีเอช ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ ผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสามารถทดแทนธาตุอาหารบางส่วนที่พืชต้องการในการเจริญเติบโตได้ เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเห็นได้จากเมื่อลดปริมาณปุ๋ยเคมีลงโดยใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี

ในอัตราต่างๆ ในด้านผลผลิต พบว่า ในอัตราที่ใส่ผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตรา 75% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100% ในการทดลองปลูกคะน้าครั้งที่ 1 และในอัตราที่ใส่ผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตรา 50% ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100% ในการทดลองปลูกคะน้าครั้งที่ 2 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างน้อย 25% ได้ในทั้งสองฤดูกาล ถ้าหากไม่มีแมลงหรือศัตรูพืชรบกวนจะสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 50%



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	4
ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
สภาพการใช้ที่ดินของประเทศไทย	5
คະນ້າ	6
การใช้ปุ๋ยเคมีของประเทศไทย	8
ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีที่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินบางประการ	9
การศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโต ให้แก่พืช (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR)	11
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ	16
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	16
แผนการทดลอง	17
การปลูกคະນ້າ	17
การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน	18
การเก็บตัวอย่างดิน	18
วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน	19
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	22
5 สรุปลงและอภิปรายผลการวิจัย	31
สรุปลงและอภิปรายผล	31
ข้อเสนอแนะ	32
บรรณานุกรม	33
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก	37
ภาคผนวก ข	42
ภาคผนวก ค	43
ประวัติผู้วิจัย	50



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน หลังใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในการปลูกข้าว	9
2	แสดงผลผลิตข้าวสารีและปริมาณไนโตรเจนที่ถูกชะล้างจากแปลงที่ใส่ไนโตรเจนอัตรา	10
3	แสดงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง	22
4	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนและหลังทำการทดลอง	23
5	แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลังการทดลอง	23
6	ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ สายพันธุ์ RS87 ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้ายอด	30

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทย ปี 2553	1
2	แสดงปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีของประเทศไทยช่วงปี พ.ศ.2552-2556	8
3	แสดงลักษณะแปลงทดลองขนาด 1.5 x 1.5 เมตร สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ	17
4	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ SR87	24
5	แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ SR87	26
6	แสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ SR87	27
7	แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ SR87	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีเนื้อที่ประมาณ 320.70 ล้านไร่ จากข้อมูลสถิติปี 2555 เป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 152.33 ล้านไร่ (47.50%) รองลงมาคือ เนื้อที่ป่าไม้ 107.24 ล้านไร่ (33.44%) และเนื้อที่ใช้ประโยชน์นอกการเกษตร 61.12 ล้านไร่ (19.06%) และเนื้อที่ถือครองทางการเกษตรแบ่งเป็นที่นาข้าว 71.88 ล้านไร่ ที่พืชไร่ 32.06 ล้านไร่ ที่สวนไม้ผลและไม้ยืนต้น 33.21 ล้านไร่ ที่สวนผักไม้ดอกและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์รวม 2.49 ล้านไร่ และพื้นที่ทำการเกษตรอื่นๆ 5.53 ล้านไร่ ที่รกร้าง 2.88 ล้านไร่ และที่อยู่อาศัย 4.28 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

หนึ่งในอาชีพทำการเกษตรของประเทศไทยคือ อาชีพปลูกผัก พืชผักที่มีการปลูกมาก 10 อันดับแรก ได้แก่ พริกชี้หนุผลใหญ่ ข้าวโพดหวานข้าวโพดฝักอ่อน กระเทียม หอมแดง พริกชี้หนุผลเล็ก ถั่วฝักยาว แตงโมเนื้อ กะหล่ำปลี และคะน้า (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) เนื่องจากพื้นที่ในประเทศไทยมีความเหมาะสมในการเพาะปลูก สามารถทำการเพาะปลูกได้ทุกพื้นที่ ตั้งแต่ระดับสวนครัว ตลอดจนการเพาะปลูกเพื่อการค้า ในการเพาะปลูกเพื่อการค้าเกษตรกรจำเป็นต้องใช้ปุ๋ย ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในการส่งเสริมความเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ ปุ๋ยที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยเคมีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จากการสำรวจสถิติทางการเกษตรจากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรกรมวิชาการเกษตรพบว่า ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ 3,833,072 ตัน มาจนถึงปี พ.ศ. 2556 การใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นเป็น 5,638,891 ตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 1,805,819 ตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

การใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานานมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดการตกค้างและสะสมของไนเตรทและฟอสเฟตามลำนํ้าต่างๆ การปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำใต้ดินซึ่งทำให้ระบบนิเวศแหล่งน้ำเสียหาย ส่งผลให้คนและสัตว์ได้รับความเสี่ยง (นิวัตติ, 2556) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับดิน ได้แก่ ปุ๋ยเคมีมีผลกระทบต่อทางลบกับดินและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน ปุ๋ยเคมีทำลายความร่วนซุยของดิน ในปุ๋ยเคมีจะปลดปล่อยกรดซัลฟิวริกและไฮโดรคลอริก ทำให้บริเวณผิวหน้าดินอัดแน่นน้ำฝนไม่สามารถไหลผ่านช่องว่างภายในดินได้ ปุ๋ยเคมีที่สะสมในดินปริมาณมากๆ ทำให้ดินเป็นกรดซึ่งเป็นอันตรายกับจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ ค่าความเป็นกรดที่เปลี่ยนไปส่งผลกระทบต่อเอนไซม์สำคัญในกระบวนการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ในจุลินทรีย์ลดน้อยลงประสิทธิภาพในการผลิตของดินเสื่อมลงและต้องอาศัยปุ๋ยเคมีตลอดไป (Anna, 1990) ทำให้เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นขณะที่ผลผลิตคงที่หรือลดลง

เนื่องจากปัญหาการใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับคุณสมบัติดิน จึงมีความจำเป็นที่หาทางเลือกที่จะมาลดการใช้ปุ๋ยเคมีทางเลือกใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทางเลือกหนึ่งนั้นคือ การใช้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติจำพวกไรโซแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อพืชในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโต นำมาใช้เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี จุลินทรีย์ที่ได้รับความสนใจคือ เชื้อไรโซแบคทีเรีย Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) กลไกของเชื้อไรโซแบคทีเรียที่มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศ เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ย่อยสลายฟอสเฟสที่ถูกตรึงอยู่ในดิน สามารถสร้างสารไซโตไคน์เพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้หลังฮอร์โมนพืช ออกซิน จิบเบอเรลลินและไซโตไคนิน กระตุ้นการยึดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ หลังฮอร์โมนยับยั้งเอทิลีนในพืช และยังสามารถสร้างภูมิคุ้มกันและสร้างเอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราก่อโรค (หนึ่งและคณะ, 2548)

กัญชลีและคณะ (2551) ได้ศึกษาและพัฒนาเชื้อไรโซแบคทีเรียจากเชื้อ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ให้อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ในรูปเม็ดที่มีสปอร์ของสายพันธุ์ RS87 ที่สามารถละลายน้ำและใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี เป็นผลิตภัณฑ์ที่ง่ายต่อการใช้งาน กลไกที่เป็นประโยชน์แก่พืชของผลิตภัณฑ์นี้คือ ตัว

เชื้อสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ย่อยสลายฟอสฟอรัส ผลิตฮอร์โมนออกซิน และปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยแรงให้พืชมีการเจริญเติบโต ผลการวิจัยในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วยฟิล์มที่มีสปอร์ของ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 กระจายทั่วผิวเมล็ดพืชแตงกวาและพริกชี้ฟ้า มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากกว่า รากยาวกว่า ต้นพืชสูงกว่า และมีทรงพุ่มดีกว่าเมล็ดพืชควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการทดสอบทั้งในแปลงทดลองและในพื้นที่เกษตรกรอาสาสมัคร พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญเติบโตจากไรโซแบคทีเรียในรูปเม็ดที่มีสปอร์ของ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 50% ส่งเสริมให้แตงกวาและพริกชี้ฟ้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากกว่าหรือใกล้เคียงกับกรรมวิธีควบคุมที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 100% เพียงอย่างเดียว

จากปัญหาของการใช้ปุ๋ยเคมีและประโยชน์ของการใช้เชื้อไรโซแบคทีเรีย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจศึกษาใช้ผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพที่มีสปอร์ของ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีกับค่น้ำที่ใช้เป็นพืชทดลองเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งจะส่งผลดีด้านการอนุรักษ์ดินและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพไรโซแบคทีเรีย สายพันธุ์ RS87 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของค่น้ำในแปลงปลูก
2. เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนและหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพไรโซแบคทีเรียสายพันธุ์ RS87

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตค่น้ำได้ และกลไกของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพในการตรึงไนโตรเจน ปลดปล่อยกรดอินทรีย์ระเหย และกลไกอื่น ๆ มีผลต่อคุณสมบัติของดินบางประการ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทดสอบผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพสายพันธุ์ RS87 ในแปลงทดลอง PGPR คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้ค่น้ำเป็นพืชตัวอย่างในการทดลอง วิเคราะห์คุณสมบัติของดินบางประการในห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5 ระยะเวลาดำเนินการ

ตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 ถึงเดือน ธันวาคม 2557



บทที่ 2

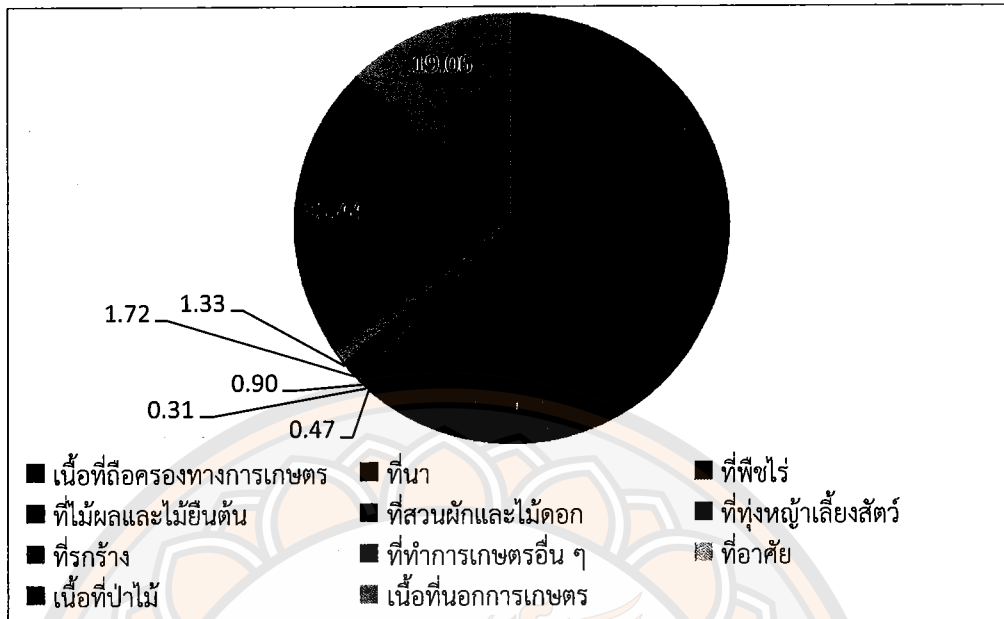
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพการใช้ที่ดินของประเทศไทย

ดินเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งยังคงต้องใช้ที่ดินเพื่อประกอบการเกษตรอันเป็นอาชีพพื้นฐาน ดินเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้นแต่เมื่อใช้ไปนานๆ โดยขาดการบำรุงรักษา การใช้ไม่เหมาะสมกับสภาพของดินหรือขาดการจัดการที่ดีก็จะเสื่อมโทรมลง เมื่อดินเสื่อมโทรมลงจะมีผลกระทบต่อระบบการผลิตของประเทศ

จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทย ปี 2553 ดังภาพที่ 1 พบว่า พื้นที่ประเทศไทย 320.70 ล้านไร่ เป็นเนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 152.33 ล้านไร่ คิดเป็น 47.50% รองลงมาคือ เนื้อที่ป่าไม้ 107.24 ล้านไร่ คิดเป็น 33.44% และเนื้อที่นอกการเกษตร 61.12 ล้านไร่ คิดเป็น 19.06%

ในเนื้อที่ถือครองการเกษตร 152.33 ล้านไร่ พบว่า เป็นที่นา 71.88 ล้านไร่ ที่พืชไร่ 32.06 ล้านไร่ ที่ไม้ผลและไม้ยืนต้น 33.21 ล้านไร่ ที่สวนผักไม้ดอก และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์รวม 2.49 ล้านไร่ ที่ทำการเกษตรอื่น ๆ 5.53 ล้านไร่ ที่รกร้าง 2.88 ล้านไร่ และที่อยู่อาศัย 4.28 ล้านไร่



ภาพที่ 1: การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทย ปี 2553

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

ในการทำเกษตรกรรมของประเทศไทย อาชีพปลูกผักจัดเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร พืชผักที่นิยมปลูกมาก 10 อันดับแรก ได้แก่ พริกชี้หนูผลใหญ่ ข้าวโพดหวานข้าวโพดฝักอ่อน กระเทียม หอมแดง พริกชี้หนูผลเล็ก ถั่วฝักยาว แตงโมเนื้อ กะหล่ำปลี และคะน้า (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

2.2 คะน้า

คะน้า มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *alboglabra* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อยู่ในเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อนกึ่งหนาว ละติจูดระหว่างเส้นรุ้ง 45 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ คะน้าสามารถปลูกได้ทุกฤดูและทั่วทุกภาคของประเทศไทยสามารถปลูกคะน้าได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน เป็นผักที่มีอายุ 2 ปี แต่ส่วนใหญ่ปลูกเป็นพืชปีเดียว ปลูกได้ดีในพื้นที่ๆ อุณหภูมิเหมาะสมระหว่าง 20 – 25 องศาเซลเซียส มีความทนทานต่อความเป็นกรดในดินได้ปานกลาง เป็นผักประเภทรากต้น จึงปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด

ที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีแสงแดดเต็มทีตลอดวันและความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ปัจจุบันคະນ້າเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศในแถบเอเชีย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

2.2.1 พันธุ์คະນ້า

พันธุ์คະนั้ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคະนั้ดอกขาว โดยสิ่งเมล็ดจากต่างประเทศเข้ามาปลูกและปรับปรุงพันธุ์ ปัจจุบันพันธุ์คະนั้ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 และพันธุ์บางบัวทอง 35 เป็นต้น
2. พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ข้อห่างผิวใบเรียบ ได้แก่ พันธุ์ P.L. 20 คະนั้ไอริส 012 และคະนั้เบอร์ 066 เป็นต้น
3. พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะใบเหมือนกับคະนั้ใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่ใจ 1 และคະนั้ยอดไต้หวัน เป็นต้น

พันธุ์แม่ใจ 1 เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภคลำต้นเป็นลำต้นเดี่ยววบ ให้ผลผลิตสูงทุกภาคตลอดปี ผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่นจะนิยมบริโภคพันธุ์คະนั้ที่ไม่เหมือนกัน จึงควรเลือกปลูกพันธุ์ตามความต้องการของตลาดในท้องถิ่นนั้น บางท้องถิ่นอาจจะนิยมบริโภคคະนั้ใบ บางท้องถิ่นนิยมบริโภคคະนั้พันธุ์ยอด การเลือกซื้อเมล็ดพันธุ์คະนั้โดยทั่วไปเกษตรกรจะซื้อจากร้านค้าย่อย หรือซื้อจากพ่อค้าท้องถิ่นที่รับซื้อผลผลิตพืชผักของเกษตรกร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

2.2.2 สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมกับการปลูกคະนั้

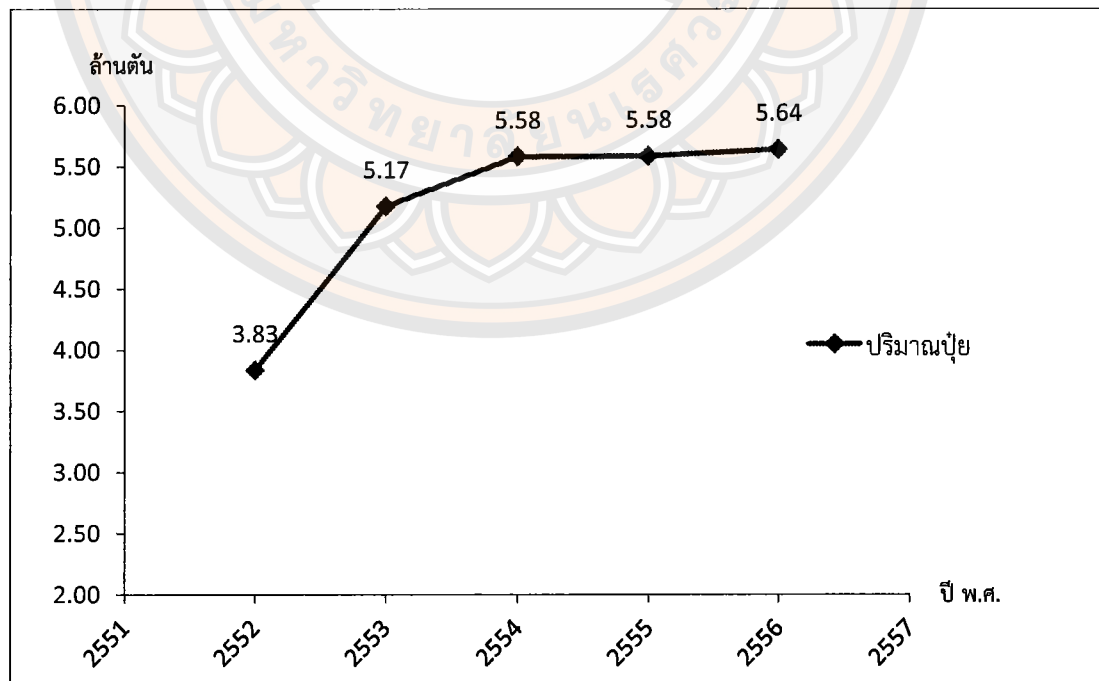
คະนั้เป็นผักที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิดโดยเฉพาะดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5 – 6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คະนั้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีแสงแดดตลอดวัน อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส แต่คະนั้ก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพ

อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีข้อได้เปรียบว่าผักตระกูลกะหล่ำอย่างอื่นที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการ焯หัว หรือออกดอกก่อนการเก็บเกี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

เนื่องจากพื้นที่ในประเทศไทยมีความเหมาะสมในการปลูกผัก สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ที่ปลูกได้ ตั้งแต่สวนครัว ตลอดจนปลูกเป็นแปลงเพื่อการค้า ในการปลูกเพื่อการค้าเกษตรกรมีความจำเป็นที่จะต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผลผลิตทางการเกษตร การเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตโดยการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นวิธีเร่งด่วนและให้ผลรวดเร็ว ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่จำเป็นและความต้องการใช้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542)

2.3 การใช้ปุ๋ยเคมีของประเทศไทย

ผู้ถือครองทำการเกษตรที่ปลูกพืชส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตถึง 94.9% ซึ่งในจำนวน 89.2% มีการใช้ปุ๋ยเคมี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553) ซึ่งปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2556 มีปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2: แสดงปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีของประเทศไทยช่วงปี พ.ศ.2552-2556
ที่มา: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2557)

2.4 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินบางประการ

เนื่องจากดินเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเพาะปลูกการเจริญเติบโตของพืช จึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆ หลายประการของดิน การใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรอย่างไม่ถูกต้องทั้งในด้านปริมาณ ชนิดของปุ๋ย และเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ย ได้ส่งผลกระทบต่อสารเปลี่ยนแปลงในการซื้อปุ๋ยจากต่างประเทศ เพิ่มปริมาณการปนเปื้อนของธาตุอาหารพืชและสารเคมีในแหล่งน้ำ ทำให้ดินเสื่อมโทรมลง ปริมาณปุ๋ยที่ไม่เป็นประโยชน์จะสูญเสียไปโดยการถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำตามมา (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542)

2.4.1 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ความเป็นกรดต่างของดินเปลี่ยนไป

ในปุ๋ยเคมีบางชนิด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมชนิดต่าง ๆ ทำให้ดินเป็นกรด บางชนิดทำให้ดินเป็นด่าง เช่น ดินนาพื้นที่ภาคกลางที่แคลเซียมไนเตรททำให้เป็นด่าง ดังตัวอย่างผลงานวิจัยในตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินหลังใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในการปลูกข้าว

อัตราปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (กก./ไร่)	พีเอชของดินบน
0	4.7
28.5	4.6
85.7	4.4

ที่มา : เยาวพา (2524)

2.4.2 ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงอาจทำให้พืชสะสมไนเตรทมากเกินไป

ปุ๋ยที่ให้ไนโตรเจนทุกชนิด (รวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์) หากใส่มากเกินไปจะทำให้พืชใช้ในเตรทที่ดูดเข้าไปหมดและสะสมในพืชมากเกินไประดับความปลอดภัย โดยปกติอัตราปุ๋ยที่ไม่เกินอัตราที่พืชเริ่มให้ผลผลิตสูงสุดจะเป็นอัตราที่ปลอดภัย ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงอาจทำให้การชะล้างไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น ปุ๋ยไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่ไม่ใช้ในเตรท เมื่อใส่ลงไปในดินจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท การใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจนลงไปดินจึงเป็นการเพิ่มไนเตรทแก่ดินซึ่งอาจมีผลทำให้มีการชะล้างไนเตรทออกจากดินลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น ดังตัวอย่างผลงานวิจัยในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตข้าวสาลีและปริมาณไนเตรทที่ถูกชะล้างจากแปลงที่ใส่ไนโตรเจนอัตราต่างๆ

รายการ	อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.ไนโตรเจน/ไร่)			
	0	16	24	32
ผลผลิตเมล็ดข้าวสาลี (ตัน/ไร่)	0.48	1.07	1.41	1.35
ไนเตรทที่ถูกชะล้างต่อไร่ (กิโลกรัม)	2.35	3.25	3.50	4.89
ไนเตรทที่ถูกชะล้างต่อผลผลิต 1 (กิโลกรัม)	5.71	2.54	2.50	3.48

ที่มา : Kimmo.I.J. (1993)

2.4.3 ผลของปุ๋ยเคมีกับโครงสร้างของดินและสิ่งมีชีวิตในดิน

โครงสร้างของดินในภาคการเกษตรมีความสำคัญกับการผลิตมาก ในดินที่ใส่ปุ๋ยโดยขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปุ๋ยจะทำให้โครงสร้างของดินถูกทำลายและเสื่อมสภาพไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง NaNO_3 , NH_4NO_3 , KCl , K_2SO_4 และ NH_4Cl จะทำลายโครงสร้างดินและโครงสร้างดินที่ถูกทำลายไปยากที่จะกลับมามีคุณภาพที่มีประสิทธิภาพในการผลิตได้เช่นเดิม (Serpil, 2012) ปุ๋ยเคมีที่สะสมในดินปริมาณมากๆ ทำให้ดินเป็นกรดซึ่งเป็นอันตรายกับจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ ค่าความเป็นกรดต่างๆ ที่เปลี่ยนไปส่งผลกระทบต่อเอนไซม์สำคัญในกระบวนการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ในจุลินทรีย์ลดน้อยลง แอมโมเนียมซัลเฟตจะเป็นตัวยับยั้งกลไกในการตรึงไนโตรเจน และฆ่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น ไส้เดือนฝอยและไส้เดือนดิน ซูเปอร์ซัลเฟตมีผลกระทบทางลบต่อพวกจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ในดินอย่างอิสระ (Ana, 1990)

2.5 การศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช (Plant Growth Promoting Rhizobacteria:PGPR)

จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ PGPR เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินรอบรากพืช (rhizosphere) และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช กระบวนการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชผ่าน PGPR นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบคือการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงและทางอ้อมได้แก่

1. ช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืช กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพไนโตรเจน ซึ่งผลิตเอนไซม์โปรตีเอส ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดิน ให้อยู่ในรูปของไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์ในดินที่มีบทบาทในการย่อยได้แก่ กลุ่มบาซิลลัส (*Bacillus*) อาร์โธรแบคเตอร์ (*Arthrobacter*) สเตรปโตมัยซีท (*Streptomyces*) แอสเพอร์จิลลัส (*Aspergillus*) ไนโตรแบคเตอร์ (*Nitrobacter*) และไนโตรโซโมแนส (*Nitrosomonas*) นอกจากนี้จุลินทรีย์ในดินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) จากอากาศเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีประโยชน์ต่อพืชได้ จุลินทรีย์กลุ่มนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะความสัมพันธ์กับพืช ได้แก่

- 1) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis N_2 -fixing bacteria) เช่น เชื้อไรโซเบียม (*Rhizobium sp.*) กับพืชตระกูลถั่ว
- 2) แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบอิสระ (N_2 -fixing associated bacteria) เช่น อะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*) พบในพืชตระกูลหญ้า อ้อย ข้าวฟ่าง และข้าวโพด
- 3) แบคทีเรียที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินและบริเวณรากพืช (Free-living N_2 -fixing bacteria) เช่น อะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter*) และไบเจอร์ริงเคีย (*Beijerinckia*)

นอกจากแบคทีเรียแล้ว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) จัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่สามารถสังเคราะห์แสงและตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ สาหร่ายเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่น้ำขัง เช่น ในนาข้าว

2. ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช มี 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส (phosphorus solubilization) ที่สร้างกรดอินทรีย์หรือเอนไซม์แปรสภาพฟอสฟอรัสย่อยสลายประกอบกลุ่มอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ ยังสามารถย่อยสลายประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส เช่น หินฟอสเฟตหรือตะกอนของสารประกอบฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างต่อเนื่องแต่ถูกตรึงไว้ในดิน จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินได้ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียในกลุ่มบาซิลลัส (*Bacillus sp.*) ซูโดโมนาส (*Pseudomonas sp.*) ไธโอบาซิลลัส (*Thiobacillus sp.*) และเชื้อราในกลุ่มแอสเพอร์จิลลัส (*Aspergillus sp.*) เพนนิซิลเลียม (*Penicillium sp.*) กลุ่มที่สองจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดซึมธาตุอาหารพืช ได้แก่ เชื้อราไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันกับรากพืชชั้นสูง โดยเชื้อราจะได้รับอาหารจากพืช และพืชก็ได้รับประโยชน์จากราในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช

3. ช่วยกระตุ้นการเจริญของพืช เช่น การสร้างไซเดอร์โรฟออร์ (siderophore production) ซึ่งมีสมบัติเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอโมนกลุ่มออกซิน (auxins) ซึ่งกระตุ้นการยึดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) และลามินาริเนส (laminarinase) ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืชและสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotic) (สุวรรณี, 2540)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากกลไกที่เป็นประโยชน์ของ PGPR ได้มีการศึกษานำกลุ่มจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในด้าน การส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตให้พืช เป็นการเกษตรแบบยั่งยืนลดการใช้ปุ๋ยเคมี

Singh (2013) และ Vessey (2003) กล่าวว่า PGPR มีศักยภาพในการส่งเสริมความอุดม สมบูรณ์ของดินและมีความสามารถในการช่วยส่งเสริมผลผลิตทางการเกษตรได้

Adesemoy et al. (2002) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของ PGPR สายพันธุ์ *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a และ *Bacillus pumilus*T4 ในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศ พบว่าในอัตราปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์นั้น มีการเจริญเติบโต น้ำหนัก และปริมาณธาตุอาหารที่พืชได้รับ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

Meunchang et al.(2006) ได้คัดเลือกสายพันธุ์ของ PGPR ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซึม ธาตุอาหารและส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับข้าว และศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ ในการผลิตข้าวในประเทศไทย และ Young et al.(2003) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพที่มีส่วนผสมของ เชื้อ *Bacillus* sp. *B. subtilis*, *B. erythropolis*, *B. pumilus*, และ *P. rubiacearum* กับการ เจริญเติบโตของฝักกาดขาวในได้หวัน พบว่า ผลผลิตของฝักกาดขาวเพิ่มขึ้น 25% และในประเทศ มองโกเลียตั้งสมมติฐานว่า *Bacillus pumilus* 8N-4 สามารถใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อ เพิ่มผลผลิตข้าวสาลีได้

สุวลักษณ์ (2555) ผลของปุ๋ยชีวภาพ PGPR ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของมัน สำปะหลัง ผลการทดลองพบว่าการใช้และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ PGPR ไม่ทำให้ความสูงน้ำหนักใบ น้ำหนัก เหง้า ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้ง เปอร์เซ็นต์มันแห้ง ผลผลิตมันแห้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทำให้น้ำหนักต้นสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ไนโตรเจน ทั้งความสูงน้ำหนักต้น น้ำหนักเหง้า ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และผลผลิตมันแห้ง และ พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพ PGPR ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละอัตรา ทำให้ความสูง น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ

น้ำหนักรากแห้ง ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้ง เปอร์เซ็นต์มันแห้ง และดัชนีการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นเกือบทุกอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และเมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพ PGPR ร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอัตรา 8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่จะทำให้เกษตรกรมีกำไรสุทธิสูงสุดเท่ากับ 9,096 บาทต่อไร่ ซึ่งให้เห็นว่าในดินทรายการใช้ปุ๋ยชีวภาพ PGPR ทำให้ช่วยลดปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ 50% ของอัตราแนะนำ

จักรพงษ์และคณะ (2555) การศึกษาผลของการใช้เชื้อราอราบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและ PGPR ต่อการดึงดูดธาตุอาหารการเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย พบว่าผลของการใช้เชื้อราอราบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและ PGPR ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไยในสภาพแปลงปลูกพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินระดับบนโดยเฉลี่ยลดลงเล็กน้อย โดยการใช้ PGPR มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าดำรับอื่น ขณะที่พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้ลดต่ำลงทั้งการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 เหลือเพียง 15.5 และ 7.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมและปริมาณโพแทสเซียม เหลือเพียง 361 และ 392 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางเคมีของดินในดินระดับล่างเกือบจะไม่มี ความแตกต่างเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง ยกเว้นปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มขึ้นจาก 3.11 % เป็น 3.58 % หลังการใส่ดำรับทดลองในปีที่ 1 แต่กลับลดลงเหลือเพียง 2.85% เมื่อเสร็จสิ้นงานทดลองในปีที่ 2 โดยพบว่า การใช้เชื้อไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียวได้ทรงพุ่มลำไยมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงกว่าดำรับอื่นๆทั้งในดินระดับบนและดินระดับล่าง

กัญชลีและคณะ (2551) ได้พัฒนานำเชื้อ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 พัฒนาให้อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ในรูปเม็ดที่มีสปอร์ของสายพันธุ์ RS87 ที่สามารถละลายน้ำและใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และนำผลิตภัณฑ์โรยชีวภาพทดลองในสภาพเรือนทดลอง ผลการศึกษาพบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วยฟิล์มที่มีสปอร์ของ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 กระจายทั่วผิวเมล็ดพืชแดงกวาและพริกชี้ฟ้า มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากกว่ารากยาวกว่า ต้นพืชสูงกว่า และมีทรงพุ่มดีกว่าเมล็ดพืชควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการทดสอบทั้งในแปลงทดลองและในพื้นที่เกษตรกรอาสาสมัคร พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญเติบโตจากโรยแบคทีเรียในรูปเม็ดซึ่งมีสปอร์ของ *Bacillus cereus* สาย

พันธุ์ RS87 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 50% ส่งเสริมให้แตงกวาและพริกชี้ฟ้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากกว่าหรือใกล้เคียงกับกรรมวิธีควบคุมที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 100% เพียงอย่างเดียว

กัญชลีและคณะ (2554) ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีบางส่วนในการผลิตข้าวพบว่า ข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพ สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตใกล้เคียงกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีในอัตราปกติ และผลการทดลองในแปลงนาข้าวขนาดเล็กได้ยืนยันเช่นเดียวกันว่าผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวได้ประมาณ 50%



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ในการทดแทนปุ๋ยเคมีบางส่วนเพื่อการผลิตคะน้า และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการทั้งก่อนและหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ RS87 ซึ่งมีวิธีการดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1 การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ

3.1.1 อุปกรณ์-การทดลอง

3.1.1.1 การเตรียมแปลงทดลองขนาด 1.5 X 1.5 เมตร จำนวน 12 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร

3.1.1.2 ปุ๋ยเคมีที่ใช้ ได้แก่ปุ๋ยเคมีสูตร 15 - 15 - 15 ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป โดยอัตราส่วนที่ใช้ คือ 100 กิโลกรัม/ไร่

3.1.1.3 ผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.กัญชลิ เจตยานนท์ โดยใช้ในอัตราส่วน 100 กิโลกรัม/ไร่

3.1.1.4 เมล็ดพันธุ์ผักคะน้ายอด ของบริษัท เจียไต่ จำกัด ที่มีขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป โดยการหว่านเมล็ดในอัตราส่วน 15 กรัม/แปลงทดลอง

3.1.2 การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการจัดทำแปลงทดลองขึ้นที่แปลงทดลอง PGPR คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ในการทดลองโดยทำการวางแผนทำการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลองที่ประกอบไปด้วย 3 ซ้ำ (Replication) 4 กรรมวิธี (Treatment) คือ

กรรมวิธีที่ 1 = ใส่ปุ๋ยเคมี 100% (ควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 = ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ

กรรมวิธีที่ 3 = ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ

กรรมวิธีที่ 4 = ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ

3.1.3 การปลูกคะน้า

ทำการวางผังแปลงย่อยขนาด 1.5 X 1.5 เมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลงประมาณ 1 เมตร ใช้จอบขุดขึ้นแปลงพร้อมกับบดย่อยดินให้มีขนาดเล็กและปรับหน้าดินให้เรียบสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2 ทำการติดป้ายบอกกรรมวิธีในการทดลองตามวิธีการสุ่ม



ภาพที่ 3 แปลงทดลองขนาด 1.5 x 1.5 เมตร สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ

ทำการปลูกคะน้าด้วยวิธีการหว่านเมล็ดโดยหว่านให้เมล็ดกระจายไปทั่วทั้งแปลงย่อย ทำการคลุมทับด้วยฟางข้าว และมีการให้น้ำวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) โดยให้แปลงมีความชุ่มชื้นตลอดเวลา ทำการใส่ปุ๋ยเคมีและผลิตภัณฑ์ชีวภาพตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ตามแผนการทดลอง โดยแบ่งการให้ปุ๋ยออกเป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อต้นคะน้าอายุ 14-15 วัน และครั้งที่ 2 เมื่อต้นคะน้าอายุ 28-30 วัน โดยทำการหว่านปุ๋ยให้กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง ในอัตราส่วนครั้งละ 100 กิโลกรัม/ไร่ และจะต้องมีการกำจัดวัชพืชทั้งก่อนปลูกและในขณะที่ทำการปลูก โดยใช้จอบถางหรือใช้มือถอนออก พร้อมทั้งมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช Cypermethin เป็นครั้งคราวเมื่อตรวจพบ เช่น โรคราดำ ค้าง หนอนใยผัก และแมลงต่างๆ หลังจากทำการปลูกคะน้าได้ 45-50 วัน ก็ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยทำการตัดเฉพาะในส่วนที่อยู่เหนือดิน และทำการกำจัดส่วนที่เป็นโรคพืชหรือแมลงศัตรูพืชออกก่อนที่จะนำไปแช่ น้ำหนักสด โดยจะแยกชั่งน้ำหนักสดของแต่ละแปลง

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

3.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร ในพื้นที่แปลงทดลองขนาด 1.5 X 1.5 เมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างดินแบบทแยงมุมจำนวน 3 จุด การเก็บแบบตัวอย่างรวม (composite sample) ทำการเก็บเฉพาะดินบน นำดินมาคลุกเคล้าแล้วนำไปผึ่งในที่ร่ม (air-dried) ให้แห้ง แล้วนำไปบดร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จะได้ตัวอย่างดินที่นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน จะทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 3 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 ก่อนการทำการปลูกคะน้าครั้งที่ 1

ครั้งที่ 2 หลังการทำการปลูกคะน้าครั้งที่ 1

ครั้งที่ 3 หลังการทำการปลูกคะน้าครั้งที่ 2

3.2.2 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

3.2.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างด้วยวิธี Electrometry โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:2.5 ชั่งดินที่บดร้อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม ใส่ลงใน beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนดินให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที และก่อนที่จะทำการวัดค่าความเป็นกรดต่าง จะต้องทำการปรับ pH meter ด้วย buffer solution pH 7 และ 4 หรือ 10 แล้วจึงนำตัวอย่างมาวัดค่าความเป็นกรดต่างต่อไป (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

3.2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน Organic matter (O.M.)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ด้วยวิธี Wet oxidation โดยการชั่งตัวอย่างดินที่ 0.2 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1N $K_2Cr_2O_7$ ลงไป 10 มิลลิลิตร แกว่ง flask เบาๆ ให้ดินและสารละลายผสมกันดี เติม H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงไปอย่างรวดเร็ว แกว่ง flask ค่อนข้างแรงประมาณ 1 นาที ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 100 มิลลิลิตร และเติม H_3PO_4 เข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตร เติม indicator (O-phenanthroline) สีของ suspension จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว แล้วทำการไตเตรท suspension ด้วยสารละลาย 0.5N FAS จนกระทั่งสีของ suspension เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง และพร้อมกับการทำ blank ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

3.2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน Total Nitrogen

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินโดยวิธี Kjeldahl method โดยทำการชั่งตัวอย่างดิน 1 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม เติม H_2SO_4 เข้มข้นจำนวน 10 มิลลิลิตร แกว่ง flask เบาๆ ให้สารละลายผสมเข้ากันดี แล้วนำไปวางบนเตา digest ในระยะแรกใช้ไฟอ่อนๆ แล้วเพิ่มไฟให้แรงขึ้น จนสีของสารละลายเริ่มใสแล้วเคี่ยวต่อไปอีก 20-30 นาที จึงยกออกจากเตาปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง รินน้ำกลั่นลงไปรอบๆ

flask แล้วเขย่าให้ผสมเข้ากันปล่อยให้จมน้ำเย็นอีกครั้ง แล้วนำมาปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร พร้อมกับเขย่าให้ของเหลวเข้ากัน ปล่อยให้จมน้ำเย็นจนเย็นแล้วนำของเหลวด้านบนไปกลั่น โดยดูดสารละลายที่อยู่ด้านบน 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน distillation เติมสารละลาย NaOH 40% 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปเริ่มทำการกลั่นโดยรองสารละลายที่กลั่นได้ด้วย น้ำยา boric acid indicator ประมาณ 5 มิลลิลิตร ซึ่งจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียว แล้วนำตัวอย่างที่กลั่นได้ไปไตเตรทด้วย standard H_2SO_4 0.001 N จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง จดบันทึกปริมาณ standard H_2SO_4 ที่ใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และพร้อมกับทำ blank ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

3.2.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Total phosphorus)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ด้วยวิธี Ammonium metavanadate โดยการชั่งตัวอย่างดิน 1 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติม $HClO_4$ เข้มข้น 10 มิลลิลิตร แล้วทำการย่อยดินที่อุณหภูมิ $200^{\circ}C$ จนได้สารละลายใส จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เย็น แล้วนำไปปรับปริมาตรด้วย volumetric flask 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 5 พร้อมกับเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0, 5, 10, 15 และ 20 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อมิลลิลิตร ทำการดูดสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร เติมสารละลาย vanadomolybdate 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ทำให้ได้ standard curve ซึ่งสามารถใช้เทียบและคำนวณค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

3.2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available-phosphorus)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธี Bray II โดยทำการชั่งตัวอย่างดิน 2 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด Bray II 20 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 40 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 5 พร้อมกับเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อมิลลิลิตร โดยดูดสารละลาย 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 15 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำยา ascorbic acid 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน จะได้ standard P solution 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อมิลลิลิตร แล้วทำการดูดสารละลายจากตัวอย่างดินตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เติมน้ำยา ascorbic acid 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน แล้วนำสารละลายดังกล่าวไปวัดความเข้มข้นของสีโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ทำให้ได้ standard curve ซึ่งสามารถใช้เทียบและคำนวณค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการทดลองทั้งหมดที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance โดยใช้โปรแกรม SAS โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกรรมวิธีโดยใช้ Least significant difference (LSD) ที่ $P \leq 0.05$

บทที่ 4

ผลการทดลอง

คุณสมบัติของดินในพื้นที่แปลงทดลองมีคุณสมบัติ (ดังแสดงในตารางที่ 3) เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) 6.67 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (O.M.) 12.64 กรัม/กิโลกรัม มีความสามารถในการดูดซับแคตไอออน (CEC) 35.15 ซีโมล/กิโลกรัม ส่วนปริมาณธาตุอาหารของดิน พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) 0.046 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) 137.55 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) 23.28 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ดังแสดงในตารางที่ 3) และเมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินโดยทั่วไป ดินในพื้นที่แปลงทดลองมีความเป็นกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างต่ำ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำมาก มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินค่อนข้างสูง กล่าวโดยสรุปดินในพื้นที่แปลงทดลองเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง (ชูจิตต์, 2552)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติดิน	
Soil texture	Sandy clay loam
pH	6.67
OM (g/kg)	12.64
CEC (cmol/kg)	7.02
Total N (mg/kg)	0.046
Total P (mg/kg)	137.55
Available P (mg/kg)	23.28

จากการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน พบว่า ผลการวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดต่างของดิน และปริมาณอินทรีย์อินทรีย์วัตถุ ดังแสดงในตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมดและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเป็นกรด-ต่างของดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนและหลังทำการทดลอง

กรรมวิธี	ค่าความเป็นกรดต่าง			ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (g/kg)	
	ก่อนการทดลอง	การทดลอง 1	การทดลอง 2	ก่อนการทดลอง	การทดลอง 2
	ควบคุม	6.62 a	6.59 ab	5.65b	12.73 a
ปุ๋ยเคมี 75%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	6.72 a	6.66 ab	6.44 a	12.03 a	12.26 a
ปุ๋ยเคมี 50%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	6.63 a	6.72 ab	6.53 a	13.26 a	10.80 a
ปุ๋ยเคมี 25%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	6.70 a	6.84 a	6.83 a	12.53 a	10.56 a
LSD _{0.05} ^z	0.2817	0.241	0.47	0.324	0.282

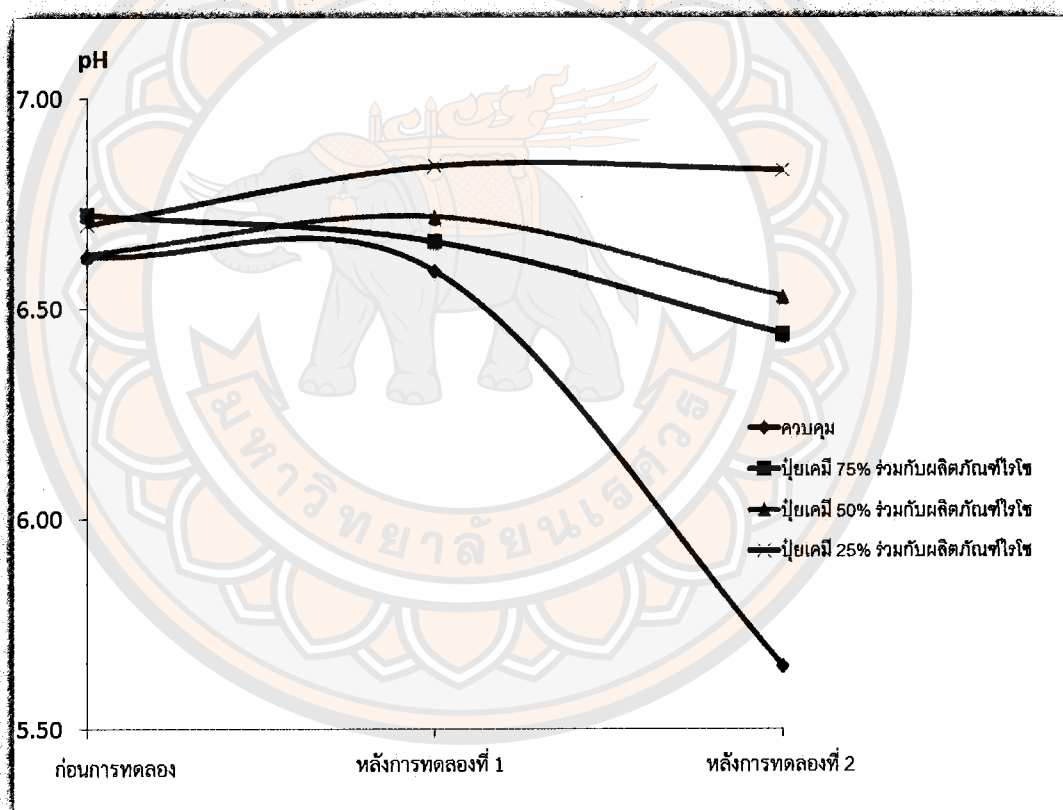
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ P < 0.05 โดยใช้ least significant difference

ที่ 5 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนและหลังการทดลอง

กรรมวิธี	ไนโตรเจนทั้งหมด (g/kg)			ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/kg)			ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)		
	ก่อนการทดลอง	การทดลอง 1	การทดลอง 2	ก่อนการทดลอง	การทดลอง 1	การทดลอง 2	ก่อนการทดลอง	การทดลอง 1	การทดลอง 2
	ม	0.053 a	0.067 a	0.058 a	141.52a	149.52a	250.78 a	23.66 a	35.01 a
มี 75%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	0.046 a	0.076 a	0.074 a	142.81a	142.81a	184.95 b	22.33 a	31.85 a	36.93 ab
มี 50%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	0.044 a	0.053 a	0.060 a	141.31a	141.61a	189.10 b	25.21a	35.96 a	32.46 b
มี 25%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	0.044 a	0.051 a	0.063 a	124.58a	154.01a	183.72 b	21.92 a	25.78 a	18.26 b
LSD _{0.05} ^z	0.021	0.021	0.021	48.44	30.38	38.05	7.98	12.59	21.54

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ P < 0.05 โดยใช้ least significant difference

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินหลังจากทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ พบว่า หลังจากทดลองปลูกคะน้าครั้งที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อยู่ในช่วง 6.59-6.84 และในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) หลังจากการปลูกคะน้าครั้งที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อยู่ในช่วง 5.65-6.83 และในกรรมวิธีควบคุมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธี ($p \leq 0.05$) จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าในกรรมวิธีควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากการทำการทดลองปลูกคะน้าทั้ง 2 ครั้ง



ภาพที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ RS87

19191911



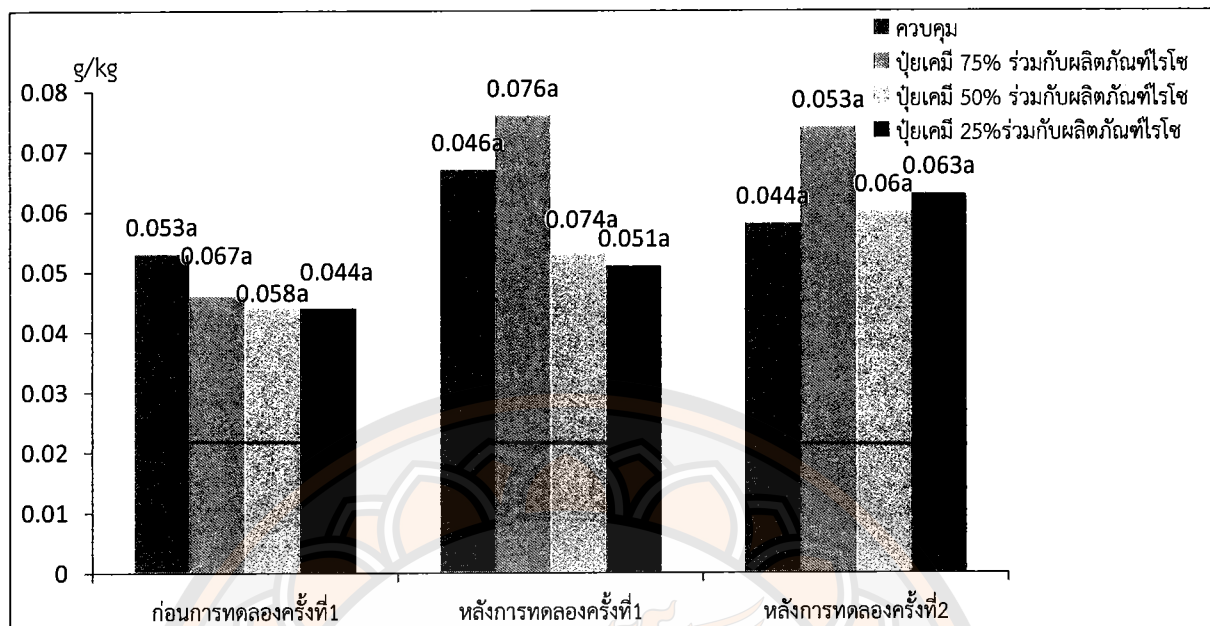
สำนักหอสมุด

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังจากการทดลองที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 15.58-16.56 กรัม/กิโลกรัม โดยพบว่าในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 12.56 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 10.80 กรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 10.56 กรัม/กิโลกรัม แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ปร.
นบ. ๒๑ก
๑๕๖

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังจากการทดลองปลูกคะน้าที่ 1 พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.051-0.076 กรัม/กิโลกรัม โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 0.076 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.067 กรัม/กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.053 กรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.051 กรัม/กิโลกรัม โดยที่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

หลังจากการทดลองปลูกคะน้าในครั้งที่ 2 พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.058-0.074 กรัม/กิโลกรัม โดยพบว่า ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 0.074 กรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจน 0.063 กรัม/กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจน 0.060 กรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่ปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุดคือกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณไนโตรเจน 0.058 กรัม/กิโลกรัม โดยที่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าแม้ปริมาณไนโตรเจนในทุกกรรมวิธีจะไม่ให้ผลแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพจะมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5

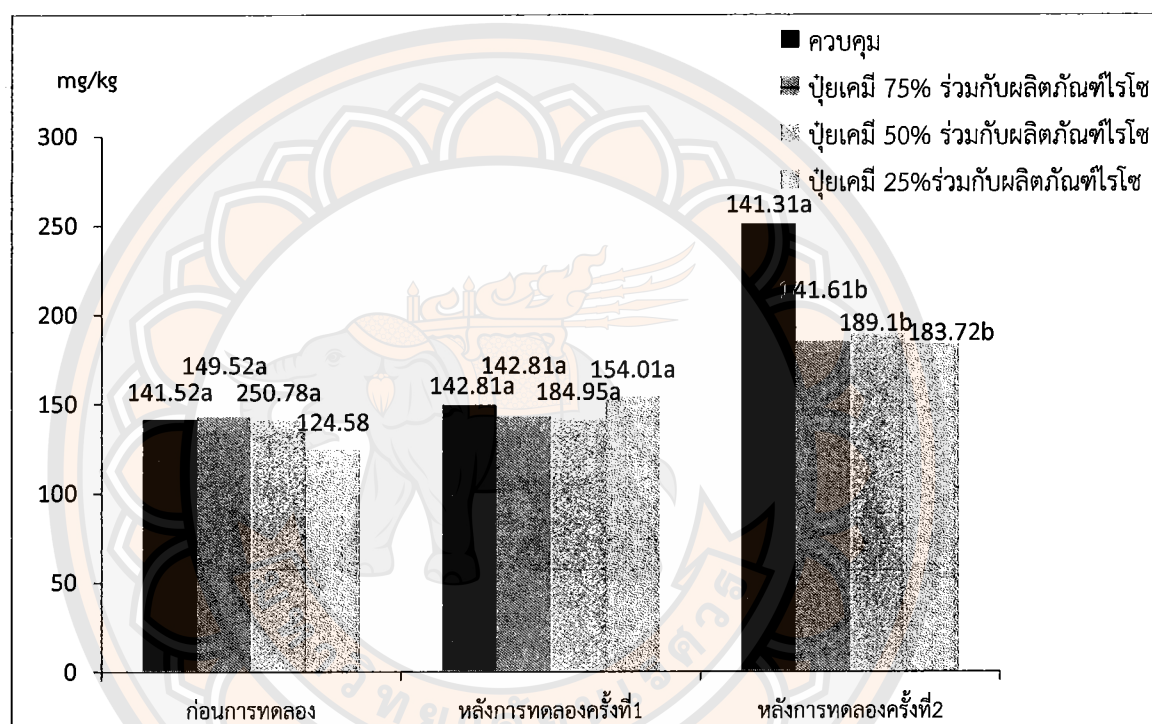


ภาพที่ 5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ SR87

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินหลังการทดลองปลูกคะน้าครั้งที่ 1 พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 141.31 - 154.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยพบว่า ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุดคือ 154.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาคือกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 149.52 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 142.81 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 141.61 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยที่ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ดินหลังการทำการทดลองครั้งที่ 2 พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 183.72 - 250.78 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด 250.78 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 189.10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไร

โซ่ชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 184.95 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 183.72 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยที่ในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 6

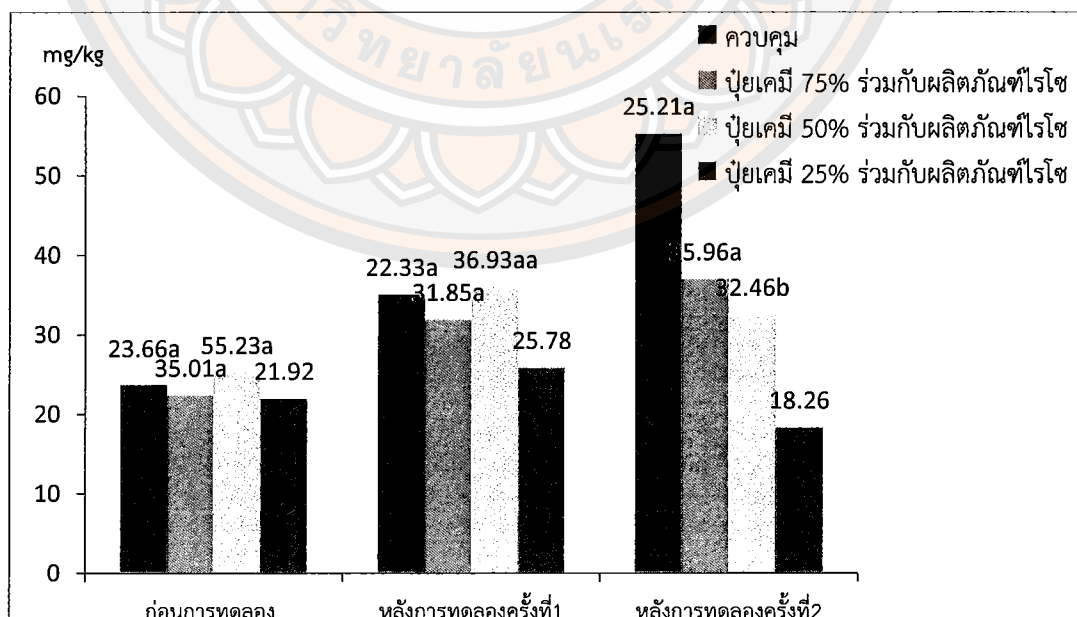


ภาพที่ 6 ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพสายพันธุ์ SR87

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังจากการทดลองปลูกคะน้าครั้งที่ 1 พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในช่วง 25.78 - 35.96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยพบว่า ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุด 35.96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และรองลงมาคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 35.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 31.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์น้อยที่สุด คือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 25.78 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยที่ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์หลังจากการทำการทดลองครั้งที่ 2 พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 18.26 - 55.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด 55.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงคือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 36.93 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 32.46 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกรรมวิธีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด คือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 18.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยที่ในทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ดังแสดงในตารางตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ กรรมวิธี และเพิ่มขึ้นมากตามปริมาณของปุ๋ยเคมีที่ใส่เข้าไป ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ก่อนและหลังการทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพสายพันธุ์ RS8

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตคะน้าในแปลงทดลองพบว่าในการทดลองครั้งที่ 1 กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดคะน้าสูงที่สุด 7.08 กิโลกรัม/แปลงทดลอง รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ควบคุม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดตามลำดับดังนี้ 6.88, 5.15 และ 3.73 กิโลกรัม/แปลงทดลอง ทำให้ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ในส่วนของการทดลองที่ 2 พบว่า ในกรรมวิธีควบคุมมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดคะน้าสูงที่สุด 2.83 กิโลกรัม/แปลงทดลอง รองลงมาเป็นกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ กรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของคะน้าตามลำดับดังนี้ 2.63, 2.56 และ 1.46 กิโลกรัม/แปลงทดลอง ทำให้ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และเมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของคะน้าทั้งการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มาวิเคราะห์ร่วมกันพบว่า มีเพียงผลผลิตของกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ สายพันธุ์ RS87 ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคณ่ายอด

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดคณ่ายอด
	คณ่ายอดทดลองที่ 1 ^w	คณ่ายอดทดลองที่ 2 ^x	ทั้งสองการทดลอง ^y
ควบคุม	6.88a ^z	2.83a	4.85a
ปุ๋ยเคมี 75%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	7.08a	2.56a	4.82a
ปุ๋ยเคมี 50%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	5.15b	2.63a	3.89a
ปุ๋ยเคมี 25%ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซ	3.73b	1.46b	2.60b
LSD _{0.05}	1.50	0.87	1.01

^w ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของคณ่ายอดในการทดลองที่ 1 (ระหว่างเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ 2557)

^x ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของคณ่ายอดในการทดลองที่ 2(ระหว่างเดือน กรกฎาคม-สิงหาคม 2557)

^y ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของคณ่ายอดที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 และ 2

^z ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $P \leq 0.05$ โดยใช้ least significant difference

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ในการทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการการผลิตคะน้า ได้ศึกษาคุณสมบัติของดินทั้งก่อนและหลังการทดลองทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่า ความเป็นกรด-ด่างของดินมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยดินจากกรรมวิธีควบคุมมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจะทำให้เกิดการตกค้างของกรดในดิน เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียไนเตรต แอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นต้น เมื่อพืชดึงเอาไนโตรเจนไปใช้เพื่อเพิ่มในการเจริญเติบโตก็จะเหลือกรดที่ตกค้างอยู่ในดิน (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน แต่อย่างไรก็ตามความเป็นกรดที่เพิ่มมากขึ้นนั้นก็ยังคงอยู่ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช คืออยู่ในช่วง (5.5-7.0) ในส่วนของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและในทุกกรรมวิธีก็ไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินจะเห็นได้ว่า ในกรรมวิธีที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพ มีปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีควบคุม แต่การใช้ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับผลิตภัณฑ์ไรโซชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด หมายความว่าเชื้อไรโซแบคทีเรียมีศักยภาพในการทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีได้บางส่วน ซึ่งสอดคล้องกับกลไกของเชื้อ PGPR ที่สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศแล้วให้มาอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Glick *et al.*, 1999) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินจะเห็นได้ว่ามีการสะสมของปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในดินได้ง่าย และถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ฟอสฟอรัสไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (Schjorring and Jensen, 2005) และเมื่อดูจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แล้วจะเห็นได้ว่า ในกรรมวิธีที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้

ร่วมกับผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดใกล้เคียงกับในกรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับกลไกของเชื้อฟิซีทีอาร์ ย่อยสลายฟอสเฟตในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (Glick *et al.*, 1999) แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ยังมีความแปรปรวนที่ควบคุมไม่ได้ อยู่มากจึงทำให้ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ พบว่าในอัตราที่ใส่ผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตรา 75% สามารถให้ผลผลิตของคะน้าได้เทียบเท่ากับอัตราที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100% ได้ในทั้งสองฤดูกาลและเมื่อนำข้อมูลทั้งสองการทดลองมาวิเคราะห์ร่วมกัน พบว่าในอัตราที่ใส่ผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี 50% นั้นสามารถให้ผลผลิตคะน้าได้เทียบเท่ากับอัตราที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100%

ข้อเสนอแนะ

1. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพ *Bacillus cereus* สายพันธุ์ RS87 ในการทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการการผลิตคะน้า ควรทำการทดสอบซ้ำอีกหลายๆ ครั้ง เพื่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินในระยะยาว
2. ไม่ควรใช้ผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพเพียงอย่างเดียวเนื่องจากในช่วงระยะแรกพืชจะต้องการสารอาหารจำนวนมากในการเจริญเติบโต ผลิตภัณฑ์โรโซชีวภาพอาจจะให้ธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช
3. จากการทดลองการระบาดของโรคพืชและแมลงอาจทำให้ผลผลิตที่ได้ลดน้อยลง



บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

บรรณานุกรม

- กัญชวลี เจตียนานท์ ,ภิญญา เปลี่ยนบางช้าง และ ศักดิ์ชัย วิทยาอารีย์กุล. (2551). การพัฒนาสูตร
ตำรับ ทดสอบประสิทธิภาพ และถ่ายทอดเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญเติบโต
ของพืชจากไรโซแบคทีเรีย. รายงานฉบับสมบูรณ์ สกว.
- กลุ่มงานวิจัยเคมีดินกองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. (2544). คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. (พิมพ์
ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา . (2548). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จักรพงษ์ ไชยวงศ์, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และ จีราภรณ์ อินทสาร .(2555). การศึกษาผลของการใช้
เชื้อราอับสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโต
และผลผลิตของลำไย. วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่
- ชูจิต สงวนทรัพย์ากร.(2552). การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากการวางแผนการใช้ที่ดินเพื่อการอนุรักษ์ดิน
และน้ำ. เอกสารประกอบคำบรรยาย การฝึกอบรมหลักสูตร “การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขต
พัฒนาที่ดิน” ประจำปี 2552.
- นิวัต เรืองพานิช. (2556). การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.(พิมพ์ครั้งที่ 6).กรุงเทพฯ:
กองทุนจัดพิมพ์ตำราป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พัชรี อีร์จินดาขจร, อุบล หินเธาว์, พงนิย์ แสงมณี, สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ . (2550). การประเมินความ
อุดมสมบูรณ์ของดินโดยวิธีการวิเคราะห์. (พิมพ์ครั้งที่1). ขอนแก่น: สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วน
จำกัดขอนแก่นการพิมพ์
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2542) . ทรัพยากรดินและการใช้
ที่ดิน. จาก <http://www.onep.go.th/>
- วภากร ศิริวงศ์. (2555). เอกสารประกอบการเรียนปฐพีวิทยาสีงแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร
- สุนิสา ประไพตระกูล. (2551). พืชตระกูลกะหล่ำ(คะน้า,ผักกวางตุ้ง). (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนัก
ส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร

- สุวรรณณี แทนธานี. จุลินทรีย์.(2555). เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. วารสารกรม
วิทยาศาสตร์ 60(190), 36-39
- สุวลักษณ์อะมะวัลย์. (2555). ผลของปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของมัน
สำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ วท.บ.,สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). ยุทธศาสตร์กรมพัฒนาที่ดินในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและ
สังคมแห่งชาติฉบับที่11 ปี2555 – 2559. จาก <http://www.ddd.go.th/Strategy/>
- หนึ่ง เตียอำรุงและ.(2548). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรีย PGPR (Plant Growth Promoting
Rhizobacteria). วารสารเทคโนโลยีสุรนารี, 12(3), 249-258.
- Ana Primavesi. (1990). Soil life and chemical fertilizers. ILEIA NEWSLETTER, 26, 8-9
- A.O. Adesemoye and D. Egam berdieva (2013). Beneficial Effects of Plant Growth-
Promoting Rhizobacteria on Improved Crop Production: Prospects for
Developing Economies, 8(507), 45-63
- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., and Kloepper, J.W. (2009). Plant growth-promoting
rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial
Ecology* 58: 921-929.
- Glick, B.R., Patten, C.L., Holguin G., and Penrose, D.M. (1999). Biochemical and genetic
mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial College Press,
Waterloo, Ontario, Canada, total number of page
- Kanchalee Jetiyanon and Pinyupa Plianbangchang (2011). Potential of *Bacillus cereus*
strain RS87 for partial replacement of chemical fertilisers in the production of
Thai rice cultivars. Published online in Wiley Online Library
- Schjorring, J.K. and L.S. Jensen. (2005). Phosphorus Fertilizers and Fertilization, by L.S.
Jensen & S.Husted. In: Applied Plant Nutrition Soil Fertility, Fertilizers and
Manure Nutrient Management. Plant and Soil Science Laboratory. The Royal
Veterinary and Agricultural University. pp 1-35



ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

ตารางผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ประเภทเนื้อดิน

ซ้้า	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil textural classes
1	36.768	22.75	40.48	Sandy clay loam
2	38.84	20.68	40.48	Sandy clay loam
3	37.2	23.04	39.76	Sandy clay loam

ตารางผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุก่อนและหลังการทดลอง

กรรมวิธี	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (g/kg)					
	ก่อนการทดลอง			หลังการทดลอง #2		
	ซ้้า1	ซ้้า2	ซ้้า3	ซ้้า1	ซ้้า2	ซ้้า3
ควบคุม	1.42	1.30	1.10	1.42	1.11	1.22
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับโรโซชีวภาพ	1.40	0.98	1.23	1.25	1.35	1.08
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับโรโซชีวภาพ	1.35	1.38	1.25	1.08	1.01	1.15
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับโรโซชีวภาพ	1.33	1.45	0.98	1.15	1.18	0.84

ตารางผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนและหลังการทดลอง

กรรมวิธี	ค่า pH								
	ก่อนการทดลอง			หลังการทดลองครั้งที่1			หลังการทดลองครั้งที่2		
	ซ้้า1	ซ้้า2	ซ้้า3	ซ้้า1	ซ้้า2	ซ้้า3	ซ้้า1	ซ้้า2	ซ้้า3
ควบคุม	6.69	6.61	6.57	6.68	6.56	6.54	6.20	5.30	5.47
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับโรโซชีวภาพ	6.68	6.85	6.64	6.67	6.67	6.65	6.36	6.43	6.55
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับโรโซชีวภาพ	6.71	6.80	6.38	6.74	6.81	6.63	6.78	6.45	6.37
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับโรโซชีวภาพ	6.98	6.64	6.48	7.12	6.80	6.60	7.01	6.82	6.67

ตารางผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินก่อนและหลังการทดลอง

กรรมวิธี	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol/kg)					
	ก่อนการทดลอง			หลังการทดลองครั้งที่ 2		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	4.25	4.80	14.15	2.57	2.575	3.75
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	7.60	6.55	17.95	2.40	2.60	3.40
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	6.55	2.65	5.35	3.525	3.375	3.525
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	3.15	3.95	7.40	2.85	2.65	3.85

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการทดลอง

กรรมวิธี	Total Nitrogen (g/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	0.049	0.056	0.056
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.028	0.049	0.063
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.028	0.035	0.070
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.042	0.042	0.049

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหลังการทดลองครั้งที่ 1

กรรมวิธี	Total Nitrogen (g/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	0.049	0.084	0.070
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.063	0.070	0.077
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.049	0.049	0.063
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.056	0.042	0.056

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหลังการทดลองครั้งที่ 2

กรรมวิธี	Total Nitrogen (g/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	0.049	0.056	0.070
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.070	0.070	0.070
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.063	0.063	0.056
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	0.077	0.063	0.049

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนการทดลอง

กรรมวิธี	Total Phosphorus (mg/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	122.49	143.55	164.61
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	115.77	127.87	119.80
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	128.76	112.19	103.67
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	174.46	138.17	152.51

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการทดลองครั้งที่ 1

กรรมวิธี	Total Phosphorus (mg/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	127.87	141.31	128.32
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	155.65	118.01	135.04
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	147.13	153.41	146.68
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	173.57	171.33	165.50

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการทดลองครั้งที่ 2

กรรมวิธี	Total Phosphorus (mg/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	208.51	182.97	192.38
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	162.81	195.52	201.34
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	281.99	191.49	169.98
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	261.83	187.01	195.07

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก่อนการทดลอง

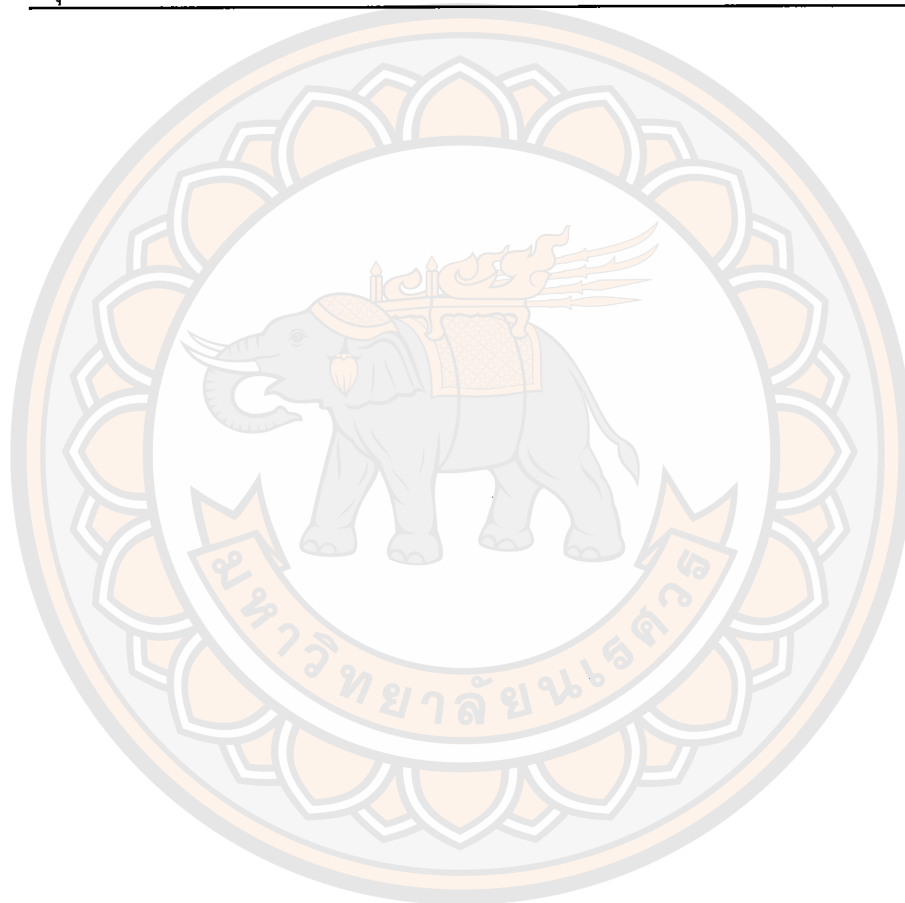
กรรมวิธี	Available Phosphorus (mg/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	22.74	22.79	25.45
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	18.99	24.73	23.28
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	31.87	20.35	23.42
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	24.28	21.88	19.62

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หลังการทดลองครั้งที่ 1

กรรมวิธี	Available Phosphorus (mg/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	25.27	36.93	42.84
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	33.18	32.77	29.61
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	41.94	30.47	35.48
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	24.64	28.48	24.23

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หลังการทดลองครั้งที่ 2

กรรมวิธี	Available Phosphorus (mg/kg)		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ควบคุม	39.22	66.90	59.59
ปุ๋ยเคมี 75% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	50.33	36.43	24.02
ปุ๋ยเคมี 50% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	26.63	38.02	32.74
ปุ๋ยเคมี 25% ร่วมกับไรโซชีวภาพ	17.00	20.22	17.58



ภาคผนวก ข การแปลความหมายความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ตารางที่ 1 ระดับความเป็นกรดต่างของดิน

ค่า pH	ระดับความเป็นกรด- ต่างของดิน
<4.5	กรดจัดมาก (extremely acid)
4.5-5.0	กรดจัด (very strong acid)
5.1-5.5	กรดแก่ (strong acid)
5.6-6.0	กรดปานกลาง (medium acid)
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย (slightly acid)
6.6-7.3	เป็นกลาง(neutral)
7.4-7.8	ด่างอ่อน(mildly alkaline)
7.9-8.4	(moderately alkaline)
8.5-9.0	(strongly alkaline)
>9.0	(very strongly alkaline)

ที่มา: วภากร ศิริวงศ์ (2555)

ตารางที่ 2 การแปลความหมายปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดิน

ระดับ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (g/kg)	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (g/kg)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ (mg/kg)
ต่ำมาก (very low)	<5	<1.0	<3
ต่ำ (low)	5-10	1.0-2.0	3-6
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	10-15	-	6-10
ปานกลาง (medium)	15-25	2.0-5.0	10-15
ค่อนข้างสูง (moderately high)	25-35	-	15-25
สูง (high)	35-45	5.0-7.5	25-45
สูงมาก (very high)	>45	>7.5	>45

ที่มา: ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร (2552)

ภาคผนวก ค ภาพการปลูกคะน้ำและการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ



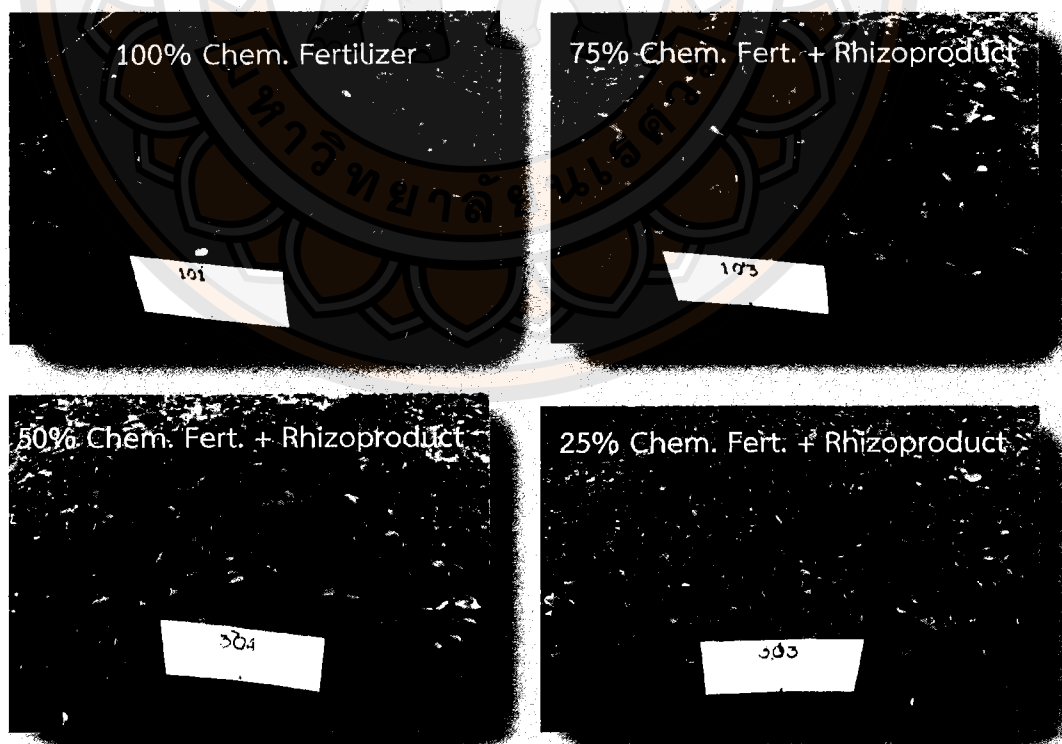
ภาพผนวก 1 การเตรียมแปลงทดลอง



ภาพผนวก 2 แปลงทดลองก่อนการทำการปลูก

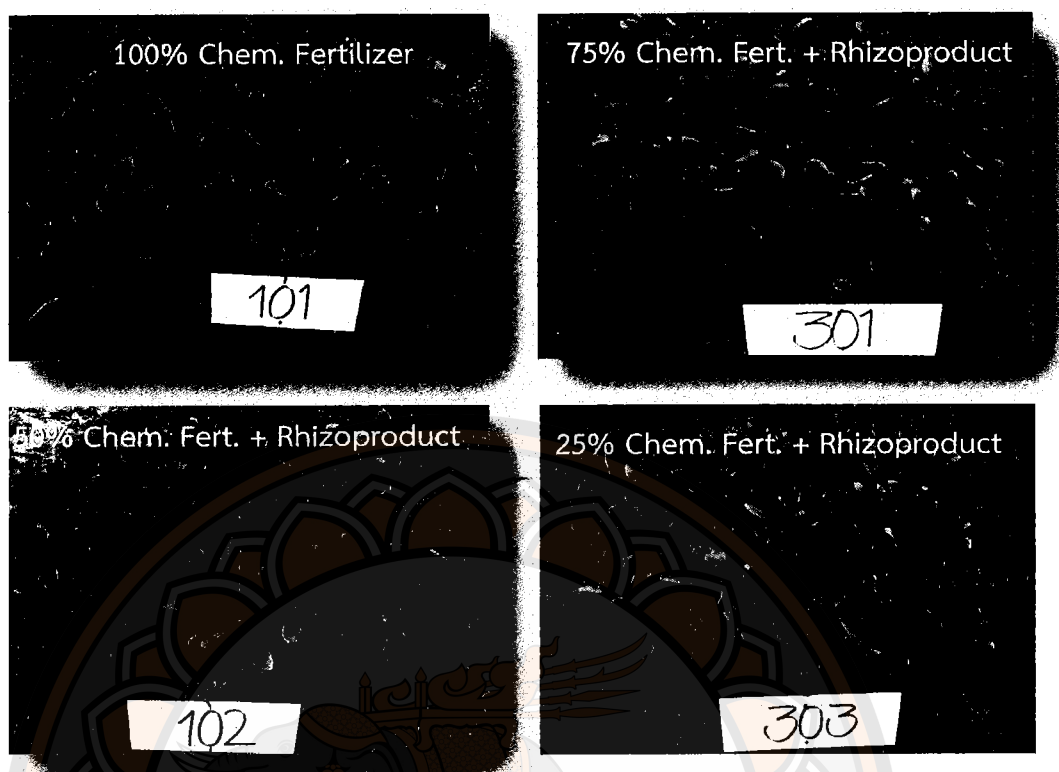


ภาพผนวก 3 การเจริญเติบโตของค่น้ำอายุ 7 วัน



ภาพผนวก 4 การเจริญเติบโตของค่น้ำอายุ 30 วัน การทดลองที่ 2

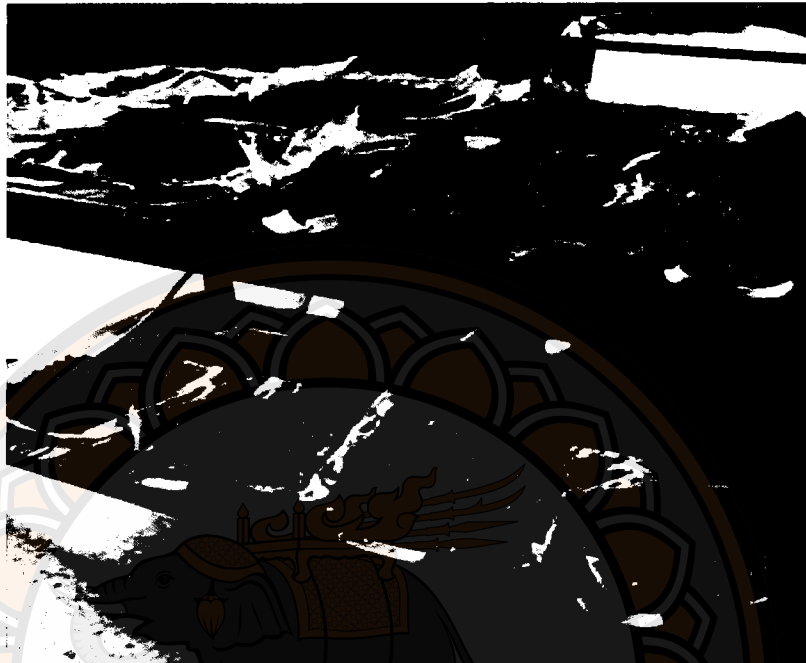
ช่วงเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2557



ภาพผนวก 4 การเจริญเติบโตของคะน้าอายุ 30 วัน การทดลองที่ 1
ช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2557



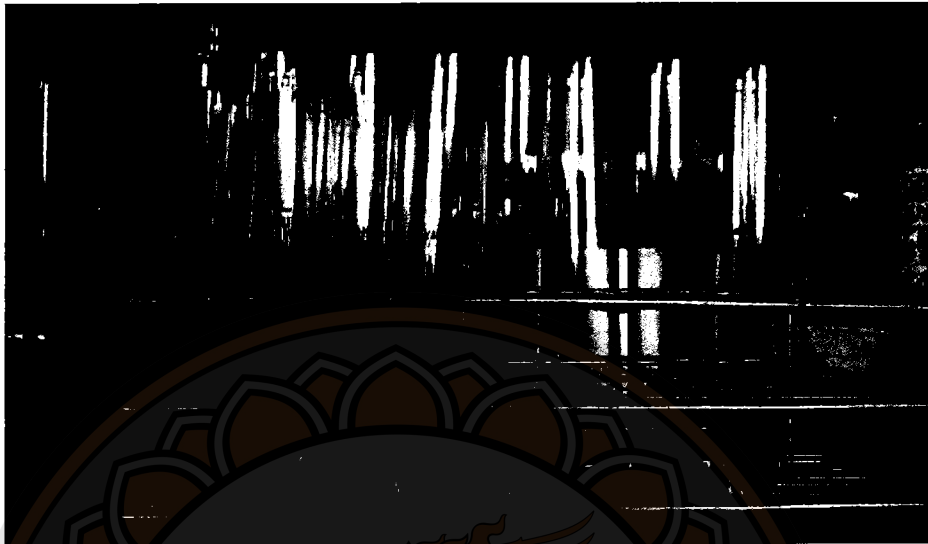
ภาพผนวก 5 การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อคะน้าอายุ 45 วัน



ภาพผนวก 6 การนำดินตัวอย่างมาตากด้วยวิธี air-dried



ภาพผนวก 7 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง



ภาพผนวก 8 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน



ภาพผนวก 9 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน



ภาพผนวก 10 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

