ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

Effect of High K-Biofertilizer to promote the growth of Chinese Water Convolulus

โดย

นางสาวสิลวานัส นิระภัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผศ.ดร.วัฒนชัย พงษ์นาค)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 17 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2555

หลักสูตรรับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

ประธานบริหารหลักสูตรปฐพีวิทยา

วันที่ 7 เดือน มี.ค. พ.ศ. 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

Effect of High K-Biofertilizer to promote the growth of Chinese Water Convolulus

โดย

นางสาวสิลวานัส นิระภัย

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปีการศึกษา 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	Effect of High K-Biofertilizer to promote the growth of Chinese Water Convolulus
โดย	นางสาวสิลวานัส นิระภัย
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วัฒนชัย พงษ์นาค

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมที่มีคุณภาพมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาภาคการเกษตรอย่างแพร่หลาย เพื่อเพิ่มผลผลิตด้านการเกษตร ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวการใช้ปุ๋ยชีวภาพขึ้น ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่หมักจากแร่แพซเฟลด์สปาร์ร่วมกับจุลินทรีย์ได้

การศึกษาจะทำการเปรียบเทียบจุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์ระหว่างเชื้อรา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Emericella rugulosa และ Eurotium* EU 07 แบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas),Purple – bacteria และ *Bacllius subtilis* J-01 และ Actinomycetes 1 สายพันธุ์ ได้แก่ T2-10 (green) หมักร่วมกับแร่โพแทซเฟลด์สปาร์บด โดยหมักเป็นเวลา 60 วัน และทำการทดสอบปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมกับผักบุ้งจีน โดยการนำปุ๋ยที่ได้จากการหมักเป็นเวลา 60 วัน นำมาใช้ในอัตรา 250 kg-K/ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ได้แก่ อายุ 3 วัน 10 วัน และ 17 วัน หลังจากทำการปลูก ซึ่งจะทำการทดลอง แบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 9 ตำรับ รวม 36 กระถาง เมื่อผักบุ้งจีนมีอายุครบ 30 วันจะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตและนำมาวัดส่วนสูงและน้ำหนักของผลผลิต เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ทำการหมักจากจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์

จากการทดลองของการหมักแร่โพแทซเฟลด์สปาร์พบว่า จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมได้มากที่สุดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อได้แก่ Purple – bacteria มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 1.95 ppm K และจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมต่ำสุดคือ *Penicillium* PK 02 มีค่า 1.61 ppm K ส่วนแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้ทำการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ (Control) มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.52 ppm K ในส่วนของการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้ทำการอบฆ่าเชื้อ *Bacllius subtilis* J-01 ที่หมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดคือ 1.87 ppm K และจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมต่ำสุดคือ *Emericella rugulosa* มีค่า 1.64 ppm K ส่วนแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้ทำการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ (Control) มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.55 ppm K ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมทั้งแบบที่ทำการอบฆ่าเชื้อและไม่ได้ทำการอบฆ่าเชื้อแสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์มีความสามารถในการละลายโพแทสเซียมได้ดี เมื่อเทียบกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้ทำการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ (Control) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเกือบทุกตำรับการทดลอง

ในการทดสอบการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ทั้ง 8 ชนิดร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าผักบุ้งจีนที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ผ่านการหมักร่วมกับ Actinomycetes T2-10 มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 41.06 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 31.70 กรัม ขณะที่ผักบุ้งจีนที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมมีความสูงเท่ากับ 37.14 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 18.81 กรัม ซึ่งจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม สามารถให้ผลผลิตทั้งความสูงและน้ำหนักที่มากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม จึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้จุลินทรีย์หมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์มีประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยโพแทสซียมที่ไม่ได้หมักร่วมกับจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามผลของการวิเคราะห์ทางสถิติในส่วนใหญ่ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. วัฒนชัย พงษ์นาค เป็นอย่างสูงโดยท่านกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในเรื่องต่างๆรวมทั้งให้การสนับสนุนในการทดลองครั้งนี้ตลอดจนถึงการตรวจสอบแก้ไขเนื้อหาเพิ่มเติมจนเสร็จสมบูรณ์

ขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดาและญาติพี่น้องทุกคนที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์และคอยเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ประจำภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านที่เป็นผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาเป็นแนวทางในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณเพื่อนๆปฐพีวิทยา ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษ

นางสาวสิลวานัส นิระภัย

เมษายน 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญตารางภาคผนวก	III
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลการทดลอง	20
สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	37
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available-K) ที่ได้จากการหมักแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์	22
2	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available-K) ที่ได้จากการหมักแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์	24
3	แสดงค่าเปรียบเทียบโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ระหว่างแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการฆ่าเชื้อและแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์เป็นเวลา 60 วัน	26
4	แสดงค่าเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของต้นผักบุ้งจีนระหว่างผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน	28
5	แสดงค่าเปรียบเทียบน้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นผักบุ้งจีนระหว่างผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 43

2 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ 43

3 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ 43

4 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของผักบุ้งจีน 44

5 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสดของผักบุ้งจีน 44

6 แสดงค่าการวิเคราะห์ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (K) ของ K-feldspar แบบอบฆ่าเชื้อ 45

7 แสดงค่าการวิเคราะห์ด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (K) ของ K-feldspar แบบไม่อบฆ่าเชื้อ 47

8 แสดงค่าส่วนสูงและน้ำหนักของผักบุ้งจีนที่ทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงผักบุ้งจีนที่ปลูกเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม	31
2	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ย (Control)	32
3	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Penicillium* PK 02	32
4	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Aspergillus* PK 01	33
5	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Emericella rugulosa*	33
6	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Eurotium* EU 07	34
7	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Red-Orange bacte	34
8	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Purple – bacteria	35
9	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Bacllius subtilis* J-01	35
10	แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Actinomycetes T2-1	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

Effect of High K-Biofertilizer to promote the growth of Chinese Water Convolulus

คำนำ

ตั้งแต่ในสมัยอดีต ประเทศไทยเป็นประเทศที่เน้นการทำเกษตรกรรมมาจนถึงทุกวันนี้ ประชาชนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรกว่าครึ่งประเทศ คิดเป็นร้อยละ 55.7 ของประชากรทั้งประเทศ (2545) สืบเนื่องมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งปัจจุบันได้มีการให้ความสำคัญกับการทำเกษตรกรรมที่มีคุณภาพมากขึ้น จึงนำไปสู่การพัฒนาภาคการเกษตรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแผ่ขยายและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตร ตามความต้องการทั้งในประเทศและต่างประเทศในปริมาณสูง และวิธีที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตด้านการเกษตรให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นที่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การเพิ่มธาตุอาหารลงในดินเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช โดยใส่ปุ๋ยให้กับพืช โดยปุ๋ยที่ใช้กันมากได้แก่ ปุ๋ยเคมีที่มีส่วนผสมของธาตุอาหารหลัก แต่ด้วยว่าปุ๋ยดังกล่าวนั้นมีราคาแพงซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดในการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญของเกษตรกร โดยในที่นี้จะกล่าวถึงปุ๋ยชีวภาพเป็นสำคัญ ซึ่งปุ๋ยชีวภาพนั้นเป็นปุ๋ยหมักคุณภาพสูงโดยใช้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในการหมัก

แร่โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash felspar) เป็นแร่ที่สามารถนำมาใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุโพแทสเซียมให้แก่พืชโดยผ่านกรรมวิธีบดละเอียด อีกทั้งยังเป็นวัตุดิบที่มีราคาถูกกว่าปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดอื่นๆ ทำให้มีความน่าสนใจในการศึกษาหาแนวทางที่จะนำแร่โพแทชเฟลด์สปาร์มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบการหาประสิทธิภาพในการย่อยสลายแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ของจุลินทรีย์เพื่อสร้างปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่มีประสิทธิภาพ มีราคาถูก และสามารถใช้ได้จริง

ในการศึกษาผลจากการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash felspar) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแร่ดังกล่าวยังไม่ปรากฏการศึกษาที่ชัดเจนและมีเอกสารสนับสนุนทางด้านนี้ไม่มากนัก ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลจากการใช้แร่โพแทช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟลด์สปาร์ (Potash felspar) ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม ที่ได้จากการหมักแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ร่วมกับจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ เชื้อรา (Fungi) แบคทีเรีย (Bacteria) และแอคติโนมัยซิส (Actinomycetes) ให้ชัดเจนมากขึ้น ก่อนทำการทดสอบกับพืชทางการเกษตร และเมื่อทราบถึงประสิทธิภาพของการย่อยสลายแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ของจุลินทรีย์ดังกล่าวแล้ว จึงจะนำไปใช้ทดสอบกับพืชทางการเกษตรต่อไป เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมักแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ร่วมกับจุลินทรีย์ต่างๆ ว่าเป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยเพียงใด โดยเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม

อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ เป็นเพียงการเริ่มต้นในการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่หมักจากแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ร่วมกับจุลินทรีย์บางชนิด เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมชนิดนี้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ (Potash felspar) โดยใช้จุลินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส

2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเพิ่มคุณภาพผลผลิตของผักบุ้งจีนจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1. ปุ๋ยชีวภาพ

วิจิตร (2552) ได้ให้ความหมายของปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) ไว้ว่า ปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่มีจุลินทย์เป็นตัวออกฤทธิ์ จุลินทรีย์ที่มีชีวิตเหล่านี้สารถผลิตอาหารได้อย่างรวดเร็วและใช้พลังงานในการผลิตที่ประหยัดที่สุด เพราะใช้เอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตได้ ก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากขึ้นอาจเรียกปุ๋ยประเภทนี้ว่า "ปุ๋ยจุลินทรีย์" จุลินทรีย์บางชนิดที่มีสมบัติพิเศษเจาะจงในการสร้างสารออกมา มีผลทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

1.1 ประโยชน์และข้อดีของปุ๋ยชีวภาพ

1) ปุ๋ยชีวภาพสามารถออกฤทธิ์อยู่ได้นานในดิน เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพมีตัวการที่ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชที่เป็นจุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่อใส่ลงไปในดินและเกิดการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์แล้ว อาจไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยชีวภาพนั้นอีก จนกว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่ใส่ลดจำนวนลงไปจนเหลือน้อยมาก เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยชีวภาพ

2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพมีค่าใช้จ่ายน้อย ในการใช้ปุ๋ยชีวภาพปริมาณที่ใช้ต่อหน่วยพื้นที่ส่วนใหญ่จะน้อยกว่าปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีอย่างมาก นอกจากนั้นปุ๋ยชีวภาพยังมีราคาไม่แพง จึงเป็นการประหยัดทั้งค่าปุ๋ย ค่าขนส่งปุ๋ย และค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย

1.2 ข้อจำกัดของปุ๋ยชีวภาพ

1) ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เฉพาะบางธาตุ ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เพียงบางธาตุ จึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยชีวภาพหลายชนิดกับดินที่ขาดธาตุอาหารหลายๆธาตุ

2) ต้องใช้ความระมัดระวังในการเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพและเก็บไว้ได้ไม่นาน เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่มีจุลชีพเป็นตัวออกฤทธิ์ และต้องการสภาพที่เหมาะสมในการดำรงชีวิต ดังนั้นการเก็บรักษาจึงใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ นอกจากนี้ปุ๋ยชีวภาพยังมีอายุในการเก็บรักษาสั้นกว่าปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) มีความยุ่งยากในการใช้ปุ๋ยชีวภาพให้ได้ผล เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยชีวภาพตอบสนองไวต่อสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูง สภาพแห้ง สภาพที่มีสารเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้ปุ๋ยชีวภาพเหล่านี้ ซึ่งบางกรณีอาจทำให้ปุ๋ยชีวภาพไม่ได้ผล (วิจิตร, 2552)

2. โพแทสเซียม (Potassium)

2.1 บทบาทและความสำคัญของโพแทสเซียม

ความสำคัญของโพแทสเซียมที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตของพืชนั้นเพิ่งมีผู้ทราบเมื่อเริ่มศตวรรษที่ 19 นี้เองทั้งๆที่ผู้ใช้สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่เพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชมาช้านานแล้ว เช่น ทราบกันดีว่ามูลสัตว์ ซากพืช และเถ้าถ่านของไม้เป็นสารที่ช่วยปรับปรุงให้ดินดีขึ้นแม้ว่าเราจะทราบความสำคัญของโพแทสเซียมในแง่ที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมานานพอสมควร แต่การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่งจะเริ่มมาไม่นานนี้เอง ทั้งนี้เพราะวัตถุต้นกำเนิดดินมักจะมีปริมาณของโพแทสเซียมสูง จึงใช้เวลานานกว่าที่จะทำให้พืชที่ปลูกขาดโพแทสเซียม มีผู้รายงานไว้ว่าปริมาณโพแทสเซียมในผิวโลกมีถึง 2.4 เปอร์เซ็นต์ (ธวัชชัย, 2551)

2.2 บทบาทของโพแทสเซียมที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชธาตุหนึ่งในจำนวน 16 ธาตุ โพแทสเซียมเมื่อเข้าไปอยู่ในพืชแล้วไม่ได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนกับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียม แต่จะอยู่ในรูปเกลืออินทรีย์หรืออนินทรีย์ซึ่งละลายได้ โพแทสเซียมจำเป็นต่อกิจกรรมหรือกระบวนการสร้างสมต่างๆในเซลล์ที่มีชีวิตโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ K+ มีเส้นผ่าศูนย์กลางในภาวะไฮเดรต 0.331 นาโนเมตร พืชดูดไอออนนี้ด้วยกลไกที่มีการคัดเลือกอย่างเข้มงวด (highly selective) แบบแอกทีฟ เมื่ออยู่ในพืชโพแทสเซียมเคลื่อนย้ายง่ายมากไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ ระหว่างเซลล์ในเนื้อเยื่อ การเคลื่อนย้ายระยะไกลทางไซเลมและโฟลเอ็ม ในเชิงปริมาณธาตุนี้มีในพืชมากกว่าแคตไอออนอื่นๆ จึงเป็นธาตุซึ่งทำหน้าที่ลดศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) ภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชที่ไม่ทนเค็มทั่วไป (สุบัณฑิต, 2549) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในพืชผันแปรระหว่าง1.0 และ 6.0% น้ำหนักแห้ง และปกติจะสูงกว่าธาตุประจุบวกอื่นๆ (วิจิตร,2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธวัชชัย (2551) ได้แบ่งอิทธิพลของโพแทสเซียมที่มีต่อพืชไว้ดังนี้

1) กระบวนการสร้างน้ำตาลและแป้ง

มีผู้พบว่าในพืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีปริมาณแป้งต่ำกว่าปกติ เมื่อพิจราณาถึงสัดส่วนของ reducing sugar ต่อปริมาณแป้งทั้งหมดในพืชบางชนิด จะพบว่ามี reducing sugar เพิ่มข้นและ non-reducing sugar ลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในราก เมื่อดินมีโพแทสเซียมต่ำลง

2) การเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล

จากการศึกษาพบว่า การเคลื่อนย้ายของน้ำตาลในอ้อยหยุดชะงักเนื่องจากขาดโพแทสเซียมมีผู้พบว่าในอ้อยซึ่งมีโพแทสเซียมพอเพียงมีอัตราการเคลื่อนย้ายน้ำตาลเท่ากับ 2.5 ซม./นาที แต่ในอ้อยที่ขาดโพแทสเซียม อัตราการเคลื่อนย้ายลดลงไปมาก ประมาณว่าน้อยกว่า 1.25 ซม./นาที

3) กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ

ได้มีการศึกษาการตอบสนองข้าว 2 พันธุ์ต่อโพแทสเซียม และพบว่าผลผลิตของข้าวจะเพิ่มขึ้นและเมื่อข้าวได้รับแสงไม่เต็มที่จะแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมมากกว่าเมื่อได้รับเต็มที่นอกจากนี้ยังพบว่าพืชหัวต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่มากกว่าพืชที่ให้โปรตีน การเจริญของรากของพืชหัวจะลดลงมากถ้ามีโพแทสเซียมจำกัด เมื่อเทียบกับการเจริญของใบ

4) ปริมาณกรดอินทรีย์และไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่ใช่โปรตีน

โพแทสเซียมเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ pyruvate kinase ในการเกิด pyruvate ใน Kreb cycle เมื่อมีโพแทสเซียมมากๆ ปฏิกิริยาจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ส่วนของกรดอินทรีย์หรือ intermediate compound มีอยู่น้อย มีผู้พบว่า ความเข้มข้นของ citrate และ malate ลดลงเมื่อใส่โพแทสเซียมแก่พืช กรด malonic, malic และ citric โดยปกติมีสูงถึง 72% ของกรดทั้งหมดในพืช มีผู้พบว่าพืชที่ขาดโพแทสเซียมมีส่วนของ nonprotein nitrogen สะสมอยู่และการสร้างโปรตีนลดลง แต่ถ้ามีโพแทสเซียมมากขึ้นมีการใช้กรดอะมิโน (amino acid) ในกระบวนการสร้างโปรตีนมากขึ้น

5) โครงสร้างของเอนไซม์

มีเอนไซม์กว่า 40 ชนิดที่ต้องการแคตไอออนที่มีประจุบวก 1 ประจุ (monovalent cation หรือ univalent cation) ไปกระตุ้นให้ทำงานได้ดีขึ้น บทบาทของแคตไอออนต่างๆ เหล่านี้เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของเอนไซม์ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของไอออนบวกที่อยู่รอบๆ เมื่อมีโพแทเซียมหรือ monovalent cation อื่นๆ ที่สามารถจะไปเร่งปฏิกิริยาได้ active site ของเอนไซม์นี้จะอยู่ในสถาพที่จะรวมกับ substrate ได้ ในทางตรงกันข้ามเมื่อ monovalent cation อื่นๆที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจะเร่งปฏิกิริยาได้ active site จะอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถรวมกับ substrate ได้ อิทธิพลของโพแทสเซียมที่มีต่อเอนไซม์อื่นยังไม่มีการทดลองมากเท่ากรณีของ pyruvate kinase

6) ความต้านทานโรค

โรคต่างๆ ที่เกิดกับพืชหลายชนิดจะลดลงถ้าดินมีโพแทสเซียมเพียงพอหรือใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้แก่ดินที่ขาดโพแทสเซียม ทั้งนี้เพราะว่า โพแทสเซียมจะทำให้ผนังเซลล์ของพืชหนาและมั่นคง ยากต่อการเข้าทำลายของโรค นอกจากนี้โพแทสเซียมยังเป็นตัวเร่งให้เซลล์ทำงานได้ดีขึ้น

7) คุณภาพของผักและผลไม้

การขาดโพแทสเซียมจะทำให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตของพืชต่ำลง คุณภาพของผลไม้ที่ลดลงนี้รวมถึง สี ขนาด ความเป็นกรด และคุณภาพในการเก็บรักษา

2.3 การขาดธาตุโพแทสเซียม

การขาดโพแทสเซียม มักพบส่วนใหญ่ในดินเบาที่เป็นกรด มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่ำหรือในดินที่มีปริมาณแร่ธาตุดินเหนียวสูงที่สูญเสียโพแทสเซียมจากการทำการเกษตร การขาดโพแทสเซียมพบได้บ่อยเช่นกันในดินอินทรีย์ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับ K^+ ต่ำ และมีการให้ปุ๋ยไม่พอเพียง (วิจิตร, 2552) เนื่องจากการดูดโพแทสเซียมของพืชส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการแพร่และการไหลเป็นกลุ่มก้อน ความเป็นประโยชน์ของธาตุนี้จะลดลงในช่วงแล้ง พืชอาจแสดงอาการขาดโพแทสเซียมหลังจากเกิดความแห้งแล้งยาวนาน แม้แต่ในดินที่มีโพแทสเซียมมากพอ

ระดับการอิ่มตัวของความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสำหรับโพแทสเซียม ตกประมาณ 3-5% ขึ้นอยู่กับสถานภาพของโพแทสเซียมในดิน (ระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงหรือต่ำ) การใส่ปูนขาวสามารถลดการดูดโพแทสเซียมของพืชหรืออาจไม่มีอิทธิพลใดๆ

การขาดโพแทสเซียมทำให้การเจริญเติบโตของพืชช้าลงในระยะแรก ต่อมาพืชจะหยุดการเจริญเติบโตโดยสิ้นเชิง เนื่องจากแม้ว่า K^+ จะเคลื่อนย้ายได้ดี การย้ายออกจากใบแก่จะไม่เร็วมากพอ และพอเพียงกับความต้องการของเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญเติบโตของยอดและใบอ่อน (วิจิตร, 2552)

เมื่อพืชขาดโพแทสเซียม ขอบใบจะมีสีซีด (chlorosis) แล้วปลายเป็นสีน้ำตาลและแห้งไปในที่สุดอาการเริ่มจากปลายใบสู่โคนใบ ระหว่างเส้นใบอาจจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ (mobile) ในพืช เพราะฉะนั้นลักษณะอาการขาดจะเกิดขึ้นที่ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก่ก่อนใบอ่อน อาการขาดโพแทสเซียมจะเห็นได้ชัดกับข้าวโพดและพืชตระกูลหญ้า พวกธัญพืชมักจะให้เมล็ดลีบและน้ำหนักเบาผิดปกติ พืชที่ให้หัวที่รากจะมีแป้งน้อยแต่น้ำมาก ข้าวโพดจะให้ฝักที่เมล็ดไม่เต็มจนถึงปลายฝัก ฝักจะเล็กและรูปร่างผิดปกติ ใบยาสูบจะมีคุณภาพในการติดไฟต่ำ ผลไม้จะมีสีไม่สวยและเนื้อฟาม พืชที่ให้น้ำมันก็จะมีน้ำมันน้อย นอกจากนั้นการขาดโพแทสเซียมยังทำให้พืชล้ม (lodging) ได้ง่าย เพราะพืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีลำต้นอ่อน พืชพวกฝ้ายจะมีสีน้ำตาลปนแดง สมอจะไม่อ้าเต็มที่เมื่อแก่

2.4 การมีโพแทสเซียมมากเกินไป

วิจิตร (2552) ได้กล่าวไว้ว่าผลของปุ๋ย K^+ ต่ำที่มากเกินในดินที่มีความสามารถในกาดูดซับต่ำ ความเป็นพิษของโพแทสเซียมจะพบได้น้อยมาก ทั้งภายใต้สภาพแปลงปลูกหรือการทดลองในกระถาง อย่างไรก็ตามความเสียหายนี้อาจจะเกิดจากการให้ปุ๋ยชนิดอื่นๆที่มากเกิน และในกรณีของเกลือโพแทสเซียม บ่อยครั้งเกิดจากคลอไรด์ที่ติดมา พืชสามารถทนทานค่อนข้างสูงต่อระดับโพแทสเซียมที่สูงโดยไม่แสดงอาการเสียหาย เนื่องจากการตรึง K^+ ในดิน จึงมีโอกาสน้อยที่พืชจะดูดโพแทสเซียมในความเข้มข้นที่เป็นพิษได้ แม้ว่าโพแทสเซียมที่มากเกินสามารถลดคุณภาพของผลผลิตได้ และเหนี่ยวนำให้เกิดการขาดแคลเซียมในพืชหลายชนิด

2.5 การสูญเสียโพแทสเซียมในดิน

โพแทสเซียมในดินมีทางที่จะสูญเสียไปจากดินได้ 5 ทางคือ

1) พืชดูดไปใช้ (crop removal) พืชดูดโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณที่สูงพอๆกับไนโตรเจน และประมาณ 3-4 เท่าของฟอสฟอรัสหากมีโพแทสเซียมในดินมาก พืชจะดูดโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณมากกว่าที่พืชจะต้องใช้จริงๆมีผู้คำนวณอย่างคร่าวๆว่าดินจะสูญเสียโพแทสเซียมในปีหนึ่งราว 12-16 กิโลกรัมต่อไร่

2) ถูกชะละลาย (leaching) การสูญเสียโพแทสเซียมโดยการชะละลายจะเห็นได้จากการวิเคราะห์น้ำที่ระบายลงสู่ดินชั้นล่างการสูญเสียโพแทสเซียมโดยวิธีนี้จะน้อยกว่าไนโตรเจนแต่จะมากกว่าฟอสฟอรัสบางครั้งปริมาณที่ถูกชะละลายอาจพอๆกับปริมาณที่พืชดูดเข้าไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่กับดินทรายจะถูกชะละลายมาก

3) การกร่อนของผิวดิน (erosion of surface soil) น้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดินเมื่อชะเอาอนุภาคของดินออกไปก็จะทำให้โพแทสเซียมที่อยู่ในดินสูญหายไปด้วย การสูญเสียโพแทสเซียมไปเนื่องจากการกร่อนผิวดินก่อให้เกิดปัญหาน้อยกว่าการสูญเสียไนโตรเจนโดยวิธีเดียวกัน ทั้งนี้ก็เพราะว่าการกระจายตามความลึกของธาตุอาหารทั้งสองต่างกัน โพแทสเซียมจะมีการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอที่ระดับความลึกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การตรึงโพแทสเซียม (potassium fixation) ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มเติมลงไปในดินบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชยากขึ้นซึ่งเรียกว่าถูกตรึง การตรึงส่วนใหญ่เกิดโดยแร่ดินเหนียวในดินการที่โพแทสเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้เปลี่ยนเป็นรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ยากมีผลดีในแง่ที่ว่า เป็นการอนุรักษ์โพแทสเซียมไว้แทนที่จะสูญเสียไปโดยการชะละลายหากอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โพแทสเซียมที่ถูกตรึงนี้จะกลายเป็นโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้หากโพแทสเซียมในรูปที่พืชใช้ได้ลดลงโดยพืชดูดไปหรือถูกน้ำชะละลายไป

5) ถูกพืชดึงดูดเข้าไปมากเกินความต้องต้องการ (luxury consumption) หากในดินมีระดับโพแทสเซียมสูง พืชจะดูดขึ้นไปสะสมในปริมาณที่เกินความต้องการ โดยที่ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตไป ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมมากเกินพอนี้ก็จะสูญหายไปด้วย เพราะฉะนั้นการใส่โพแทสเซียมลงไปในดินมากๆจึงเป็นการใช้ปุ๋ยที่ไม่มีประสิทธิภาพและไม่ถูกหลักเศรษฐกิจมีผู้ทดลองการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมกับอัลฟาลฟา (alfalfa) และพบว่าการใช้ปุ๋ยทีละน้อยแต่บอยครั้งจะให้ผลดีกว่าการใส่ครั้งละมากๆแต่ใส่น้อยครั้ง

2.6 รูปของโพแทสเซียมในดิน

ธวัชชัย (2551) ได้กล่าวไว้ว่า โพแทสเซียมในดินมีความสำคัญโดยเฉพาะในแง่ที่เกี่ยวข้องกับการเป็นธาตุอาหารพืชนั้น ปริมาณเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในสภาพต่างๆ และพอแบ่งได้เป็น 3 รูปใหญ่ๆคือ

1) รูปที่ละลายน้ำได้ (water soluble forms) เป็นโพแทสเซียมที่อยู่ในสภาพของไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวกละลายอยู่ในสารละลายดินซึ่งพืชจะใช้ประโยชน์ได้ทันทีโดยดูดกินไปใช้โดยทางราก เป็นรูปที่มีอยู่ในดินเป็นปริมาณน้อยที่สุด

2) รูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable forms) ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ในสภาพของไอออน (K^+) ที่ดูดยึดเอาไว้ที่ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดินโดยเฉพาะแร่ดินเหนียว

3) รูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (non-exchangeable forms) ได้แก่ รูปของโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่อยู่ในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยากมาก แบ่งออกเป็น 2 ชนิดย่อยๆคือ (1) โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ชนิดต่างๆในดินและ (2) โพแทสเซียมที่ถูกตรึงเอาไว้โดยอนุภาคดินเหนียว

2.7 การตรึงโพแทสเซียมในดิน

การตรึงโพแทสเซียมในดินเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนรูปของโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที หรือรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่า คือรูปของไอออนที่ละลายอยู่ในสารละลายดินและอนุภาคของไอออนที่ถูกดูดยึดไว้ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว ให้ไปอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้โดยตรง โพแทสเซียมส่วนที่ถูกตรึงอยู่นี้จะอยู่ในสภาพของไอออนที่ถูกยึดเอาไว้ด้วยแรงจำนวนมากระหว่างแร่ดินเหนียว 2 อนุภาค ส่วนการที่จะปลดปล่อยกลับคืนให้มาอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้เป็นจำนวนมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ดินเหนียวที่ตรึงโพแทสเซียมไอออนนี้เอาไว้ และขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของดิน กล่าวคือ ถ้าดินมีแร่ดินเหนียวหรือชนิดของดินเหนียวประเภท illite เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่มาก ก็จะทำให้การปลดปล่อยโพแทสเซียมกลับคืนมาได้ยากกว่า เพราะ illite จะสามารถตรึงโพแทสเซียมเอาไว้ได้แน่นหนากว่าแร่ดินเหนียวประเภทอื่น เช่น montmorillonite เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่จะส่งเสริมให้โพแทสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ถูกปลดปล่อยกลับมาให้พืชได้ใช้ใหม่อีกคือ ดินมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น หรือดินที่มีน้ำขังอยู่เป็นเวลานานๆ เช่นดินใช้ทำนา ดังนั้นจึงมักพบเสมอว่าดินนาซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นดินที่มีความเป็นกรดและเนื้อดินละเอียด มีดินเหนียวเป็นองค์ประกอบอยู่มาก จะมีธาตุโพแทสเซียมให้แก่พืชใช้เป็นปริมาณที่พอเพียงเสมอ (ธวัชชัย, 2551)

3. แหล่งที่มาและความสำคัญของแร่โพแทชเฟลด์สปาร์

เฟลด์สปาร์เป็นแร่ประกอบหินที่มีมากที่สุด พบได้ทั่วไปในหินอัคนี หินตะกอน แต่แร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจได้จากสายน้ำแร่ร้อน นอกจากนี้แล้วยังมีการผลิตเฟลด์สปาร์จากส่วนที่เป็นหินกราฟิกแกรนิต หินแกรนิตสีขาว หินแอไพลต์ และหินเฟลด์สปาร์เป็นแร่ที่สลายตัวได้ง่ายที่สุดแร่หนึ่ง สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำหรือกรดคาร์บอนิกได้ดี เมื่อสลายตัวแล้วจะกลายเป็นดินเหนียวต่อไป มีสูตรทางเคมีเป็น $X.AlSi_3O_8$ (เมื่อ X คือธาตุโพแทสเซียม โซเดียมและแคลเซียม) แร่นี้มีสีขาวทึบหรือสีขาวขุ่น มีความแข็งมาตรฐานเท่ากับ 6

โพแทสในดินทั้งหมดกำเนิดมาจากการแตกแยกและการผุสลายของโพแทสเฟลด์สปาร์และไมกา (วิจิตร, 2552) โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (KAlSi3O8) ได้แก่ แร่ ไมโครคลายน์ (microcline) และแร่ออร์โทเคลส(orthoclase) พบแร่ทั้งสองนี้มากในหินแกรนิติกเพกมาไทต์ หินแกรนิต หินไซอิไนต์ หินไรโอไลต์ และหินแทรไคต์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ในหินแกรนิต หินไซอิไนต์ หินไรโอไลต์ และหินแทรไคต์มักเกิดเป็นผลึกขนาดเล็กอยู่ร่วมกับแร่อื่นที่มีเหล็กเป็น มลทินปะปนอยู่ด้วยจึงไม่ค่อยมีคุณค่าเชิงพาณิชย์เนื่องจากทำการแยกออกจากแร่ อื่นที่เกิดร่วมด้วยให้สะอาดได้ยาก ส่วนแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่เกิดในหินแกรนิติกเพกมาไทต์มักเกิดเป็นผลึกขนาดใหญ่ มีปริมาณมากและมีแร่อื่น ๆ ที่มีเหล็กเป็นมลทินปะปนเกิดร่วมอยู่ด้วยน้อยมาก ทำให้สามารถแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ออกจากแร่อื่น ๆ ให้สะอาดได้ง่าย จึงมีการผลิตแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากหินแกรนิติกเพกมาไทต์อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังมีการผลิตแร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากหินกราฟิกแกรนิตซึ่งเป็น หินที่มีแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เกิดอยู่ร่วมกับแร่ควอร์ตซ์ โดยมีปริมาณแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่มีคุณค่าเชิงพาณิชย์อยู่มาก

1 การพัฒนาปุ๋ยโพแทช

สำหรับการผลิตปุ๋ยโพแทชจากน้ำเค็มเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2404 และเมื่อ พ.ศ. 2443 มีการพัฒนาปุ๋ยชนิดใหม่ เช่น ทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต ไนตริกฟอสเฟตและแอมโมเนียมฟอสเฟต ออกมาในขั้นศึกษาทดลอง โพแทสเซียมไนเตรตเป็นปุ๋ยเก่าแก่อีกชนิดหนึ่ง และเกษตรกรรู้จักใช้ก่อนโพแทสเซียมคลอไรด์ เดิมทีโพแทสเซียมไนเทรตที่ใช้กันนั้น เป็นผลพลอยได้จากการผลิตโซเดียมไนเทรตในประเทศชิลีและได้มีโรงงานผลิตปุ๋ยนี้โดยตรงใน พ.ศ. 2506

2 แหล่งที่มาของแร่โพแทชเฟลสปาร์ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีแหล่งแร่โพแทชที่คอนข้างใหญ่ในแอ่งโคราช (Khorat basin) และแอ่งสกลนคร (Sakhon Nakhon basin) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แร่สำคัญที่พบคือแร่คาร์นาลไลต์และซิลวิไนต์ ประมาณว่าในแอ่งโคราชที่อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิมีทรัพยากรสินแร่ (ore resource) ประมาณ 366 ล้านตัน K_2O ส่วนแหล่งโพแทชในแอ่งสกลนคร บริเวณจังหวัดอุดรธานีนั้น มีแร่ซิลวิไนต์เป็นหลัก พบทรัพยากรสินแร่ 250 ล้านตัน K_2O

3 การใช้แร่โพแทชเป็นปุ๋ย

ในปัจจุบันนี้ประมาณร้อยละ 95 ของเกลือโพแทชที่ผลิตทั่วโลกใช้เป็ยปุ๋ย อีกร้อยละ 5 ใช้ในการอุตสาหกรรมอื่นประมาณร้อยละ 92 ของปุ๋ยที่ใช้คือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เหลือเป็นปุ๋ยโพแทชชนิดอื่น ได้แก่โพแทสเซียมซัลเฟต (sulfate of potash,SOP) โพแทสเซียมไนเทรต และโพแทสเซียมฟอสเฟต (Lazo de la Vega, 2006)

4. จุลินทรีย์

จุลินทรีย์มีบทบาทที่สำคัญในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีการแพร่กระจายอยู่แทบทุกหนแห่งในโลก ทั้งที่อยู่บนบกและในน้ำ รวมทั้งสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่บีบคั้น (Extreme Conditions) โดยจุลินทรีย์มักมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันรวมถึงสัมพันธ์ต่อมนุษย์และสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันจะส่งผลต่อระบบนิเวศและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม (วีรานุช, 2551)

ดินเป็นแหล่งของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งจุลินทรีย์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีสารอินทรีย์ปริมาณสูงจะทำให้มีจำนวนของจุลินทรีย์สูงไปด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าจุลินทรีย์ในดินจะอยู่ในสภาพอดอยากและมีอัตราการสืบพันธุ์ที่ต่ำ การศึกษาโดยการวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาโดยจุลินทรีย์จนกระทั่งมีการเติมสารอาหารเข้าไปในดิน พวกจุลินทรีย์จะมีการเพิ่มจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างรวดเร็วจนกว่าสารอาหารจะหมดลง และหลังจากนั้นอัตราการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์จะลดลงเพราะเข้าสู่สภาพที่อดอยากเช่นเดิม (สุบัณฑิต, 2549)

จุลินทรีย์ในดินทำหน้าที่ย่อยสลายพวกซากพืชซากสัตว์ต่างๆและทำให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุและสารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารพอลิเมอร์ของพืช อย่างไรก็ตามพืชจะเป็นสมาชิกกลุ่มที่มีบทบาทต่อกระบวนการผลิตขั้นต้น (Primary productivity) สูงสุด

4.1 เชื้อรา (Fungi)

เชื้อราที่พบในดินมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีส แต่อย่างไรก็ตามการนับปริมาณของเชื้อราได้มากจากการใช้ plate count ซึ่งอาศัยการนับโคโลนีของเชื้อราที่มีความสามารถงอกบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นปริมาณที่นับได้จึงอาจะต่ำกว่าความเป็นจริง โดยทั่วๆไปเราสามารถพบเชื้อราเกือบทุกชนิดในดินและส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ในดิน เชื้อรานั้นอาจจะอาศัยแบบอิสระในดินหรือมีความสัมพันธ์กับรากพืช

เชื้อรามักพบบริเวณหน้าดินประมาณ 10 เซนติเมตร และพบได้น้อยมากในดินที่ลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร โดยเชื้อราจะพบมากในดินที่มีอากาศถ่ายเทและดินที่เป็นกรด เชื้อราเมื่ออยู่ในดินจะมีสภาพพัก (Dormancy) บางชนิดสามารถอยู่ในสภาพพักได้นานเป็นสิบๆปี เมื่อไม่มีสารอาหารที่เหมาะสมเชื้อเหล่านี้จะคงอยู่ในสภาพที่ไม่มีกิจกรรมการเจริญ

เชื้อรามีประมาณ 15,000 ชนิดที่จัดเป็นเชื้อราดินที่แท้จริง รวมไปถึง พวก basidiomycetes ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น พวกเห็ด และยังพบในการอาศัยอยู่ร่วมกับสาหร่ายสีเขียว เชื้อราจัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์ต่อพืชทั้งในแง่ที่เป็นประโยชน์และก่อโทษ บางชนิดสามารถอยู่ร่วมกับรากพืชโดยให้อาหารและป้องกันการเข้าทำลายของพวกก่อโรค ส่วนบางชนิดสามารถสร้างความเสียหายให้กับพืชได้ ตัวอย่างเช่น *Armillaria*. *Fusarium* หรือ *Rhizoctonia* (วีรานุช, 2551)

4.2 แบคทีเรีย (Bacteria)

สุบัณฑิต (2549) ได้ให้ความหมายของแบคทีเรียไว้ว่า แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่สุดและเป็นจุลินทรีย์ในดินที่มีมากที่สุดทั้งชนิดและจำนวน โดยแบคทีเรียในดินมักจะยึดเกาะกับอนุภาคของดิน เพราะในอนุภาคของดินจะมีประจุทั้งบวกและลบ ดังนั้นเซลล์แบคทีเรียที่มีประจุลบก็จะเกาะกับอนุภาคดินนั้นได้ นอกจากนั้นจำนวนของแบคทีเรียขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น จำนวนอินทรียสารในดินเพราะแบคทีเรียต้องใช้อินทรียสารเพื่อการเจริญ และในดินที่มีการเพาะปลูกพืชมักจะมีแบคทีเรียมากกว่าในดินที่ไม่มีการเพาะปลูก เพราะดินที่มีการเพาะปลูกจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับอินทรียสารต่างๆ ที่รากขับออกมามากมาย สารเหล่านี้แบคทีเรียนำไปใช้ในการเจริญและทวีจำนวนต่อไปได้

ดินในสวนทั่วๆไป 1 กรัมจะมีจำนวนแบคทีเรียประมาณล้านเซลล์ซึ่งประกอบด้วยมากกว่า 400 สกุล ละ 10,000 ชนิด โดยแบคทีเรียแกรมบวกจะพบในดินมากกว่าในน้ำจืดและน้ำทะเล ในขณะเดียวกันจำนวนของแบคทีเรียแกรมลบก็พบมากในดินด้วย แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของแบคทีเรียในดินที่มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนแบคทีเรียตามความเป็นจริงในดิน เนื่องจากแบคทีเรียบางกลุ่มเท่านั้นที่สามารถเจริญได้ (สุบัณฑิต, 2549)

4.3 แอคติโนมัยซีส (Actinomycetes)

แบคทีเรียกลุ่มแอคติโนมัยซีสเป็นแบคทีเรียแต่มักถูกแยกมาศึกษาออกจากแบคทีเรียทั่วไป เนื่องจากแอคติโนมัยซีสมีลักษณะพิเศษ คือ มีลักษณะโคโลนีค่อนข้างใหญ่และมีลักษณะผิวที่หยาบ รูปร่างแบบฟิลาเมนท์ที่ต่อเป็นเส้นยาว ซึ่งมีลักษณะคล้ายเชื้อรา แต่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าเชื้อรา (สุบัณฑิต, 2549)

สุบัณฑิต (2549)ได้กล่าวไว้ว่า แอคติโนมัยซีสจะพบในดินแระมาณ 10 – 33% ของแบคทีเรียในดิน กลุ่มที่พบมากที่สุดในดินคือ *Streptomyces* และ *Nocardia* แอคติโนมัยซีสจะมีกลิ่นเหม็นอับเนื่องจากแอคติโนมัยซีสเป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารที่เรียกว่า จีโอสมิน (Geosmin) ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอับ

5. การใช้จุลินทรีย์ร่วมกับแร่เฟลด์สปาร์

บทบาทสำคัญของจุลินทรีย์ดินต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องในกระบวนการ mobilization โดยการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติค กรดซิตริค กรดออกซาลิค เป็นต้น หรือกรดอินทรีย์ เช่น กรดคาร์บอนิค กรดไนตริค และกรดซัลฟูริค เป็นต้น ในการละลายแร่ และวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบจุลินทรีย์ที่สามารถปลดปล่อยกรดออกมาละลายแร่อะลูมิโนซิลิเกต เช่นแบคทีเรียกลุ่ม Bacillus และ Pseudomonas ราในกลุ่มของ Aspergillus, Mucor,Penicillium โดยอาจละลายได้จากแร่ในกลุ่มไมก้า เช่น biotite, muscovite ละลายจากแร่ในกลุ่มของเฟลด์สปาร์ เช่น microcline, nephelite, leucite, orthoclase เป็นต้น และมีรายงานพบว่าโพแทสเซียมจะถูกละลายออกมาจากรูปที่ตกตะกอนโดยการผลิตกรดอนินทรีย์และกรดอินทรีย์จากแบคทีเรียในกลุ่ม Thiobacillus, Clostridium และ Bacillus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผักบุ้งจีน

ชื่อสามัญ : Chinese Water Convolulus

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ipomoea aquatic* Forsk.

ชื่ออื่น : Water Spinach, Chinese Water Morning Glory

ถิ่นกำเนิด : ทวีปเอเชีย แถบเขตร้อน

อายุปลูก : ตั้งแต่หว่านจนถึงเก็บเกี่ยว 25-30 วัน

ขนาด : ต้นสูงประมาณ 30-4- เซนติเมตร

6.1 ลักษณะของผักบุ้งจีน

1) ราก ผักบุ้งจีนมีรากเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนงแตกออกทางด้านข้างของรากแก้ว และยังสามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้นได้ด้วย โดยมักจะเกิดตามข้อที่อยู่แถวๆ โคนเถา

2) ลำต้น ผักบุ้งจีนเป็นไม้ล้มลุก ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ระยะต่อไปจะเลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ ลำต้นมีสีเขียว มีข้อและปล้องข้างในกลวง ราก จะเกิดที่ข้อทุกข้อที่สัมผัสกับพื้นดินหรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตกออกมาทั้งตาใบและตาดอก โดยตาดอกจะอยู่ด้านใน ส่วนตาใบจะอยู่ด้านนอก

3) ใบ เป็นใบเดี่ยว มีขอบใบเรียบ มีสีเขียวเข้ม รูปใบคล้ายหอกโคนใบกว้างค่อย ๆ เรียวเล็กไปตอนปลาย ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความยาวประมาณ 3-15เซนติเมตร ก้านใบยาว 3-8 เซนติเมตร (เฉลิมวงศ์, 2550)

4) ดอกและช่อดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์ มีลักษณะเป็นช่อ มีดอกตรงกลาง 1 ดอก และดอกด้านข้างอีก 2 ดอก โดยดอกกลางจะเจริญก่อน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย ด้านนอกมีสีขาว ด้านในมีสีม่วง ในฤดูวันสั้น (วันละ 10-12 ชั่วโมง) จะออกดอกมีฝักและเมล็ด ในฤดูวันยาวจะเจริญเติบโตทางลำ ต้นและใบผักบุ้งจีนมีการผสมเกสรเป็นแบบผสมตัวเองและมีการผสมข้ามดอกบ้างเนื่องจากลมและแมลง ดอกผักบุ้งจีนจะเริ่มบานในเวลาเช้าละอองเกสรตัวผู้และยอดเกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมเวลา 10.00-15.00 น. ระยะเวลาหลังผสมจนผสมติดประมาณ 3-4 วัน และจากผสมติดจนเมล็ดแก่ประมาณ 40-50 วัน

5) ผล เป็นผลเดี่ยวรูปร่างค่อนข้างกลมมีขนาดใหญ่ที่สุดอายุประมาณ 30 วัน หลังดอกบานมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.42 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวภายนอกเหี่ยวย่น ขรุขระไม่แตก เมื่อแห้งสีของผลเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ใน 1 ผลมีเมล็ด 4-5 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เมล็ด มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน มีสีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดมีสี 3 ระดับ คือ สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลแก่ และสีน้ำตาลดำ มีขนาดเล็ก ความกว้างโดยเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร ผักบุ้งจีนเป็นพืชที่มีอัตราการพักตัวสูง โดยจะพักตัวในลักษณะของเมล็ดแข็ง (hard seed) หรือที่เรียกว่าเมล็ดหิน จากการศึกษาพบว่าเมล็ดสีเข้มกว่าจะมีเปอเนต์เมล็ดแข็งแรงสูงกว่า

6.2 ลักษณะการเจริญเติบโต

ผักบุ้งจีนใช้เวลาในการงอกเพียง 48 ชั่วโมงระยะแรกของการเจริญเติบโตจะให้ลำต้นตั้งตรง หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะมีใบเลี้ยงโผล่ออกมา 2 ใบ มีลักษณะปลายใบเป็นแฉก ไม่เหมือนกับใบจริงเมื่อต้นโตในระยะสองสัปดาห์แรก จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็ว การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนไปในทางทอดยอดและแตกกอสำหรับผักบุ้งจีนที่หว่านด้วยเมล็ด การแตกกอจะมีน้อยมาก การแตกกอเป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่อยู่บริเวณโคนต้นที่ติดกับราก มีตาอยู่รอบต้น 3-5 ตา เมื่อแตกแถวออกมาแล้วจะเจริญทอดยอดยาวออกไปเป็นลำต้น มีปล้องข้อและทุกข้อจะให้ดอกและใบ (เฉลิมวงศ์, 2550)

6.3 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อผักบุ้งจีน

เมืองทอง และสุรีรัตน์ (2532) ได้กล่าวถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกผักบุ้งจีนไว้ว่า ผักบุ้งจีนสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด แต่สามารถปลูกได้ดีในดินเหนียวและดินร่วนเหนียว และเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มี pH ใช่ช่วงเป็นกรดเล็กน้อยถึงกลาง ดินควรมีความชื้นสูงมาก มีแสงแดดเต็มที่ ผักบุ้งจีนชอบช่วงวันสั้นและมีอุณหภูมิสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เชื้อรา จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่

   Penicillium PK 02

   Aspergillus PK 01

   Emericella rugulosa

   Eurotium EU 07

2. แบคทีเรีย จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่

   Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas)

   Purple – bacteria

   Bacllius subtilis J-01

3. แอคติโนมัยซีส จำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่

   T2-10 (green)

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ

   4.1 เชื้อรา ได้แก่ PDA (Potato dextrose agar)

   4.2 เชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ PDPB (Potato Dextrose Peptone Broth)

   4.3 เชื้อแอคติโนมัยซิส ได้แก่ YSA (yeast starch agar medium)

5. จานเลี้ยงเชื้อ (Plate)
6. หม้อนึ่งความดัน
7. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)
8. ตู้เขี่ยเชื้อ และเข็มเขี่ยเชื้อ
9. ตะเกียงแอลกอฮอล์
10. หลอดขยายเชื้อ

สารเคมี

แอลกอฮอล์ 95 % และ 70%

แร่โพแทชเฟลด์สปาร์บด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และการทดสอบปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม

1. การเลี้ยงเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส

1.1 ทำการเลี้ยงเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส โดยการนำเชื้อทั้ง 8 สายพันธุ์ ได้แก่ เชื้อรา 4 สายพันธุ์ คือ *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Emericella rugulosa* และ *Eurotium* EU 07 โดยเลี้ยงบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) แบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ คือ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas),Purple – bacteria และ *Bacllius subtilis* J-01 โดยเลี้ยงบนอาหาร PDPB (Potato Dextrose Peptone Broth) และ Actinomycetes 1 สายพันธุ์ ได้แก่ T2-10 (green) โดยเลี้ยงบนอาหาร YSA (Yeast Starch Agar Medium)

1.2 นำเชื้อทั้ง 8 สายพันธุ์ที่เจริญเติบโตแล้วมาเตรียมทำการหมักปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม

2. การทดสอบความสามารถในการละลายแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ของเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซิส

2.1 การหมักปุ๋ยชีวภาพจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยนำเชื้อทั้งหมด 8 สายพันธุ์ที่ทำการเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อมาปั่นในเครื่องปั่นผลไม้และนำมาผสมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ (Potash felspar) ในอัตราส่วนแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ 250 กรัม ต่อ จุลินทรีย์ 3 plate ผสมให้เข้ากันแล้วให้ความชื้นโดยใช้น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

2.2 หมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน เมื่อครบ 60 วัน นำไปวิเคราะห์หา exchangeable K โดยการชั่งดิน 2.5 กรัม สกัดดินด้วย NH_4OAc ลงไป 25 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้น นำสารละลายที่ได้ไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3 การวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานดินก่อนการปลูก

3.1 วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในดินและปุ๋ยชีวภาพ

ชั่งดิน 2.5 กรัม ลงไปในErlenmeyer flask 125 mL ไปเปตสารละลาย 1 N NH_4OAc pH 25 mL จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (INNOVA 23000) ติดต่อกันนาน 30 นาที (180 รอบต่อนาที) เมื่อเขย่าเสร็จให้กรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายที่ได้ (aliquot) ไว้เพื่อวิเคราะห์ต่อไปนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ K^+ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Model Hitachi Z8200)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียม Standard solution K, Na, Ca, Mg, P สำหรับการวิเคราะห์ดิน

การเตรียม Standard solution K ที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppmจาก stock standard solution 100 ppm โดยการดูด stock standard มา 1, 2, 3, 4, และ 5 mL ใส่ลงในแต่ละ volumetric flask ขนาด 50 mL แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรครบ 50 mL

4. การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมต่อผลผลิตของผักบุ้งจีน

ทำการทดสอบปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมกับผักบุ้งจีน โดยการนำปุ๋ยที่ได้จากการหมักเป็นเวลา 60 วัน นำมาใช้ในอัตรา 250 kg-K/ไร่ ซึ่งจะทำการทดลอง แบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 9 ตำรับ รวม 36 กระถาง โดยมีตำรับการทดลองดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย โพแทสเซียม

ตำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก *Penicillium* PK 02

ตำรับการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก *Aspergillus* PK 01

ตำรับการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก *Emericella rugulosa*

ตำรับการทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก *Eurotium* EU 07

ตำรับการทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก *Rhodopseudomonas*

ตำรับการทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก Purple – bacteria

ตำรับการทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก *B.subtilis* J-01

ตำรับการทดลองที่ 9 ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ได้จากการหมัก Actinomycetes T2-10 (green)

3.2.1 การเตรียมดินและเมล็ดพันธุ์

ทำการเตรียมดินโดยการวัด pH และ K ในดินก่อนปลูกจากนั้นนำดินมาใส่ในถาดหลุมสำหรับเพาะกล้า นำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน แช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนการเพาะเมล็ด

3.2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

นำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเพาะลงในถาดหลุมเป็นเวลา 15 วัน ทำการรดน้ำเช้า-เย็นอย่างสม่ำเสมอ เมื่อครบกำหนด ทำการย้ายกล้าลงในกระถางขนาด 12 นิ้วที่มีดินเตรียมอยู่ โดยทุกตำรับการทดลองทำการกำจัดโรคพืชโดยใช้คีโตเมียม (Chaetomium) ทำการป้องกันแมลงศัตรูพืชโดยใช้เมตาไรเซียม (Metarhizium) และแต่ละตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยชีวภาพในอัตรา 250 kg-K/ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ได้แก่ อายุ 3 วัน 10 วัน และ 17 วัน หลังจากทำการปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 การเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การเก็บข้อมูลผลผลิต

ทำการวัดความสูงของผักบุ้งจีนจากโคนต้นจนถึงยอดโดยทำการสุ่มเก็บผักบุ้งจีนเป็นจำนวน 2 ต้น จากนั้นนำมาเฉลี่ยค่าความสูงของผักบุ้งจีน และชั่งน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนโดยสุ่มเก็บผักบุ้งจีนเป็นจำนวน 2 ต้นจากกระถางแต่ละตำรับการทดลอง

5.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างตำรับการทดลองทั้งความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้งจีน

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of Varlance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (DMRT)ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM Statistical Package for the Social Sciences(SPSS) Statistics Version 20.0 รันบนระบบปฏิบัติการ Windows 7 Home Premium 64 bit

3. สถานที่ทำการทดลอง

ตึก Biocontrol Reseach Unit of Plant Pest Management คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ระยะเวลาของการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 ถึงเดือนมีนาคม 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. การเลี้ยงเชื้อและการเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ได้รับความอนุเคราะห์จากรองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง โดยทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 8 สายพันธุ์ แบ่งเป็นเชื้อรา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Emericella rugulosa* และ *Eurotium* EU 07 ที่ได้ทำการเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) และแบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas),Purple – bacteria และ *Bacllius subtilis* J-01 โดยเลี้ยงบนอาหาร PDPB (Potato Dextrose Peptone Broth) รวมถึง Actinomycetes อีก 1 สายพันธุ์ ได้แก่ T2-10 (green) ซึ่งได้เลี้ยงเชื้อไว้บนอาหาร YSA (Yeast Starch Agar Medium) ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 8 ชนิด

ผลจากการเลี้ยงเชื้อดังกล่าว ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตเต็มที่ของเชื้อจุลินทรีย์ประมาณ 10 วัน ซึ่งการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์นั้นได้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ขึ้นในจานเลี้ยงเชื้อ (Plate) ในบางเพลท ทำให้จานเลี้ยงเชื้อที่มีการปนเปื้อนไม่สามารถนำไปใช้ในการหมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ได้ จึงต้องมีการคัดเลือกเชื้อที่เจริญเติบโตเต็มที่และไม่มีการปนเปื้อนมาใช้ในการหมักต่อไป

2. ผลการทดสอบความสามารถในการละลายแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ของจุลินทรีย์

2.1. แร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่อบฆ่าเชื้อ

ผลการทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อของจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์ คือ เชื้อรา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Emericella rugulosa* และ *Eurotium* EU 07 แบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas) ,Purple – bacteria และ *Bacllius subtilis* J-01 และ Actinomycetes 1 สายพันธุ์ ได้แก่ T2-10 (green) โดยการหมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อเป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อนำแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์และผ่านการฆ่าเชื้อ มาทำการวัดค่าโพแทสเซียมและวิเคราะห์ค่าดังกล่าวแล้ว พบว่า จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมได้มากที่สุด ได้แก่ Purple – bacteria ซึ่งมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available-K) เท่ากับ 1.95 ppm K และจุลินทรีย์ที่มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์รองลงมาได้แก่ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas), *Eurotium* EU 07 และ *Bacllius subtilis* J-01 โดยมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์คือ 1.82, 1.79 และ 1.78 ppm K ตามลำดับ ส่วนจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมต่ำสุดคือ *Penicillium* PK 02 มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.61 ppm K โดยแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้ทำการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ (Control) มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.52 ppm K (ตารางที่ 1)

ในการศึกษาและทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ ร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อของจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์ จะเห็นได้ว่า ปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่มีการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ มีค่ามากกว่าแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้หมักร่วมกับจุลินทรีย์ในทุกตำรับการทดลอง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ความสามารถของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในการละลายโพแทสเซียมได้มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการศึกษาจะเห็นว่าจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียจะมีประสิทธิภาพการย่อยสลายแร่โฟแทชเฟลด์สปาร์ได้ดีกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นอย่างชัดเจน และเชื้อราบางตัว เช่น *Eurotium* EU 07 ก็มีประสิทธิภาพที่จะศึกษาและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available-K) ที่ได้จากการหมักแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์

ประเภทจุลินทรีย์	ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ppm K)
Penicillium PK 02	1.61 de
Aspergillus PK 01	1.71 cd
Emericella rugulosa	1.66 d
Eurotium EU 07	1.79 bc
Red-Orange bacteria	1.82 b
Purple – bacteria	1.95 a
Bacllius subtilis J-01	1.78 bc
Actinomycetes T2-10 (green)	1.62 d
control	1.52 e
F- test	*

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. แร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่อบฆ่าเชื้อ

จากการทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ โดยหมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ โดยใช้จุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์ คือ เชื้อรา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Emericella rugulosa* และ *Eurotium* EU 07 แบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas),Purple – bacteria และ *Bacllius subtilis* J-01 และ Actinomycetes 1 สายพันธุ์ ได้แก่ T2-10 (green) เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อทำการทดลองและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์พบว่า เชื้อ *Bacllius subtilis* J-01 ที่หมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดเท่ากับ 1.87 ppm K ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์รองลงมาได้แก่ เชื้อ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas), Purple – bacteria และ *Penicillium* PK 02 ซึ่งมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.86,1.82 และ 1.79 ppm K ตามลำดับ และจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพการละลายโพแทสเซียมต่ำสุดคือ *Emericella rugulosa* มีค่า 1.64 ppm K ส่วนแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ได้ทำการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ (Control) มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.55 ppm K (ตารางที่ 2)

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ที่หมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ พบว่าจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียมีศักยภาพในการช่วยให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available-K) ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ซึ่งผลเป็นไปทำนองเดียวกับการหมักโดยอบฆ่าเชื้อก่อน แต่จะเห็นว่ากรณีของแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อก่อนหมัก จุลินทรีย์กลุ่มเชื้อราจะช่วยในการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้มาก และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใช้จุลินทรีย์หมักร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ พบว่าเกือบทุกตำรับการทดลองที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์จะมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available-K) ที่ได้จากการหมักแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์

ประเภทจุลินทรีย์	ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ppm K)
Penicillium PK 02	1.79 a
Aspergillus PK 01	1.77 a
Emericella rugulosa	1.64 bc
Eurotium EU 07	1.74 ab
Red-Orange bacteria	1.86 a
Purple – bacteria	1.82 a
Bacllius subtilis J-01	1.87 a
Actinomycetes T2-10 (green)	1.77 a
control	1.55 c
F- test	*

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเปรียบเทียบวิธีการอบฆ่าเชื้อและไม่อบฆ่าเชื้อ

จากการศึกษาและทำการทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ร่วมกับแร่โพแทซเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยได้ทำการเปรียบเทียบจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์ ระหว่างเชื้อรา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Emericella rugulosa และ Eurotium* EU 07 แบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Red-Orange bacteria (Rhodopseudomonas),Purple – bacteria และ *Bacllius subtilis* J-01 และ Actinomycetes 1 สายพันธุ์ ได้แก่ T2-10 (green) เป็นระยะเวลา 60 วัน

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงผลจากการเปรียบเทียบจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์จากการหมักร่วมกับโพแทซเฟลด์สปาร์ที่อบฆ่าเชื้อและไม่อบฆ่าเชื้อ พบว่าประสิทธิภาพการช่วยย่อยสลายแร่โพแทซเฟลด์สปาร์เพื่อปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์จะแตกต่างกันไป จุลินทรีย์บางชนิดมีประสิทธิภาพสูงเมื่อหมักร่วมกับแร่ที่อบฆ่าเชื้อ เช่น Purple – bacteria (1.95 ppm K) ขณะที่แร่ที่ไม่อบฆ่าเชื้อ (1.82 ppm K) จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่จุลินทรีย์พวก *Penicillium* PK 02 และ Actinomycetes T2-10 การไม่อบฆ่าเชื้อจะช่วยปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้มากกว่า และแตกต่างจากตำรับที่มีการอบฆ่าเชื้อก่อนการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Bacllius subtilis* J-01, Red-Orange bacteria, *Eurotium* EU 07, *Aspergillus* PK 01 และ *Emericella rugulosa* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการหมักร่วมกับแร่โพแทซเฟลด์สปาร์ที่อบหรือไม่อบฆ่าเชื้อ (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3. แสดงค่าเปรียบเทียบโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ระหว่างแร่โพแทซเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการฆ่าเชื้อและแร่โพแทซเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์เป็นเวลา 60 วัน

ตำรับการทดลอง (Treatment)	ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ppm K)
Penicillium PK 02 + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.61 ghi
Penicillium PK 02 +แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.79 bcd
Aspergillus PK 01+ แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.70 defg
Aspergillus PK 01+ แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.77 bcde
Emericella rugulosa + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.66 efgh
Emericella rugulosa + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.64 fgh
Eurotium EU 07+ แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.79 bcd
Eurotium EU 07+ แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.74 cdef
Red-Orange bacteria + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.82 bcd
Red-Orange bacteria + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.86 abc
Purple – bacteria + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.95 a
Purple – bacteria + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.82 bcd
Bacllius subtilis J-01 + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.78 bcde
Bacllius subtilis J-01 + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.87 ab
Actinomycetes T2-10 + แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ	1.62 ghi
Actinomycetes T2-10 +แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ	1.77 bcde
แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ฆ่าเชื้อ (control 1)	1.52 i
แร่โพแทซเฟลด์สปาร์ไม่ฆ่าเชื้อ (control 2)	1.55 hi
F- test	*

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมต่อผลผลิตของผักบุ้งจีน

3.1 ความสูงของผักบุ้งจีนที่ใช้ในการทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์ ร่วมกับแร่โพแทซเฟลด์สปาร์บดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพในอัตรา 250 kg-K/ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ได้แก่ อายุ 3 วัน 10 วัน และ 17 วัน หลังจากทำการปลูก จากนั้นได้นำผลผลิตที่ได้มาทำการวัดส่วนสูง เมื่อทำการปลูกผักบุ้งจีนเป็นระยะเวลา 30 วัน

ผลจากการศึกษาพบว่า ตำรับการทดลองที่ทำการปลูกผักบุ้งจีนและใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ทำการหมักจาก Actinomycetes T2-10 ผักบุ้งจีนมีความสูง 41.04 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าความสูงเฉลี่ยที่มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ตำรับการทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่หมักจาก *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, *Bacllius subtilis* J-01 และ Purple – bacteria ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 41.00, 40.46, 39.96 และ 39.84 เซนติเมตร ตามลำดับ และตำรับการทดลองที่ทำการปลูกผักบุ้งจีนและมีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ ตำรับการทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่หมักจาก *Eurotium* EU 07 ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 36.49 เซนติเมตร ส่วนในตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม (Control) มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 37.14 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติแล้วแสดงให้เห็นว่า ความสูงของผักบุ้งจีนแต่ละตำรับการทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 4)

ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ผักบุ้งจีนได้รับจากทุกตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม มีปริมาณพอเพียงแก่ความต้องการของผักบุ้งจีน จึงไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันอย่ามีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อพิจารณาแต่ละตำรับการทดลองในตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4. แสดงค่าเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของต้นผักบุ้งจีนระหว่างผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน

ตำรับการทดลอง (Treatment)	ความสูงเฉลี่ย (cm)
ผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	37.14 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Penicillium* PK 02	41.00 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Aspergillus* PK 01	40.46 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Emericella rugulosa*	37.54 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Eurotium* EU 07	36.49 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Red-Orange bacteria	37.96 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Purple – bacteria	39.84 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Bacllius subtilis* J-01	39.96 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Actinomycetes T2-10	41.06 a
F- test	*

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเพื่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมโดยการหมักแร่โพแทซเฟลด์สปาร์บดร่วมกับจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์ และไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ ในการทดสอบซึ่งทำการปลูกผักบุ้งจีนเป็นเวลา 30 วัน จากนั้นได้นำผลผลิตที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนักสด

จากตารางที่ 5 ซึ่งแสดงค่าเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของต้นผักบุ้งจีนระหว่างผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน แสดงให้เห็นว่า ตำรับการทดลองที่ทำการปลูกผักบุ้งจีนและใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ทำการหมักจาก Actinomycetes T2-10 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 31.70 กรัม รองลงมาได้แก่ ตำรับการทดลองที่ทำการปลูกผักบุ้งจีนและทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่หมักจาก *Penicillium* PK 02, *Aspergillus* PK 01, Red-Orange bacteria และ Purple – bacteria ซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 30.33, 24.25, 23.65 และ 22.54 กรัม ตามลำดับ และตำรับการทดลองที่ทำการปลูกผักบุ้งจีนที่มีน้ำหนักสดเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ ตำรับการทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมและหมักจาก *Emericella rugulosa* ซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 20.59 กรัม ส่วนในตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม (Control) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยอยู่ที่ 18.18 กรัม และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนในแต่ละตำรับการทดลองที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์นั้นไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ (Control) พบว่าทุกตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ใช้เป็นพืชทดสอบมีแนวโน้มสอดคล้องกับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้จากปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม และจะไม่ส่งผลให้เห็นความแตกต่างทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง ยกเว้นตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมอาจเนื่องมาจากปริมาณโพแทสเซียมในทุกตำรับการทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม มีความเพียงพอต่อความต้องการของผักบุ้งจีน ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่ช่วยทำให้ความเป็นประโยชน์ของแร่โพแทซเฟลด์สปาร์มีมากขึ้นอย่างชัดเจน

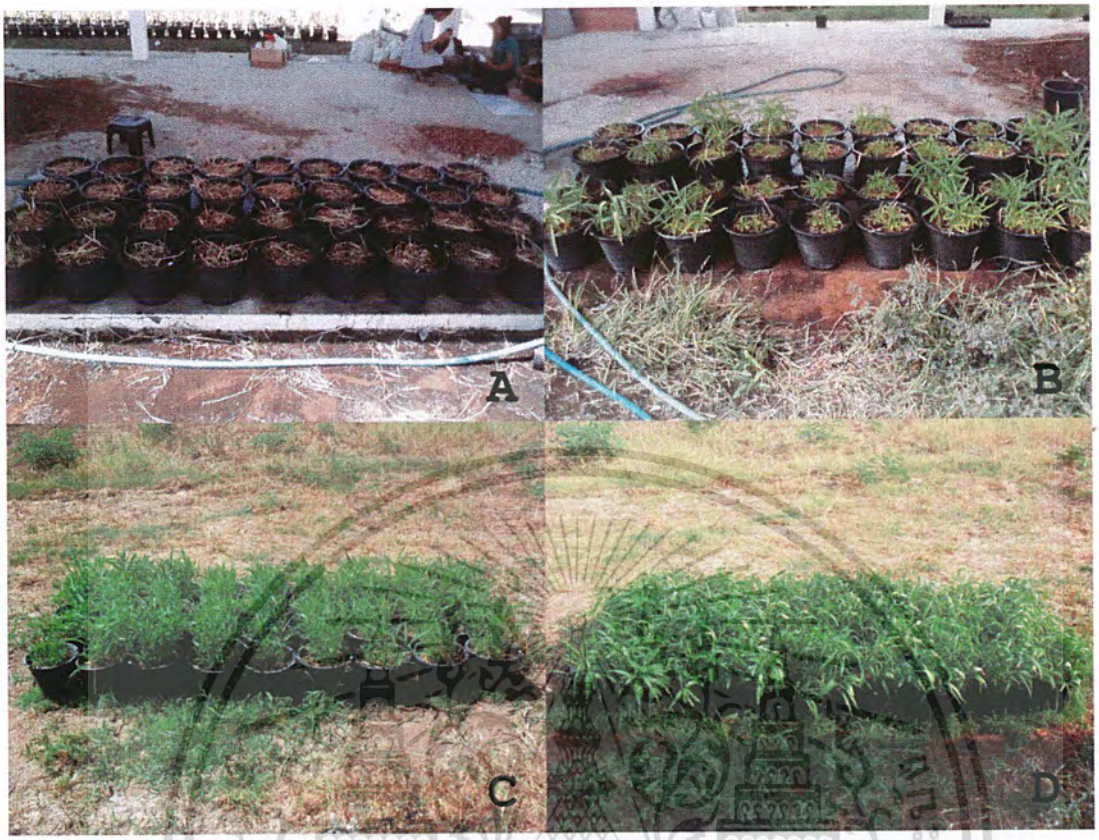
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5. แสดงค่าเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของต้นผักบุ้งจีนระหว่างผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการหมักด้วยจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน

ตำรับการทดลอง (Treatment)	น้ำหนักเฉลี่ย (gm)
ผักบุ้งจีนที่ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	18.81 b
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Penicillium* PK 02	30.33 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Aspergillus* PK 01	24.25 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Emericella rugulosa*	20.59 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Eurotium* EU 07	21.14 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Red-Orange bacteria	23.65 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Purple – bacteria	22.54 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Bacllius subtilis* J-01	20.97 a
ผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Actinomycetes T2-10	31.70 a
F- test	*

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1. แสดงผักบุ้งจีนที่ปลูกเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม

A. ผักบุ้งจีน อายุ 3 วัน
B. ผักบุ้งจีน อายุ 10 วัน
C. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน
D. ผักบุ้งจีนอายุ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ย (Control)

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

ภาพที่ 3. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Penicillium* PK 02

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Aspergillus* PK 01

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

ภาพที่ 5. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Emericella rugulosa*

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

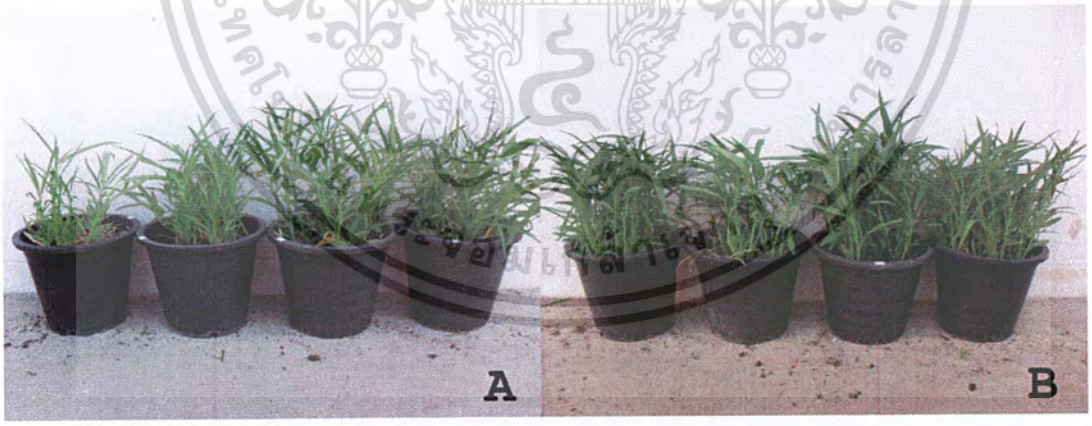
B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Eurotium* EU 07

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

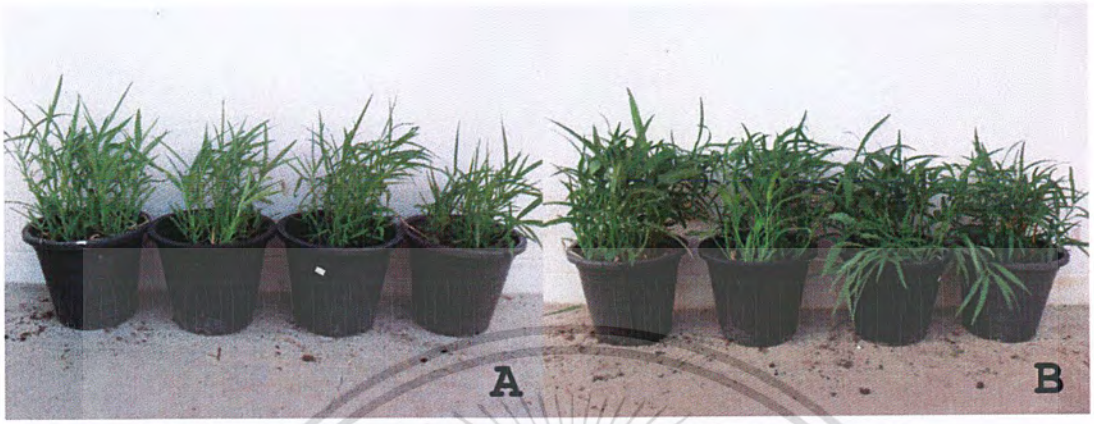


ภาพที่ 7. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับRed-Orange bacteria

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Purple – bacteria

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

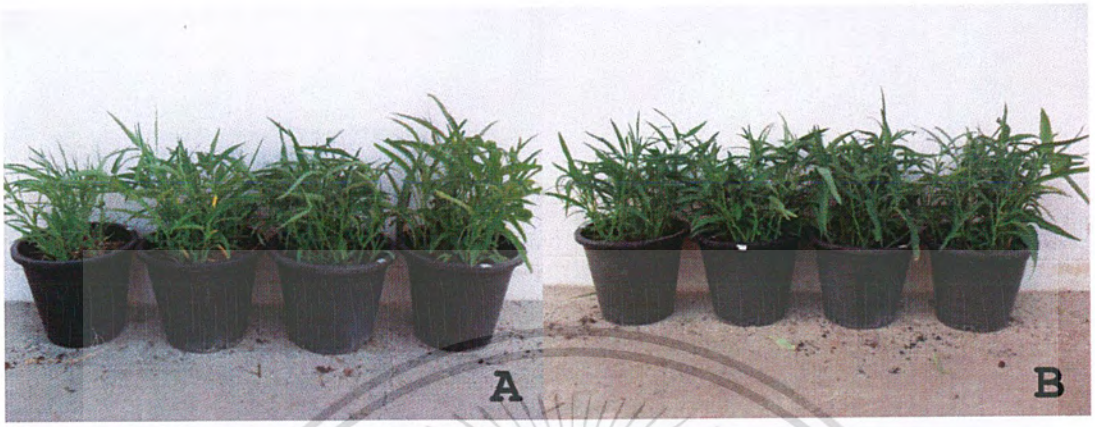
B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

ภาพที่ 9. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Bacllius subtilis* J-01

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10. แสดงการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ Actinomycetes T2-10

A. ผักบุ้งจีน อายุ 20 วัน

B. ผักบุ้งจีน อายุ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าในตำรับการทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อ มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดอยู่ในตำรับการทดลองที่มีการหมักร่วมกับ Purple – bacteria ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.95 ppm K และตำรับที่มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุดได้แก่ *Penicillium* PK 02 โดยมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.61 ppm K ส่วนตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่จุลินทรีย์ (Control) มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.52 ppm K ขณะที่ตำรับการทดลองที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อพบว่าตำรับที่หมักร่วมกับ *Bacllius subtilis* J-01 มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดคือ 1.87 ppm K และตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่จุลินทรีย์ (Control) มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.55 ppm K ส่วนตำรับที่มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุดได้แก่ *Emericella rugulosa* ซึ่งมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.64 ppm K และผลการวิเคราะห์ทางสถิติทำให้ทราบว่าความสามารถในการละลายโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ ร่วมกับแร่โพแทชเฟลด์สปาร์บดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งผลจากการทดสอบความสามารถในการละลายโพแทสเซียมของจุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้สรุปได้ว่า เมื่อใส่จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ลงไปร่วมกับแร่ดังกล่าวและทำการหมักไว้เป็นเวลา 60 วัน จะมีผลทำให้ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นในแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุโพแทสเซียมให้แก่พืชทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี

การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม ที่ได้จากการหมักแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อร่วมกับจุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์ โดยทำการทดสอบกับผักบุ้งจีนนั้น ผลจากการทดสอบพบว่า ตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่ผ่านการหมักร่วมกับ Actinomycetes T2-10 ทำให้ผักบุ้งมีความสูงมากสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 41.06 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 31.70 กรัม ซึ่งเป็นความสูงและน้ำหนักสดเฉลี่ยที่มาที่สุดจากทุกตำรับการทดลอง ขณะที่ตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมมีความสูงเท่ากับ 37.14 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 18.81 กรัม ส่วนในตำรับการทดลองที่ใช้จุลินทรีย์ที่มีน้ำหนักสดเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ตำรับการทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับ *Emericella rugulosa* โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 20.59 และตำรับการทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพที่หมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่วมกับ *Eurotium* EU 07 นั้นมีความสูงน้อยที่สุด นั่นคือ 36.49 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ย อาจอธิบายได้ว่า ตัวแปรที่มีส่วนในการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนนั้นมีหลากหลาย ซึ่งปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมอาจเป็นตัวบ่งชี้ได้ไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ส่วนสูงและน้ำหนักเฉลี่ยของผักบุ้งจีนที่วิเคราะห์ได้ในทุกตำรับการทดลองที่ใช้จุลินทรีย์ทั้ง 8 สายพันธุ์นั้น ไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ (Control) พบว่าในส่วนของน้ำหนักสดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และผลโดยรวมของการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า ตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมสามารถให้ผลผลิต ทั้งความสูงและน้ำหนักที่มากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียม

จากผลการทดลอง แม้ว่าปุ๋ยชีวภาพโพแทสเซียมที่หมักร่วมกับ *Bacllius subtilis* J-01 จะมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากที่สุด แต่ตำรับการทดลองที่ให้ผลผลิตที่ความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมากที่สุด ได้แก่ ตำรับการทดลองที่หมักด้วย Actinomycetes T2-10 ซึ่งเป็นไปได้ว่า ปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณมากเพียงพอแก่ความต้องการของผักบุ้งจีน ดังจะเห็นจากการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกผักบุ้งเป็นพืชกินใบที่ต้องการไนโตรเจนสูง ปริมาณของโพแทสเซียมที่แตกต่างกันจึงไม่ส่งผลต่อความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2548). **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.** เอกสารวิชาการ กรมวิชาเกษตร ฉบับที่ 8/2548 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .ข้อมูลการเกษตรทั้งประเทศ พ.ศ. 2546.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2551. ทางออกวิกฤติปุ๋ยเคมี. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ.** 23(2): 45-49.

เฉลิมวงศ์ เจริญสุข. 2550. **ผักสวนครัว.** สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจเพชรกะรัต, กรุงเทพฯ

ธงชัย มาลา. 2546. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ:เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย เทพเปี่ยม. 2551. **การทดสอบจุลินทรีย์ในการย่อยสลายหินฟอสเฟตและแร่โพแทชเฟลด์สปาร์.**ปัญหาพิเศษปริญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 50 น.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์, ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เยี่ยมชัยภูมิ. 2548. **คุณค่าอาหารและการกินผัก 333 ชนิด.** สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ

ปฐพีชล วายุอัคคี. 2550. **ดินและปุ๋ย.** สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, กรุงเทพฯ

เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2532. **การดูแลผักสวนครัว.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์อะกรี บุ๊ค กรุ๊ป, กรุงเทพฯ

ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ. 2554. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วิจิตร วังใน. 2552. **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล.** สำนักพิมพ์ วี บี บุ๊คเซนเตอร์, กรุงเทพฯ

วีรานุช หลาง. 2551. **จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2527. **คู่มือประกอบการบรรยายความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุธรรม แย้มนิยม. 2521. ฟอสเฟต. รายงานการสัมมนาทางวิชาการเรื่องอุตสาหกรรมปุ๋ย การเกษตร, หน้า13-21. ใน **รายงานการสัมมนาทางวิชาการเรื่องปุ๋ยของประเทศไทย** โดยสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2549. **จุลชีววิทยาทางดิน**. สำนักพิมพ์ โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ

เอกสารการสอนชุดวิชา เกษตรทั่วไป 4. 2528. ดิน น้ำและปุ๋ย. หน่วยที่1-7. สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

Cooke, G.W. 1980. **Fertilizing for Maximum Yield**. Gramada Publishing Ltd., London.

Lazo de la Vega , J.R. 2006. Fertilizer material and products. In IFDC:International Workshop on NPK Production Alternative. Novem 6-10, 2006 Bangkok, Thailand

Lindsay, W.L. 1979. **Chemical Equilibria in Soils**. John Wiley & Sons, New York, USA.

Mortvedt J.J., L.S. Murphy and R.H. Follett.1999. **Fertilizer Technology and Application**. Meister Publishing Company, Ohio.

Subba Rao, N.S. 1986. **Biofertilizer in Agriculture**. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India. 186 p.

Szekely, T. Grose.1972. Stratigraphy of the carbonate, black Shale and phosphate of the Pucara group (upper Triassic-lower jurassic), Central Andes, Peru. Geol. Soc. Amer. Bull. 83: 407- 428 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ มีด้วยกัน 3 สูตร ดังต่อไปนี้

1.PDA (Potato dektrose agar)

Potato	200	กรัม
Dektrose	20	กรัม
Agar	17	กรัม
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

2.PDPB (Potato dektrose agar)

Potato	200	กรัม
Dektrose	20	กรัม
Peptone	20	กรัม
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

3.YSA (Modified yeast starch agar medium)

Yeast extract	2.0	กรัม
$CaCO_3$	2.0	กรัม
Starch soluble	10.0	กรัม
Agar	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1. แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

Source	df	SS	MS	F	F.05
Between Groups	8	0.546	0.068	15.672	0.000
Within Groups	27	0.118	0.004		
TOTAL	35	0.664			

ตารางภาคผนวกที่ 2. แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

Source	df	SS	MS	F	F.05
Between Groups	8	0.334	0.042	6.188	0.000
Within Groups	27	0.182	0.007		
TOTAL	35	0.516			

ตารางภาคผนวกที่ 3. แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

Source	df	SS	MS	F	F.05
Between Groups	17	0.906	0.053	9.607	0.000
Within Groups	54	0.300	0.006		
TOTAL	71	1.206			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4. แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของผักบุ้งจีน

Source	df	SS	MS	F	F.05
Between Groups	8	100.099	12.512	0.505	0.842
Within Groups	27	668.478	24.758		
TOTAL	35	768.576			

ตารางภาคผนวกที่ 5. แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักสดของผักบุ้งจีน

Source	df	SS	MS	F	F.05
Between Groups	8	628.001	78.500	1.043	0.430
Within Groups	27	2031.921	75.256		
TOTAL	35	2659.922			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6. แสดงค่าการวิเคราะห์ด่างที่แลกเปลี่ยนได้(K)ของ K-feldspar แบบฆ่าเชื้อ

รายละเอียด	Wt.soil	NH4OAc 1N pH7.0	Aliquot	Dilute	Conc K	ppm K	Ave.
Control (1)	2.50	25	1:10	10	5.81	1.486	
Control (2)	2.50	25	1:10	10	5.72	1.463	
Control (3)	2.50	25	1:10	10	6.27	1.604	
Control (4)	2.50	25	1:10	10	5.94	1.519	1.52
PK02 (1)	2.50	25	1:10	10	6.12	1.57	
PK02 (2)	2.50	25	1:10	10	6.65	1.70	
PK02 (3)	2.50	25	1:10	10	6.38	1.63	
PK02 (4)	2.50	25	1:10	10	6.01	1.54	1.61
PK01 (1)	2.50	25	1:10	10	6.60	1.69	
PK01 (2)	2.50	25	1:10	10	6.83	1.75	
PK01 (3)	2.50	25	1:10	10	6.52	1.67	
PK01 (4)	2.50	25	1:10	10	6.77	1.73	1.71
ER (1)	2.50	25	1:10	10	6.36	1.63	
ER (2)	2.50	25	1:10	10	6.81	1.74	
ER (3)	2.50	25	1:10	10	6.31	1.61	
ER (4)	2.50	25	1:10	10	6.48	1.66	1.66
EU (1)	2.50	25	1:10	10	7.09	1.81	
EU (2)	2.50	25	1:10	10	6.81	1.74	
EU (3)	2.50	25	1:10	10	6.92	1.77	
EU (4)	2.50	25	1:10	10	7.11	1.82	1.79
PURPLE (1)	2.50	25	1:10	10	7.66	1.96	
PURPLE (2)	2.50	25	1:10	10	7.70	1.97	
PURPLE (3)	2.50	25	1:10	10	7.53	1.93	
PURPLE (4)	2.50	25	1:10	10	7.59	1.94	1.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6. (ต่อ)

รายละเอียด	Wt.soil	NH4OAc 1N pH7.0	Aliquot	Dilute	Conc K	ppm K	Ave.
แบคส้ม (1)	2.50	25	1:10	10	6.94	1.77	
แบคส้ม (2)	2.50	25	1:10	10	7.21	1.84	
แบคส้ม (3)	2.50	25	1:10	10	7.08	1.81	
แบคส้ม (4)	2.50	25	1:10	10	7.31	1.87	1.82
B.Sub (1)	2.50	25	1:10	10	6.84	1.75	
B.Sub (2)	2.50	25	1:10	10	7.02	1.80	
B.Sub (3)	2.50	25	1:10	10	7.14	1.83	
B.Sub (4)	2.50	25	1:10	10	6.78	1.73	1.78
AC (1)	2.50	25	1:10	10	7.01	1.79	
AC (2)	2.50	25	1:10	10	5.71	1.46	
AC (3)	2.50	25	1:10	10	6.55	1.68	
AC (4)	2.50	25	1:10	10	6.14	1.57	1.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7. แสดงค่าการวิเคราะห์ด่างที่แลกเปลี่ยนได้(K)ของK-feldspar แบบไม่ฆ่าเชื้อ

รายละเอียด	Wt.soil	NH4OAc 1N pH7.0	Aliquot	Dilute	Conc K	ppm K	Ave.
Control (1)	2.50	25	1:10	10	5.97	1.527	
Control (2)	2.50	25	1:10	10	6.14	1.570	
Control (3)	2.50	25	1:10	10	6.32	1.616	
Control (4)	2.50	25	1:10	10	5.89	1.506	1.55
PK02 (1)	2.50	25	1:10	10	7.04	1.80	
PK02 (2)	2.50	25	1:10	10	6.82	1.74	
PK02 (3)	2.50	25	1:10	10	7.13	1.82	
PK02 (4)	2.50	25	1:10	10	6.96	1.78	1.79
PK01 (1)	2.50	25	1:10	10	7.30	1.87	
PK01 (2)	2.50	25	1:10	10	6.58	1.68	
PK01 (3)	2.50	25	1:10	10	6.44	1.65	
PK01 (4)	2.50	25	1:10	10	7.31	1.87	1.77
ER (1)	2.50	25	1:10	10	7.03	1.80	
ER (2)	2.50	25	1:10	10	5.86	1.50	
ER (3)	2.50	25	1:10	10	6.50	1.66	
ER (4)	2.50	25	1:10	10	6.21	1.59	1.64
EU (1)	2.50	25	1:10	10	6.71	1.72	
EU (2)	2.50	25	1:10	10	6.65	1.70	
EU (3)	2.50	25	1:10	10	6.89	1.76	
EU (4)	2.50	25	1:10	10	7.01	1.79	1.74
PURPLE (1)	2.50	25	1:10	10	6.81	1.74	
PURPLE (2)	2.50	25	1:10	10	7.47	1.91	
PURPLE (3)	2.50	25	1:10	10	7.61	1.95	
PURPLE (4)	2.50	25	1:10	10	6.52	1.67	1.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7. (ต่อ)

รายละเอียด	Wt.soil	NH4OAc 1N pH7.0	Aliquot	Dilute	ConcK	ppm K	Ave.
แบคส้ม (1)	2.50	25	1:10	10	7.45	1.91	
แบคส้ม (2)	2.50	25	1:10	10	7.25	1.85	
แบคส้ม (3)	2.50	25	1:10	10	7.14	1.83	
แบคส้ม (4)	2.50	25	1:10	10	7.25	1.85	1.86
B.Sub (1)	2.50	25	1:10	10	7.41	1.90	
B.Sub (2)	2.50	25	1:10	10	7.57	1.94	
B.Sub (3)	2.50	25	1:10	10	7.25	1.85	
B.Sub (4)	2.50	25	1:10	10	7.01	1.79	1.87
AC (1)	2.50	25	1:10	10	6.82	1.74	
AC (2)	2.50	25	1:10	10	7.05	1.80	
AC (3)	2.50	25	1:10	10	7.09	1.81	
AC (4)	2.50	25	1:10	10	6.74	1.72	1.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8. แสดงค่าส่วนสูงและน้ำหนักของผักบุ้งจีนที่ทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน

รายละเอียด	ส่วนสูง				น้ำหนักสด	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		ครั้งที่1	เฉลี่ย
Control (1)	36.3	32.5	34.4		13.88	
Control (2)	34.4	37.0	35.7		24.31	
Control (3)	35.9	32.2	34.1		15.26	
Control (4)	43.2	45.6	44.4	37.14	21.79	18.81
PK02 (1)	42.5	44.8	43.7		48.02	
PK02 (2)	42.0	42.5	42.3		22.38	
PK02 (3)	32.1	30.6	31.4		11.76	
PK02 (4)	44.2	49.3	46.8	41.00	39.14	30.33
PK01 (1)	43.1	41.0	42.1		26.34	
PK01 (2)	36.1	36.9	36.5		14.96	
PK01 (3)	38.5	39.7	39.1		22.57	
PK01 (4)	43.9	44.5	44.2	40.46	33.12	24.25
ER (1)	46.2	52.3	49.3		28.63	
ER (2)	30.5	36.4	33.5		14.87	
ER (3)	33.6	36.2	34.9		20.54	
ER (4)	33.2	31.9	32.6	37.54	18.32	20.59
EU (1)	45.5	38.0	41.8		21.65	
EU (2)	31.1	33.2	32.2		22.79	
EU (3)	38.4	34.9	36.7		20.24	
EU (4)	36.3	34.5	35.4	36.49	19.88	21.14
PURPLE (1)	41.6	42.8	42.2		28.36	
PURPLE (2)	35.5	37.8	36.7		25.41	
PURPLE (3)	41.2	37.5	39.4		21.87	
PURPLE (4)	32.3	35.0	33.7	37.96	18.95	23.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8. (ต่อ)

รายละเอียด	ส่วนสูง				น้ำหนักสด	
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย		ครั้งที่1	เฉลี่ย
แบคส้ม (1)	33.5	36.2	34.9		14.85	
แบคส้ม (2)	39.0	38.6	38.8		22.72	
แบคส้ม (3)	47.4	45.3	46.4		34.58	
แบคส้ม (4)	37.9	40.8	39.4	39.84	18.01	22.54
B.Sub (1)	40.9	35.1	38.0		18.59	
B.Sub (2)	39.8	37.7	38.8		19.87	
B.Sub (3)	40.2	42.8	41.5		19.64	
B.Sub (4)	41.4	41.8	41.6	39.96	25.78	20.97
AC (1)	35.2	32.1	33.7		16.54	
AC (2)	41.8	43.5	42.7		27.72	
AC (3)	44.4	41.9	43.2		49.68	
AC (4)	42.7	46.9	44.8	41.06	32.84	31.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้