15433

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้จากบริเวณเขตรากพืชบางชนิด

Isolating of Phosphate solubility Microorganism from Rhizosphere

T099710

โดย

นางสาวบุษยา อรรถพรพิทักษ์

เสนอ

ปพ.
ป677ก
2540

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99710
วัน,เดือน,ปี.....

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1841

ใบรับรองปัญหาพิเศษปัญหาพิเศษ
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้จากบริเวณเขตรากพืชบางชนิด

Isolating of Phosphate solubility Microorganism from Rhizosphere

โดย

นางสาวบุษยา อรรถพรพิทักษ์

.....

ผศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

ผศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 24 เดือน มี.ค. พ.ศ. 41

ปพ. 15433
ปก๗๗๓ 24 มิ.ย. 2541
2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	การแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้จากบริเวณเขตรากพืชบางชนิด
โดย	นางสาวบุษยา อรรถพรพิทักษ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์ (เกษตรศาสตร์)
ภาค	วิชาปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	..... (ผศ.ดร. สุมิตรา ภู่โรดม)

จากการศึกษาการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้จากบริเวณเขตอิทธิพลรากพืช 10 ชนิด คือ อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด กล้วย มะพร้าว ถั่วเหลือง สับปะรด ขนุน ทุเรียน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Ramdomized Design) จำนวน 4 ซ้ำ ผลการทดลองปรากฏว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในดินต่าง ๆ มีปริมาณที่แตกต่างกัน และพบว่า ดินจากรากอ้อยมีปริมาณแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตมากที่สุด รากขนุนน้อยที่สุดและไม่พบในรากทุเรียนและรากกล้วย ส่วนปริมาณเชื้อราที่ละลายฟอสเฟตได้มากที่สุดพบในรากข้าวโพดและ น้อยที่สุดในรากขนุน ส่วนผลการวัดประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟต โดยวัดบริเวณโซนใส (Clear Zone) พบว่าเชื้อราที่ใช้ทดสอบมีความสามารถในการละลายแคลเซียมฟอสเฟตได้สูงกว่าเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อ.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล , อ.สุมิตรา ภู่วโรดม, อ. นุกูล ถวิลถึงและ อ. กรรณ จินดาประเสริฐ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อข้าพเจ้าในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่บังเกิดเกล้าที่ได้สนับสนุน ให้กำลังใจลูกเสมอ และขอขอบคุณ พี่ นุจรี บุญแปลง และพี่หงส์ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พี่ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ที่ได้ให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

บุษยา อรรถพรพิทักษ์

มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
ผลการทดลอง	14
สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงแหล่งและปริมาณสำรองของสินแร่ฟอสเฟตที่สำรวจพบในประเทศไทย	5
ตารางที่ 2	แสดงจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ (เซล/กรัม) ในระยะต่าง ๆ จากผิวรากของกล้า lupin ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายที่ไม่ได้ใส่อะไร	8
ตารางที่ 3	ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟตและแหล่งสารประกอบฟอสเฟตและแหล่งของสารประกอบฟอสเฟต	10
ตารางที่ 4	แสดงค่าเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในดินกับแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้ (เซล/กรัม)	15
ตารางที่ 5	เปรียบเทียบราทั้งหมดในดินกับราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้ (เซล/กรัม)	16
ตารางที่ 6	เส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่เกิดโซนในของแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยละลายฟอสเฟต	18
ตารางที่ 7	เส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่เกิดโซนใสของรา ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยละลายฟอสเฟต	18

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1	แสดงผลการนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในดิน	29
ตารางภาคผนวกที่ 2	แสดงการวัดเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตเป็นเวลา 1 สัปดาห์	30
ตารางภาคผนวกที่ 3	แสดงการวัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตเป็นเวลา 1 สัปดาห์	33
ตารางภาคผนวกที่ 4	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในดินและแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต	36
ตารางภาคผนวกที่ 5	ปริมาณราทั้งหมดในดินต่าง ๆ (x 10^3) โปรปากูล/กรัม	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 6	แสดงค่าความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อรามีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้	38
ตารางภาคผนวกที่ 7	แสดงค่าความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อแบคทีเรียประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้	38
ตารางภาคผนวกที่ 8	แสดงค่าความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้	39
ตารางภาคผนวกที่ 9	แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างดินชุดต่าง ๆ	39
ตารางภาคผนวกที่ 10	แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณราทั้งหมดในดินตัวอย่างชุดต่าง ๆ	39
ตารางภาคผนวกที่ 11	แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต (OB1)	19
ภาพที่ 2	ตัวอย่างเชื้อราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต (RF3)	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มักประสบปัญหาบ่อย ๆ ในดิน คือ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่อยู่ในรูปเป็นประโยชน์ต่อพืชมีน้อย ส่วนใหญ่ฟอสฟอรัสในดินจะถูกตรึงโดยแร่ดินเหนียวและตกตะกอนกับเหล็ก อะลูมินั่ม แคลเซียม หรือแมกนีเซียม ทำให้เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อย (Stewart et al.,1980) ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชยังถูกทำให้ลดจำนวนลงไปอีกโดยขบวนการ biological immobilization และถึงแม้ว่าจะมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาจากหินและแร่ไปสู่สารละลายดิน เพื่อรักษาสมดุลย์ก็ตาม (Chien, 1977) และเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ ต้องใช้หินฟอสเฟตเป็นสินแร่เพียงชนิดเดียวที่นำมาผลิตปุ๋ยฟอสเฟตชนิดอื่น ๆ เช่น ซูเปอร์ฟอสเฟต ดับเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต หรือทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ฯลฯ (ภาวนา, ไม่ระบุปี พ.ศ. ที่พิมพ์) ประกอบกับประเทศไทยมีแหล่งหินฟอสเฟตที่มีราคาถูก ในปริมาณที่มากพอที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เป็นปุ๋ยหินฟอสเฟต (ธวัช, 2528) และคุณภาพของหินฟอสเฟต ยังมีคุณภาพสูงเท่าเทียมกับต่างประเทศด้วย พบว่าพืชเศรษฐกิจหลายชนิดสามารถใช้หินฟอสเฟตเป็นแหล่งฟอสฟอรัส แทนปุ๋ยฟอสเฟตชนิดอื่น ๆ ได้ จึงได้มีการนำหินฟอสเฟตมาบดแล้วนำมาใช้ประโยชน์โดยตรง แต่การใช้หินฟอสเฟตบดละเอียดใส่ลงไปในดินโดยตรงนั้นจะมีอัตราการละลายของฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ค่อนข้างช้าและมีปริมาณที่ต่ำมากไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (อรุณ, 2521) ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาถึงแนวที่จะนำหินฟอสเฟตมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยฟอสเฟตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการนำจุลินทรีย์พวกนี้สามารถย่อยละลายหินฟอสเฟตและอนินทรีย์ฟอสเฟตอื่น ๆ และปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาและทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เช่น Matineze และคณะ (1993) ได้ทดลองใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในข้าวฟ่าง แล้วพบว่า ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน และฟอสฟอรัสในพืชเพิ่มขึ้น, Tomar และคณะ (1996) พบว่า เมื่อใส่แบคทีเรียละลายฟอสเฟตในถั่วเขียว ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 2.23 เป็น 2.46 ตัน/เฮกตาร์ Bopaiah (1985) กล่าวว่าจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้จะพบบริเวณอาณาเขตอิทธิพลรากพืช โดยที่ดินแต่ละชนิดจะส่งเสริมการการเจริญเติบโตในระดับที่ไม่เหมือนกัน เช่น ข้าวไรน์ เมื่อปลูกในดินทรายจะเป็น 16 และ 15 สำหรับแบคทีเรียและรา ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ชนิดของดินมีผลต่อปริมาณของแบคทีเรียและรา พืชแต่ละชนิดจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างกัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการกำหนดปริมาณและกิจกรรมภายในบริเวณรากพืช (วิทยา, 2530)

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีสามารถละลายฟอสเฟตจากบริเวณรากพืชบางชนิด เช่น อ้อย ข้าว มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง ซึ่งพืชเหล่านี้เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ จึงนำมาทดสอบเพื่อหาจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจเหล่านี้ต่อไป โดยทำการเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการที่มี Freshly precipitated calciam phosphate เป็นตัวทดสอบ

วัตถุประสงค์

เพื่อแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้จากบริเวณเขตอิทธิพลของรากพืชบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1. บทบาทและความสำคัญของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสมีความสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืชเพราะเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของ phospholipids, sugar phosphate, nucleic acid nucleotides และ coenzyme บางชนิดมีบทบาทสำคัญใน energy metabolism ในเซลของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเป็นส่วนประกอบของ sugar phosphate โดยเฉพาะATP (adenosine triphosphate) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับ energy carrier ในพืช จึงทำให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง สร้างราก แตกแขนง และกิ่งก้าน ทำให้สร้างดอก และเมล็ด เมื่อขาดฟอสฟอรัสจะมีการเจริญเติบโตที่จำกัด ผิดปรกติ ต้นเล็กผอมแกร็น สำหรับไม้เถา อาจพบลำต้นบิดเป็นเกลียว เนื้อไม้แข็งเปราะง่าย ใบเล็กผิดปรกติ รากสั้น ไม่แตกแขนง ออกดอกช้ากว่าปรกติ ดอกอาจเล็ก และเปอร์เซ็นต์ของดอกที่ติดผลต่ำกว่าปรกติ ธัญพืชมีการแตกกอน้อย ผลผลิตต่ำ (ภาวนา, ไม่ระบุปีพ.ศ. ที่พิมพ์) แต่ในดินโดยทั่วไปมักจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ต่อพืชค่อนข้างจำกัด เนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบที่ละลายน้ำยาก นอกจากนี้ปริมารฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินยังมีค่าต่ำมาก คืออยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.08-0.22 เท่านั้น (สรสิทธ์, 2518) ซึ่งฟอสฟอรัสยังเป็นธาตุอาหารที่ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ จึงต้องมีการเติมปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ลงไปในดิน

2. แหล่งที่มาและความสำคัญของหินฟอสเฟต

หินฟอสเฟต (rock phosphate) หมายถึง หินที่มีแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญและมีธาตุอื่น ๆ ปนอยู่ด้วย ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่อะปาไทต์ (apatite) ลักษณะของหินฟอสเฟตส่วนมากมีเนื้อละเอียดแน่น ไม่เป็นผลึกหรือเป็นผลึกที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (crytocrystalline) ในการหาเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสมักจะวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์ของ P_2O_5 หรือเปอร์เซ็นต์ของไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) ซึ่งเรียกว่า B.P.L. (Bone Phosphate of lime) B.P.L. มีค่าเท่ากับ 0.458 % P_2O_5 (สมบูรณ์ , 2517; สุธรรม, 2521)

2.1 แหล่งกำเนิดและปริมาณสำรองของหินฟอสเฟตในประเทศไทย

หินฟอสเฟตมีลักษณะการเกิด 3 ลักษณะ คือ

ก. เกิดจากหินอัคนี (igneous rock) เรียกว่า igneous apatite

ข. เกิดจากการสะสมตัวในน้ำทะเล เรียกว่า marine phosphate

ค. เกิดจากการสะสมของมูลนกและมูลค้างคาว เรียกว่า guano phosphate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทยได้ทำการสำรวจหาแหล่งหินฟอสเฟตเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 จากการสำรวจที่ผ่านมา ยังไม่พบแหล่งหินฟอสเฟตประเภท marine phosphate เลย คงพบแต่ guano phosphate กระจัดกระจายเป็นแหล่งเล็ก ๆ ในบริเวณเทือกเขาหินปูน มีประมาณสำรองประมาณ 454 , 750 เมตริกตันเท่านั้น (ธวัช, 2528) ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 ส่วนการนำมาใช้ประโยชน์นั้น ได้เริ่มมีการขุดหินฟอสเฟตมาใช้ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2516 เป็นต้นมา ซึ่งไม่มากพอที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ได้ นอกจากขุดมาใช้ในโรงงานปุ๋ยขนาดเล็กหรือนำไปบดใช้เป็นปุ๋ยหินฟอสเฟตใส่โดยตรงให้กับพืช (สรสิทธิ์ , 2520)

2.2 คุณภาพของหินฟอสเฟต

หินฟอสเฟตที่สำรวจพบในประเทศไทย มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกันไปเป็นอย่างมากตามแหล่งที่พบ ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ใน (ตารางที่ 1) ซึ่งมีฟอสเฟตทั้งหมด (total phosphate) อยู่ในช่วง 10 ถึง 40%P_2O_5 ส่วนใหญ่มีฟอสเฟตประมาณ 30% P_2O_5 และมีฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (available phosphate) ประมาณ 6 % P_2O_5 (มะลิวัลย์ และ วิศิษฐ์ , 2518) ซึ่งเมื่อใส่หินฟอสเฟตบดละเอียดเป็นปุ๋ยลงไปในดิน อัตราการละลายของฟอสฟอรัสออกมาจากปุ๋ยหินฟอสเฟตนั้น ค่อนข้างช้า และมีปริมาณต่ำมาก ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (อรุณ, 2521) และเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยฟอสเฟตประเภทที่เป็นประโยชน์ง่าย เช่น double superphosphate เมื่อใส่ลงไปในดินในระยะแรก ๆ ปุ๋ยหินฟอสเฟตจะทำให้ผลผลิตน้อย แต่ในระยะหลังปุ๋ยหินฟอสเฟตจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าในปีแรกในพืชพวกถั่วลิสง และ Millet (Charoy, 1980) ข้าวโพด (น้อย และคณะ, 2524) และข้าวฟ่าง (มงคล และคณะ , 2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่1 แหล่งและปริมาณสำรองของสินแร่ฟอสเฟตที่สำรวจพบในประเทศไทย

อำเภอ/จังหวัด	ปริมาณแร่สำรอง	ปริมาณ total P_2O_5(%)
อ. เมือง จ. ร้อยเอ็ด[1]	205,000	10-20
อ.เมือง จ. กาญจนบุรี[4]	100,000	30-40
อ.ท่าม่วง จงกาญจนบุรี[1]	50,000	25-30
อ.แม่ทา จ.ลำพูน [1,3]	50,100	30-38
อ.ลี้ จงลำพูน [3]	7,500	35
อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์[1,2]	11,500	10-30
อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์[2]	10,000	10-35
อ.เมือง จ.ราชบุรี[2]	4,000	10-40
อ.วัดสิงห์ จ.สงขลา[1]	15,000	28-22
อ.รัตภูมิ จ.สงขลา[1]	900	15-30
จังหวัดอื่น ๆ รวมกัน	750	16-38
รวมปริมาณสำรองทั่วประเทศ	454,750	

ที่มา: 1 สุธรรม (2521) 2 อรัญ (1981)
3 ธวัชและอรัญ(1980) 4 ปกรณ์(1980)

2.3 ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต

การนำหินฟอสเฟตมาใช้เพื่อเป็นปุ๋ยโดยตรงให้แก่พืชนั้น ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตต่อพืช จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ ได้แก่

2.3.1 ธรรมชาติของหินฟอสเฟต

Chaudhary และ Mishra (1980) รายงานว่า หินฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในแหล่งต่าง ๆ กัน จะมีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาให้พืชได้ต่างกันไป อรุณและคณะ (2513) พบว่า หินฟอสเฟตที่เกิดจากหินอัคนีจะมีคุณภาพต่ำกว่าหินฟอสเฟตที่เกิดจากหินชั้น ส่วน Gomez และคณะ (1980) ได้สรุปว่าหินฟอสเฟตที่มีคาร์บอเนตสูงสุดจะมีคุณภาพดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ขนาดของอนุภาค (particle size) ของหินฟอสเฟตหินฟอสเฟ สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยให้แก่พืชชนิดต่าง ๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องนำมาผ่านขบวนการทางเคมีใด ๆ เพียงแต่นำหินฟอสเฟตมาผ่านการบดให้ละเอียดเป็นผง นำไปใส่โดยตรงในดินที่ปลูกพืช (Mawaha and Kanwar, 1981)

Gillbert (1955) รายงานว่า ความละเอียดของปุ๋ยหินฟอสเฟตควรมีขนาด 100 mesh ก็เพียงพอที่จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด หากบดให้ละเอียดมากกว่านี้ก็ไม่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Cooke (1980)

2.3.3 ชนิดของดิน

ดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่างกันจะมีผลทำให้การละลายของหินฟอสเฟตแตกต่างกัน (Chein และคณะ , 1980) การใช้หินฟอสเฟตในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง มีผลต่อความเจริญเติบโตของพืชไม่มากเท่ากับการใช้ดินที่มีปฏิกิริยาของดินเป็นกรด (Gachon, 1981) Rastogi และคณะ (1977) รายงานว่า ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตจากมิสซูรีจะขึ้นกับ pH ของดิน หินฟอสเฟตจะมีประสิทธิภาพดีในดินกรด แต่ในดินที่เป็นกลาง (pH 7.1) และในที่เป็นด่าง (pH 7.7) หินฟอสเฟตไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของพืชเพิ่มขึ้น อาจกล่าวได้ว่า ในสภาพที่เป็นกรดนั้น หินฟอสเฟตจะมีประสิทธิภาพดีทัดเทียมกับปุ๋ย normal phosphate และปุ๋ย superphosphate แต่ในดินที่เป็นกลาง หินฟอสเฟตจะมีประสิทธิภาพต่ำมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการใส่ปุ๋ย (Pichot และคณะ, 1992) แต่สำหรับดินที่เป็นกรดปานกลาง (pH 5.4) Yost และคณะ (1982) รายงานว่า หินฟอสเฟตจะใช้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่า normal phosphate และ superphosphate ในระยะแรก แต่หากไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นในปีต่อ ๆ ไป การใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟตจะให้ผลไม่ต่างกับ superphosphat

2.3.4 การใส่ปูน

โดยส่วนใหญ่การใส่ปูนแก่ดินจะทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นทำให้ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตลดลง Sadik และคณะ (1978) รายงานว่า การใส่แคลเซียมคาร์บอเนตลงไป ทำให้อิทธิพลของกรดฮิวมิคที่ช่วยให้หินฟอสเฟตละลายได้ดีนั้นหมดไป จึงทำให้ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตลดลงได้ Yost และคณะ (1982) ทดลองใช้หินฟอสเฟตจากหลายแห่งใส่ไปในดิน pH 4.3 ปรากฏว่า การใส่หินฟอสเฟตให้ผลไม่ต่างกับปุ๋ย superphosphate แต่เมื่อใส่ปูนปรับ pH ของดินเป็น 5.4 แล้ว ทำให้ความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตลดลงในระยะแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ชนิดของพืช

พืชต่างชนิดกันมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากหินฟอสเฟตแตกต่างกันไป พืชที่มีระยะการเจริญเติบโตยาว เช่น ไม้ผล ทุ่งหญ้า ใช้ประโยชน์จากหินฟอสเฟตได้ดีกว่า ทั้งนี้เพราะปุ๋ยฟอสเฟตมีผลตกค้างในดินนาน (Colling, 1955) Marwaha และคณะ (1981) รายงานว่า มันฝรั่งสามารถใช้ประโยชน์จากหินฟอสเฟตได้ดีกว่าถั่วและข้าวสาลี ตามลำดับ นอกจากนี้รากของพืชยังสามารถปลดปล่อย (root exudate) พวกกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ออกมาละลายหินฟอสเฟตให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ (Jayman และ Sinnathurai, 1975)

ในปัจจุบันมีการศึกษาถึงแนวทางที่จะนำหินฟอสเฟตมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยฟอสเฟตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำจุลินทรีย์บางประเภทมาใช้เพิ่มความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่มีทั้งบักเตรี เชื้อรา และแอคติโนมัยซีท ซึ่งบางประเทศในขณะนี้ได้นำเอาเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรแล้ว

3.การใช้จุลินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟต

จุลินทรีย์หลายชนิดมีส่วนช่วยทำให้หินฟอสเฟตเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ทั้งพวกที่ดำรงชีพอย่างอิสระและเชื้อไมโคไรซ่าที่อยู่ร่วมกับรากพืช (Scofield และคณะ, 1981) กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินก่อให้เกิดกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตในการปลดปล่อยฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ออกมาให้กับพืช (Alexander, 1977) Khan และ Bhatnagar (1977) ; Bopaiah (1985) พบว่าจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตได้จะมีปริมาณในบริเวณเขตอิทธิพลรากพืช (rhizosphere)

3.1 อาณาบริเวณรากพืช (rhizosphere)

อาณาบริเวณรากพืช หรือ rhizosphere หมายถึง "บริเวณแคบ ๆ ของดินที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของรากพืชที่มีชีวิตอยู่ โดยจะดูได้จากสารต่าง ๆ ที่รากพืชขับออกมา และมีผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ "

ประชากรของจุลินทรีย์อยู่ในบริเวณพืชเป็นจำนวนมาก ก็เนื่องมาจากบรรดาสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่รากพืชขับออกมาสู่ดิน ซึ่งกลายเป็นอาหารและพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในอาณาบริเวณรากพืช

จุลินทรีย์ในอาณาบริเวณรากพืช ที่พบ จะมีบริเวณเท่าใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ชนิดของพืช

พืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ซึ่งจะมีอิทธิพลในการกำหนดประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในอาณาบริเวณรากพืช Rouatt and Katznelson (1961) รายงานว่าพืชข้ามฤดูจะมีระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในอาณาบริเวณรากมากกว่าพืชล้มลุก

2. อายุของพืช

ช่วงการเจริญเติบโตของพืชจะมีอิทธิพลต่อระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในอาณาบริเวณรากพืชที่อายุมากขึ้น R/S ratio มากขึ้นตามไปด้วย เพราะเหตุว่า พืชที่มีอายุมากจะปลดปล่อยสารต่าง ๆ ออกมาเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ได้มากกว่าพืชอ่อน Joffe (1969) รายงานว่า ประชากรของจุลินทรีย์ในอาณาบริเวณรากถั่วลิสง ในระยะพืชออกดอกจะมีอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ต่อมาระดับประชากรจะลดลง แล้วจึงจะเพิ่มอีกครั้ง เมื่อพืชเริ่มแก่

3. ระยะห่างจากผิวของราก

ประชากรและระดับกิจกรรมของจุลินทรีย์ จะมีมากในบริเวณที่ติดกับราก แต่จะมีน้อยลง เมื่ออยู่ห่างออกไปจากผิวราก ทั้งนี้ก็เนื่องมากจากสารที่ขับออกมา และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ในบริเวณที่ติดกับรากนั่นเอง (ดังในตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรของจุลินทรีย์(เซล/กรัม) ในระยะต่าง ๆ จากผิวรากของกล้า lupin ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายที่ไม่ได้ใส่อะไร (ที่มา : Papavizus and Davey, 1961)

ระยะห่างระหว่างผิวราก (มม.)	บักเตรี	แอคติโนมัยซีท	รา
0[a]	159,000	46,700	355
0-3	49,000	15,500	176
3-6	38,000	11,400	170
9-12	37,400	11,800	130
15-18	34,170	10,100	117
80[b]	27,300	9,100	91
R/s ratio[c]	5.8	5.1	3.9

หมายเหตุ : a = rhizoplane

b= non-rhizosphere soil (control)

C= R/S = จำนวนจุลินทรีย์ที่ระยะ 0 มม. จากผิวราก

จำวนวนจุลินทรีย์ที่ระยะ 80 มม.จากผิวราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การละลายสารประกอบฟอสเฟตโดยจุลินทรีย์

จุลินทรีย์มีส่วนช่วยทำให้ฟอสฟอรัสแปรสภาพได้ เช่น ไปเพิ่มการละลายได้ของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (solubilization of inorganic phosphorus) โดยการละลายของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสจะถูกทำลายโดยกรดอินทรีย์ สังเกตได้จากในอาหารเลี้ยงเชื้อจะพบอาณาบริเวณเป็นวงรอบ Colony และจะพบกรดต่าง ๆ เกิดขึ้น คือ latic, oxalic, gluconic, citric acid ดังในการทดลองของ Venkateswarlu และคณะ (1984) Pseudomonas, Aspergillus, Penicilium จะผลิตกรดอินทรีย์ (lactic, glucoliic, succinic acid) ขึ้นมาเพื่อละลายฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ และจุลินทรีย์เหล่านี้จะกระตุ้นการปลดปล่อยฟอสฟอรัส ให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ และการหายใจของจุลินทรีย์และรากพืชจะได้กาซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกาซนี้เมื่อละลายน้ำจะได้กรดคาร์บอนิค ซึ่งทำให้ pH ลดลงได้ และจะเป็นการเพิ่มการละลายได้ของฟอสเฟตอีกด้วย

Matineze และคณะ (1993) ได้ทดลองใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตได้ในข้าวฟ่างแล้วพบว่า ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน และฟอสฟอรัสในพืชเพิ่มขึ้น , Tomar และ คณะ (1996) พบว่า เมื่อใส่แบคทีเรียฟอสเฟตในถั่วเขียว ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 2.23 เป็น 2.46 ตัน/เฮกตาร์

Alonso และคณะ (1995) พบว่า เมื่อใส่จุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตได้ คือ Pseudomonas fluorescens ลงไปในดินที่ปลูกกล้วย จะทำให้กล้วยมีผลใหญ่กว่าตำรับควบคุม และพบฟอสฟอรัสในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชด้วย

Bajpai and Tao (1971a) รายงานว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อ Bacillus megateruim, B. circulans และ B. frendii จะมีการผลิตกรด lactic และcitric ออกมาในปริมาณมาก กรดเหล่านี้จะทำให้ pH ของดินลดต่ำลง ยังผลให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนั้นกรดบางชนิดก็อาจทำปฏิกิริยาแคลเซียม ทำให้การละลายของปฏิกิริยา chelate กับแคลเซียมและเหล็ก ทำให้ฟอสเฟตไม่ตกตะกอน แต่ว่าจะอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟตจะแตกต่างกันในจุลินทรีย์แต่ละชนิด Bardiya and Guar (1974) ทำการแยกเชื้อจุลินทรีย์จากบริเวณ rhizosphere ของรากพืชตระกูลถั่ว และพบว่า เชื้อ Schwanniomyces occidentalis, Aspergillus awamori และ Penicillium digitatum เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายฟอสเฟต นอกจากนั้นพวกเขายังพบว่าเชื้อพวก Gram- negative ที่มีรูปร่างเป็นแท่ง (rod) และเคลื่อนไหวได้จะมีประสิทธิภาพในการย่อยฟอสเฟตสูงกว่าพวก Gram - negative ที่เคลื่อนไหวไม่ได้ ส่วนแบคทีเรียนั้น เชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ Pseudomonas striata

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยสลายฟอสเฟตโดยจุลินทรีย์นี้ เกิดได้ในช่วง pH ค่อนข้างกว้าง จากการศึกษาของ Baijai and Rao (1971b) พบว่า B. megaterium var. phosphaticum ซึ่งแยกได้จากเชื้อ Phosphobacteria ของรัสเซียมีประสิทธิภาพ ในการย่อยสลายสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตในช่วง pH 5.2-8.85 ส่วน B. megaterium, ของอินเดียสามารถย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟตได้แม้ pH จะสูงถึง 9

4. ตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสารประกอบฟอสเฟตและแหล่งของสารประกอบฟอสเฟต (Subba Rao, 1982) ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารประกอบฟอสเฟตและแหล่งของสารประกอบฟอสเฟต (Subba Rao, 1982)

Microorganisms	Phosphate sources
Bacteria	
Bacillus sp. B. pulvifaciens, B. megaterium,	Mineral
B. circulans, B. subtilis, B. mycoides,	Tricalcium phosphate
B. mesentericus, B. fluorescence,	Calcium phosphate
Pseudomonas sp. P. putida, P. liqifaciens,	Hydroxyapatite
P. calcis, P. rathonia	Fluorapapite
Escerichia freundii, E. intermedia	rock phosphate
Xanthomonas spp.	
Flavobacterium spp.	Organic
Thiobacillus thiooxidans	Phenyl phosphate
Fungi	
Aspergillus sp. , A.niger, A.flavus	
A. fumigatus, A. terreus, A. awamori	
Penicillium sp., P. lilacium, P. digitatum	
Fusarium sp. , F. oxysporum	
Curvularia lunata	
Humicola sp.	
Actinomycetes	
Streptomyces sp.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. หลอดเจาะดิน (soil tube)
2. ถังน้ำแข็ง
3. ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดิน
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์
5. อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น erlenmeyer flask , plate , pipett
6. ตู้เขี่ยเชื้อ
7. หม้อนึ่งความดันไอ
8. ตู้อบ

สารเคมี

1. แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อ 95% และ 70%
2. สารเคมีต่างๆ ในการเตรียมอาหารสูตรต่าง ๆ เช่น Rose-bengal agar, Hutchison's agar, Modified pikovskaya's medium, pikovskaya's medium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 4 ซ้ำ (replication) 10 ตำรับ (treatment)

2. การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยวิธีทางด้านจุลชีววิทยา ซึ่งจะเก็บจากบริเวณเขตอิทธิพลรากพืชบางชนิดที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยใช้หลอดเจาะดินเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มอย่างน้อย 2-3 จุดต่อพื้นที่ 1 ไร่ และต้องทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโดยจุ่มแอลกอฮอล์แล้วจุดไฟเผา หลังจากเปลี่ยนตัวอย่างดินที่เก็บทุกครั้ง โดยบริเวณรากพืชที่เลือกเก็บตัวอย่างมีดังนี้

1. ดินปลูกอ้อย เก็บที่หลักกิโลเมตรที่ 35 บ้านโรงน้ำตาล ต. คลองกรำ อ. ปลวกแดง จ. ระยอง
2. ดินปลูกข้าวโพด เก็บที่หลักกิโลเมตรที่ 25 บ้านสุรศักดิ์ อ.ศรีราชา จ. ชลบุรี
3. ดินปลูกมันสำปะหลัง เก็บที่หลักกิโลเมตรที่ 29 หมายเลขทางหลวง 3138 ห่างจากถนนประมาณ 300 เมตร บ้านสุรศักดิ์ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี
4. ดินสวนขนุน เก็บที่หลักกิโลเมตรที่ 40 ห่างจากถนนประมาณ 1 กิโลเมตร บ้านหนองบอน ต. ตาสิทธิ์ อ. ปลวกแดง จ. ระยอง
5. ดินสวนทุเรียน เก็บที่หลักกิโลเมตรที่ 40 ห่างจากถนนประมาณ 1 กิโลเมตร บ้านหนองบอน ต. ตาสิทธิ์ อ.ปลวกแดง จ. ระยอง
6. ดินสวนมะพร้าว เก็บที่หลักกิโลเมตรที่ 29 หมายเลขทางหลวง 3138 ห่างจากถนนประมาณ 50 เมตร บ้านสุรศักดิ์ อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี
7. ดินปลูกข้าว เก็บห่างจากบริเวณวัดสุทธาโภชน์ ประมาณ 2 กิโลเมตร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ
8. ดินปลูกถั่วเหลือง เก็บที่ อ.พนัสนิคม จ. ชลบุรี
9. ดินปลูกสับปะรด เก็บที่กิโลเมตรที่ 40 ต. ตาสิทธิ์ อ.ปลวกแดง จ.ระยอง
10. ดินปลูกกล้วย เก็บที่กิโลเมตรที่ 36 ต. ตาสิทธิ์ อ.ปลวกแดง จ. ระยอง

3. การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อตามสูตรต่าง ๆ เช่น rose-bengal agar, Hutchinson's agar, nutrient agar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำตัวอย่างดินมาทำสารละลายดินเจือจางในน้ำกลั่นแบบ ten fold serial dilution ตั้งแต่ 10^{-1} เท่าถึง 10^{-6} เท่า

3. นำสารละลายดินในแต่ละความเข้มข้นมาศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเชื้อแบคทีเรีย รา โดยนำไป spread plate ในอาหาร Hutchinson's agar สำหรับแบคทีเรีย อาหาร rose-bengal agar สำหรับเชื้อรา นับโคโลนีที่เจริญบนอาหารวุ้นเมื่อบ่มไว้ 2-3วัน

4. นำสารละลายดินในแต่ละความเข้มข้นมาศึกษาปริมารจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้โดยวิธี spread plate สำหรับเชื้อแบคทีเรีย ในอาหาร pikovskaya's medium ส่วนเชื้อราใช้ modified pikovskaya's medium นับปริมาณจุลินทรีย์บนอาหารวุ้นที่เกิดวงใสรอบ ๆ โคโลนีนั้น เมื่อบ่มเชื้อได้เป็นเวลา 2-3 วัน

5. นำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟต (เกิดวงใสรอบ ๆ โคโลนี จากข้อ 5) มาแยกให้บริสุทธิ์ โดยวิธี Streak plate สำหรับเชื้อแบคทีเรียในอาหาร nutrient agar และอาหาร potato dextrose agar สำหรับเชื้อรา

6. นำจุลินทรีย์ที่บริสุทธิ์แล้ว มาทดสอบประสิทธิภาพการละลายแคลเซียมฟอสเฟตในอาหารวุ้น โดยใช้ loop ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปลาย loop 3 มิลลิเมตร เขี่ยเชื้อแบคทีเรียจากข้อ 6 จำนวน 1 loop ไปวางไว้ตรงกลาง plate ในอาหาร Pikovskaya's medium ส่วนเชื้อราทำวิธีเดียวกัน แต่ใช้เข็มเขี่ยเชื้อแทน บนอาหาร Modified Pikovskaya's medium แล้ววัดขนาดของโซนใส (clear zone) นั้นทุกวัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์

7. ทำการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยละลายฟอสเฟตได้ดีไว้ในอาหารเอียง (slant agar)

4. สถานที่การทดลอง

ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา ชั้น 4 ตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตร

5. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2540 สิ้นสุดเมื่อเดือนมกราคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ปริมาณจุลินทรีย์ในดิน

เชื้อแบคทีเรีย

ผลการนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดในดินจากบริเวณรากพืช 10 ชนิด คือ มันสำปะหลัง ข้าวโพด ขนุน อ้อย ทุเรียน ข้าว สับปะรด มะพร้าว ถั่วเหลือง กล้วย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 4) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณแบคทีเรียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 35.20×10^5 เซล/กรัม ซึ่งพบว่าดินจากบริเวณรากถั่วเหลืองจะมีปริมาณแบคทีเรียมากที่สุด คือ 97.25×10^5 เซล/กรัม และดินจากบริเวณรากขนุนมีปริมาณแบคทีเรียน้อยที่สุด คือ 6.25×10^5 เซล/กรัม

ปริมาณแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ที่แยกได้จากดินต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้เท่ากับ 29.78 เซล/กรัม และน้อยที่สุดคือดินจากบริเวณรากขนุนคือ 2.00×10^3 เซล/กรัม ส่วนดินจากบริเวณรากทุเรียนและรากกล้วย ไม่พบเชื้อแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่า ดินจากบริเวณรากอ้อย มีเปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรีย มากที่สุด 6.49 % และ ดินจากบริเวณรากมะพร้าว มีน้อยที่สุดเท่ากับ 0.21 % (จากผลการนับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในดินกับปริมาณแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้)

เชื้อรา

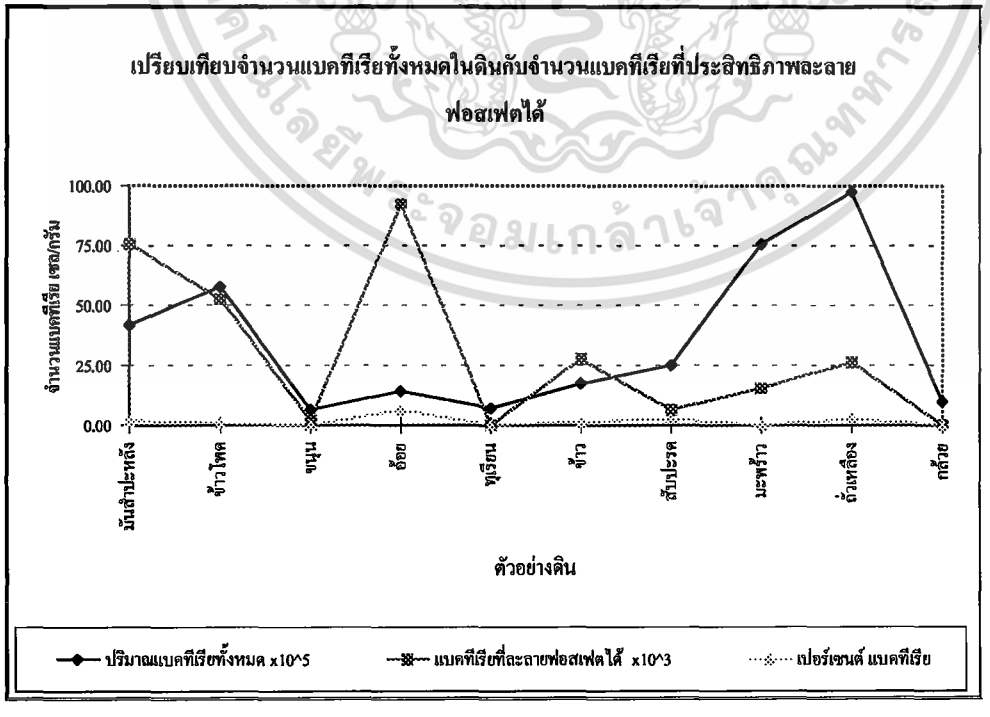
ผลการนับปริมาณเชื้อราทั้งหมดในดินบริเวณรากพืช พบว่า มีปริมาณเชื้อราแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อราทั้งหมดเป็น 21.40×10^3 โปรปากูล/กรัม และพบว่าดินจากรากมันสำปะหลังมีปริมาณรามากที่สุด 37.25×10^3 โปรปากูล/กรัม และน้อยที่สุดดินจากบริเวณรากขนุน คือ 10.75×10^3 โปรปากูล/กรัม

ปริมาณเชื้อราที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้ ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณเชื้อราที่ละลายฟอสเฟตได้เท่ากับ 4.02×10^3 โปรปากูล/กรัม และพบว่าดินจากบริเวณรากข้าวโพดพบราที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้สูงสุดคือ 13.50×10^3 โปรปากูล/กรัม และน้อยที่สุดคือดินจากบริเวณรากขนุนเป็น 1.25×10^3 โปรปากูล/กรัม เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่า เปอร์เซ็นต์ของราที่มีมากที่สุด ที่บริเวณรากข้าวโพด 58.70 % และน้อยสุดบริเวณรากมะพร้าว 7.48 % เมื่อเปรียบเทียบจากผลการนับปริมาณเชื้อราทั้งหมดในดินกับปริมาณเชื้อราที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในดินกับแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้ เซล/กรัม

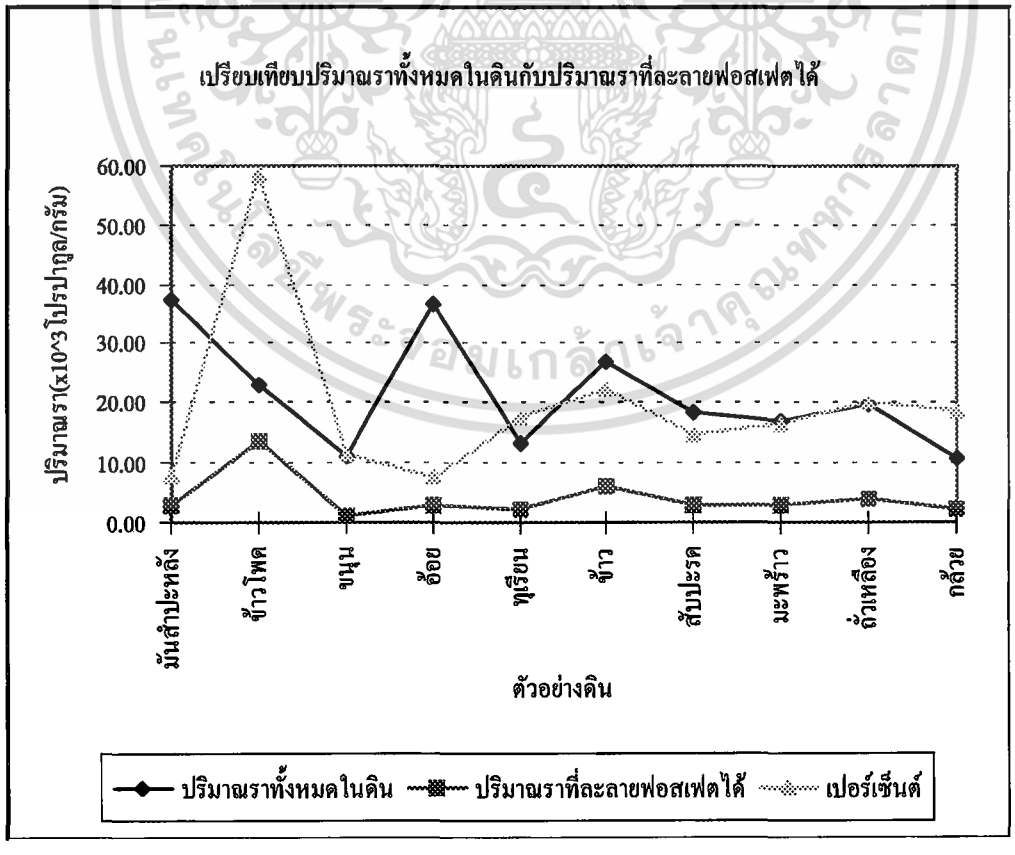
ตัวอย่างดิน	ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด $x10^5$	แบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ $x\ 10^3$	เปอร์เซนต์
มันสำปะหลัง	41.50	75.50	1.82
ข้าวโพด	57.75	52.50	0.91
ขนุน	6.25	2.00	0.32
อ้อย	14.25	92.50	6.49
ทุเรียน	7.25	0.00	0.00
ข้าว	17.50	27.25	1.56
สับปะรด	25.25	6.25	2.47
มะพร้าว	75.50	15.50	0.21
ถั่วเหลือง	97.25	26.25	2.70
กล้วย	9.50	0.00	0.00
เฉลี่ย	35.20	29.78	1.65
ตำรับการทดลอง	**	**	-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบราทั้งหมดในดินกับราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้ (x 10^3 โปรปากูล/กรัม) ในดินจากบริเวณรากพืชชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่างดิน	ปริมาณราทั้งหมดในดิน	ปริมาณราที่ละลายฟอสเฟตได้	เปอร์เซ็น
มันสำปะหลัง	37.25	3.00	8.05
ข้าวโพด	23.00	13.50	58.70
ขนุน	11.00	1.25	11.36
อ้อย	36.75	2.75	7.48
ทุเรียน	13.25	2.25	17.58
ข้าว	27.00	6.00	22.22
สับปะรด	18.50	2.75	14.86
มะพร้าว	16.75	2.75	16.41
ถั่วเหลือง	19.75	4.00	20.25
กล้วย	10.75	2.00	18.60
เฉลี่ย	21.40	4.03	19.55
ตำรับการทดลอง	**	**	-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ในการละลายแคลเซียมฟอสเฟต

เชื้อแบคทีเรีย

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟต พบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมใสรอบ ๆ โคโลนีของเชื้อแบคทีเรียจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่6) ซึ่งแสดงว่าเชื้อแบคทีเรียแต่ละ Isolate มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติด้วย โดยสามารถแยกกลุ่มของแบคทีเรียได้ 9 กลุ่ม ตามความสามารถในการละลายแคลเซียมฟอสเฟต คือ a, b, c, d, e, f, g, h และ i ซึ่งสามารถละลายแคลเซียมฟอสเฟต และเกิดวงใสรอบ ๆ โคโลนี (รูปที่ 1) โดยมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง 21.75 - 23.75, 20.75 - 23.25, 19.25 - 21.25, 18.25 - 20.75, 17.75 - 20.50, 16.25 - 19.00, 15.50 - 17.75, 14.50 - 16.25, 12.75 - 14.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในกลุ่ม a ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการละลายแคลเซียมฟอสเฟตสูงสุด ประกอบไปด้วยเชื้อแบคทีเรีย 3 Isolate คือ CB1, MB1, AB1 เชื้อทั้ง 3 Isolate นี้คาดว่ามีความสามารถในการละลายหินฟอสเฟตด้วยโดย Kucey (1983) ได้พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถละลายแคลเซียมฟอสเฟตได้สูง จะมีความสามารถละลายหินฟอสเฟตได้สูงเช่นกัน

เชื้อรา

ความสามารถของเชื้อราที่แยกเชื้อบริสุทธิ์จากดินต่าง ๆ ในการละลายแคลเซียมฟอสเฟตในอาหารวุ้น Pikovskaya มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยแบ่ง Isolate ของราตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสรอบโคโลนี (รูปที่ 2) ที่เกิดจากการละลายแคลเซียมฟอสเฟตได้ 7 กลุ่ม คือ a , b, c, d, e, f, g ซึ่งสามารถทำให้เกิดวงกลมในรอบโคโลนีมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 55.25 - 56.75, 49.75 - 50.75, 31.50 - 34.50, 27.50 - 31.50, 23.50 - 27.50, 22.25 - 26.50, 17.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ กลุ่ม a ประกอบด้วยเชื้อรา 5 Isolate คือ CF2, GF1, GF2, DF1 และ PF1 ซึ่งละลายแคลเซียมฟอสเฟตและทำให้เกิดวงใสรอบโคโลนีที่เจริญอยู่ 55.75, 56.50, 56.00, 55.75, และ 55.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
9971C

ตารางที่ 6 เส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่เกิดโซนใสของแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยละลายฟอสเฟต

Isolate	เส้นผ่าศูนย์กลาง(มม.)	Isolate	เส้นผ่าศูนย์กลาง(มม.)
CB1	23.75[a]	SB1	18.25[def]
MB1	23.25[ab]	OB1	18.25[def]
AB2	21.75[abc]	RB1	17.75[efg]
PB1	20.75[bcd]	RB5	16.25[fgh]
AB3	20.50[cde]	RB2	15.50[gh]
AB1	19.25[cde]	RB4	15.50[gh]
PB2	19.00[def]	RB3	15.00[gh]
SB2	18.75[def]	GB1	14.75[hi]
CB2	18.75[def]	RB6	12.75[i]

ตารางที่ 7 เส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่เกิดโซนใสของราที่มีประสิทธิภาพในการย่อยละลายฟอสเฟต

ไอโซเลท	เส้นผ่าศูนย์กลาง(มม.)	ไอโซเลท	เส้นผ่าศูนย์กลาง(มม.)
CF2	56.75[a]	MF1	31.50[cd]
GF1	56.50[a]	PF1	27.75[de]
GF2	56.00[a]	RF2	26.50[ef]
DF1	55.75[a]	RF4	26.00[ef]
PF1	55.25[a]	RF3	24.00[ef]
CF1	50.75[b]	RF1	23.75[ef]
AF1	49.75[b]	OF1	23.50[ef]
BF2	34.50[c]	OF2	22.25[f]
BF1	32.25[c]	DF2	17.25[g]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P1

ภาพที่ 1 ตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3

ภาพที่ 2 ตัวอย่างเชื้อราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15433

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้จากบริเวณเขตอิทธิพลรากพืชชนิดต่าง ๆ พบว่า ชนิดและปริมาณเชื้อแบคทีเรียและปริมาณเชื้อราจากดินต่าง ๆ มีปริมาณแตกต่างกัน Krishnaraj and Gowda , 1990 รายงานว่า พบจำนวนแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 0.21 ± 0.4 x 10^6 / g จากบริเวณรากต้นมะม่วงหิมพานต์ และ 10.58 ± 0.75 x 10^6 / g จากบริเวณรากหัวผักกาด ซึ่งจะเห็นได้ว่า จำนวนแบคทีเรียจากบริเวณรากพืชทั้งสองชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน จึงกล่าวได้ว่าชนิดพืชมีอิทธิพลในการกำหนดประชากรของจุลินทรีย์ (วิทยา ,2530) และจากการทดลองนี้ยังพบว่า เชื้อราที่ใช้ในการทดสอบมีความสามารถในการละลายแคลเซียมฟอสเฟตได้สูงกว่าเชื้อแบคทีเรียประมาณ 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับ Kucey (1983) ที่รายงานไว้ว่ารามีความสามารถละลายหินฟอสเฟตได้ดีกว่าแบคทีเรียประมาณ 10 เท่า ธงชัย และคณะ (2529) พบว่า เชื้อรามีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้สูงกว่าแบคทีเรียประมาณ 2 - 4.33 เท่า และเช่นเดียวกับ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้นำจุลินทรีย์ต่าง ๆ มาทดสอบความสามารถในการละลายหินฟอสเฟต พบเชื้อรามีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพในการละลายหินฟอสเฟตดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ โดยเชื้อรา Aspergillus sp. No. 1 (พงศ์เทพ , 2530) สามารถละลายหินฟอสเฟตได้ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียเจริญในอาหารวุ้นได้ช้ากว่าเชื้อรา ซึ่งทำให้ละลายหินฟอสเฟตได้ช้าตามไปด้วย (Kucey , 1983) Dubey (1996) ได้ทดลอง นำเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตได้ใส่ในต้นถั่วเหลืองที่รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟต เปรียบเทียบกับไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์แล้วพบว่า ต้นถั่วเหลืองที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มมากที่สุด Krishan และคณะ (1996) พบว่าเมื่อใส่เชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตในต้นข้าวทำให้ผลผลิตข้าวมีน้ำหนักมากถึง 5.84 และ 5.99 ตัน/เฮกตาร์ ในปี 1993 และปี 1994 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองที่กล่าวมานี้สามารถยืนยันได้ว่า เมื่อใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตลงในพืชต่าง ๆ แล้วทำให้พืชมีผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะมีแนวทางนำจุลินทรีย์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

ธวัช จาปะเกษตร์ และ อรัญ สุขวิวัฒน์. 1980 แหล่งฟอสเฟตบ้านเหล่าขาม จังหวัดร้อยเอ็ด. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรุงเทพฯ. 46 น.

ธวัช จาปะเกษตร์. 2528. หินฟอสเฟตในประเทศไทย. การประชุมสัมมนาทางวิชาการ การผลิตและการใช้ปุ๋ยของประเทศไทยในอนาคต. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 18 น.

น้อย เธียรนันท์, มาโนช ดอนเส, สนั่น รัตนานุกูล, บรรลุ เดชสองชั้น, สถิต อินทราวุธ, คำจันทร์ เทพบรรหาร, พะเนิน ฉลูรัตน์, สมพงษ์ พงศ์พุฒิ และ สัมฤทธิ ชัยวรรณคุปต์. 2524. อิทธิพลของปูนขาวและหินฟอสเฟตต่อผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินกรดจัด รายงานผลการวิจัยปี 2522. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรงเทพฯ. 372 น.

ภาวนา ลิขนานนท์. ไม่ระบุปี พ.ศ. ที่พิมพ์. การย่อยละลายฟอสเฟตโดยเชื้อจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ปกรณ์ สุวานิช. 1980. การสำรวจแหล่งฟอสเฟตบริเวณจังหวัดลำปางและจังหวัดลำพูน กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 37 น.

มะลิวัลย์ การญจนนิรัตศรัย และ วิศิษฐ์ โชลิตกะล. 2518 คุณสมบัติทางเคมีบางอย่างของหินฟอสเฟตไทย. น. 98-123. ใน เคมีและความอุดมสมบูรณ์ เล่ม 1. งานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน กองเกษตรเคมี, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 247 น.

มงคล พานิชกุล , ชัยโรจน์ วงวิวัมไชย, สำเนา เพชรฉวี, อรพินธ์ สุริยพันธ์ และ สัมฤทธิ ชัยวรรณคุปต์. 2524. การศึกษาอิทธิพลของหินฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างพันธุ์ 8719 ปลูกในดินชุดยโสธร. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2522. กองพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 372 น.

วิทยา มะเสนา. 2530. จุลชีววิทยาทางดิน. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยของแก่น 483-485 น.

สมบูรณ์ เสกธีระ. 2517 ฟอสเฟต เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา เล่มที่ 4. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ 244 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2520. ปุ๋ยฟอสเฟต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2 โครงการวิจัยและแนะนำทางเทคโนโลยีของดินและปุ๋ย ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 31 น.

สุธรรม แย้มนิยม. 2521. หินฟอสเฟต. รายงานการสัมมนาอุตสาหกรรมปุ๋ยกับการเกษตร. กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ 14 น.

อรัญ สุขวิวัฒน์. 1981. รายงานการสำรวจแหล่งฟอสเฟตบริเวณเขาหนองน้ำแดง เขาไก่และเขาหลัก อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 16 น.

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, New York. 472 p.

Alonso-Reyes, R. , M. Gonzalez - Parra, L. Exposito-Garcia,R. , Grubelo-Rodrigez, L. Roque-Marinez , M. Pazos-Gonzalez. 1995. The Influence of mycorrhizae and phosphate solubilizing bacteria on the growth and development of banana vitroplants. Infomusa. 4:(2) 9-10.

Bajapai, P.D. and Rao, W.V.B.S. 1971a. Phosphate solubilizing bacteria Part II Extracellular production of organic acids by selected bacteria solubilizing insoluble phosphate. Soil Sci. Pl. Nutr. 17: 44-45.

Bajapai, P.D. and Rao, W.V.B.S. 1971b. Phosphate solubizing bacteria. Part I. Solubilization of phosphate in liquid culture by selected bacteria as affected by different pH values. Soil Sci. Pl. Nutr. 17: 41-45.

Bopiah, B.M. 1985. Occurrence of phosphate solubilizing microorganism in root region of Arecanut palms. Journal of Plantation Crops. 13(1) : 60-62.

Charoy, J. 1980. Use of natural phosphate in Niger. Agron. Trop. 35(3):250-253.

Chaudhary, M.L. and B. Mishra. 1980. Factor affecting transformation of rockphosphate in soils. J. Indian Soc. Soil sci. 28(3): 295-301.

Chien, S.H., L.A. Leon and H.R. Tejeda. 1980. Dissolution of North Carolina phosphate rock in acid Columbian soil as related to soil properties. Soil Soc. Am J. 44(6): 1267-1271.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colling, G. H. 1955. Commercial Fertilizers. Their Source and Use. 5th ed., The Blackistan Co:Ltd. , Philadelphia. 617 p.

Cooke, G.W. 1980 . Fertilizing For Maximum Yield. Gramada Publishing Ltd., London. 297 p.

Dubey, S.K. 1996. Response of soybean to rock phosphate applied with Puseudomonas striata in a Typic Chromustert. Journal of the Indian Society of Soil science. 44(2) : 252 - 255.

Gachon, L. 1981. Rule of phosphate rocks in the phosphatic fertilization of France Soils. Fert. Absr. 14(1):27.

Gillbert, H.C. 1995. Chemical Fertilizer. Mc Graw-Hill Book Co., Inc. New York. 120 p.

Gomez, A.J.H. , Cajuste and R. Nunez Escobar. 1980. Chemical and mineralogical Characterization and agronomic avoluation of rock phosphate form different desposites. Agrociencia 41:95-112.

Jayman, T.C.Z. and S. Sivasubramanian. 1976. Release of bound and aluminum form soil by the root exudates of tea (Camellia sinensis) plants. Fert. Abst. 9(5):132.

Khan, J.A. and R.M. Bhatnager. 1977. Studies on solubilization of insoluble phosphate by microorganism. Part I Solubilization of indian phosphate rock by Aspergillus niger and Penicillium sp. Fert. Tech. 14(4):392-33.

Krishan-Chandra, K. J. Singh and K.. Chandra. 1996. Effect of Azotobacter and phosphate solubilizing microorganism on yield of rice crop. Environment and Ecology. 14(1): 39-41.

Krishnaraj, P.U. and T.K.S. Gowda. 1990. Occurrence of phosphate solubilizing bacteria in the endorhizosphere of crop. Current Science. 59(19) 933 - 934.

Kucey, R.M.N. 1983. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soil. Can. J. Soil Sci. 63: 671-678.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Marwaha, C.B. , B.S. Kanwar and B.R. Tripathi. 1981. Direct and residual effect of Mussooric rock phosphate related to crop species in an acid soil. J. Indian Soc. 29(3): 349-355.

Matinez, A., J. Ferran, A. Delgado, V. Martinez, D.R. Villegas and D. Ponce de Leom. 1993. Phosphorus solubilizing microorganisms in Typic red ferrallitic soils and reddish brown fersiallitic soils of Cuba. Memorias del XI congreso Latinoamericano y II congreso Cubano de la ciencia del Suelo,11-17 March 1990, la Habana , Cuba. volumen V: conferencias y symposios. 1993, 1392- 1395.

Pichot, J.B. Truong and A. Traore. 1982. Effect of liming on the solubilization and performance of tricalcium rock phosphate from West Africa. Experiment with ferrallitic slil from Nadagasgar under controlled condition. Agr. Trop. 37(1): 56-57.

Rastogi, R.c. , B. Mishra and B.P. Ghildyal. 1977. Fertilizing value of Mossoorie rock phosphate for phosphorus supply to wheat as shown by greenhouse test. Pantnagar J. Res. 2(2) : 161-164.

Sadik, M.K. , I.A. Abdel Latif and R.S. Abdel. 1978. Solubility of rock phosphate as affected by calcium carbonate and humic acid. Annals of Agr. Sci. Noshtohor. 10:29-35.

Scofield, P.E. , P.E.H. Gregg and J. K. Syer. 1981. Biosuper as a phosphate fertilizer: a greenhouse evaluation. N.Z.J. Agr. 9(1): 63-67.

Stewart, J.W.B. , M.J. Hedley and B. S. Chauhan. 1980. The immobilization and redistribution of phosphorus in soils. p. 276-306, In Western Cannadian Phosphate Symposium Proceeding Alfa. Soil. Sci. Workshop, Calgary, Alta.

Subba -Rao, N.S. 1982. Biofertilizers in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co. , New Delhi, India. 186 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tomar, R.K.S. , K.N. Namdeo and J.S. Ranghu. 1996 Efficiency of phosphate solubilizing bacteria biofertilizer with phosphorus or growth and yield of gram . Indian Journal of Agronomy. 41(41): 412-415.

Venlatateswarlu, B.A.V. , Roa. and P. Raina. 1984. Evaluation of phosphorus solubilization by microorganisms isolated from Aridisols. Journal of the Indian Society of Soil Science 32 (2): 273-27.

Yost, R.S. , G.C. Naerman, E.J. Kamprath and E. Lobato. 1982. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorurs. Agron. J. 74(3): 462-468.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดลอง

1. Rose-bengal agar

Glucose	10.0 g.
Peptone	5.0 g.
K_2HPO_4	1.0 g.
$MgSO_4.7H_2O$	0.5 g.
Streptomycin	30.0 mg.
Agar	15.0 g.
Rose-bengal	0.035 g.
Distilled water	1,000 ml.

2. Hutchinson 's agar

Agar	20.0 g.
Glucose	10.0 g.
K_2HPO_4	0.5 g.
$MgSO_4.7H_2O$	0.2 g.
Peptone	0.05 g.
KNO_3	0.05 g.
Distilled water	1,000 ml.

3. Modified Pikovskaya's medium

Glucose	10.0 g.
$Ca_3(PO_4)_2$	5.0 g.
KCl	0.2 g.
$MgSO_4.7H_2O$	0.1 g.
$MnSO_4$	trace
$FeSO_4$	trace
Rose-bengal	0.035 g.
Streptomycin	30.0 mg.
Yeast extract	0.5 g.
Agar	15.0 g.
Distilled water	1,000 ml.

4. Pikovslaya's medium

Glucose	10.0 g.
$Ca_3(PO_4)_2$	5.0 g.
$(NH_4)_2SO_4$	0.5 g.
KCl	0.2 g.
$MgSO_4.7H_2O$	0.1 g.
$MnSO_4$	trace
$FeSO_4$	trace
Yeast extract	0.5 g.
Agar	15.0 g.
Distilled water	1,000 ml.

5. nutrient agar

Beef extract	3.0 g.
Peptone	5.0 g.
Agar	15.0 g.
Distilled water	1,000 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Potato dextrose agar

1. ปอกเปลือกมันฝรั่ง แล้วหั่นเนื้อมันฝรั่งให้เป็นลูกบาศก์ ขนาดด้านละประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาชั่งให้ได้ 200 กรัม ต้มในน้ำกลั่น 500 มิลลิเมตร ให้เดือดประมาณ 10-15 นาที เนื้อมันฝรั่งจะนิ่มแต่ไม่เละ กรองเอาแต่น้ำ
2. ชั่งน้ำตาลเดกซ์โทรส (dextrose) 20 กรัม และวุ้น 15 กรัม ใส่ลงในน้ำ 500 มิลลิเมตร ต้มจนวุ้นละลาย
3. ผสมส่วนประกอบจากข้อ 1 และข้อ 2 เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ตัวอย่างดิน	แบคทีเรีย ($x 10^5$)	แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพ($x10^3$)	รา ($x10^3$)	ราที่มีประสิทธิภาพ($x10^3$)
มันสำปะหลัง	41.50	75.50	37.25	3.00
ข้าวโพด	57.75	52.50	23.00	13.50
ขนุน	6.25	7.00	11.00	1.25
อ้อย	14.25	92.50	36.75	2.75
ทุเรียน	7.25	-	13.25	2.25
ข้าว	17.50	27.25	27.00	6.00
สับปะรด	25.25	6.25	18.50	2.75
มะพร้าว	75.50	15.50	16.75	2.75
ถั่วเหลือง	97.25	26.25	19.75	4.00
กล้วย	9.50	-	40.75	2.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงการวัดเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

เชื้อแบคทีเรีย									
ตัวอย่างดิน	รหัส	ลักษณะของเชื้อที่ใช้ทดสอบ	ขนาดที่เกิดบริวณโซนใส (มิลลิเมตร)						
			1	2	3	4	5	6	7
มันสำปะหลัง	CB1	โคโลนีสีเหลืองอ่อน ตรงกลางผิวหน้ามันเยิ้ม	8	11	16	20	22	23	24
			8	11	13	18	20	22	23
			8	10	13	18	20	22	24
			7	10	13	18	20	22	24
	CB2	โคโลนีสีเหลืองอ่อน ผิวหน้ามัน ตรงหลางสีเข้ม	5	10	13	15	17	18	19
			4	7	11	13	15	17	17
			5	10	13	15	16	18	20
			4	7	11	13	16	18	19
ข้าวโพด	MB1	โคโลนีสีเหลือง ผิวหน้ามันเยิ้มมาก ตรงกลาง	12	15	18	20	21	23	24
		โคโลนีสีเหลืองเข้มกว่าบริเวณรอบ ๆ	11	14	16	17	18	19	20
			11	14	17	20	22	23	24
			12	15	18	20	22	24	25
ขนุน	OB1	โคโลนีสีขาว ผิวหน้ามัน	6	8	10	13	15	17	19
			6	8	11	14	16	17	19
			7	9	11	12	14	16	18
			5	7	11	12	13	15	17
อ้อย	SB1	โคโลนีสีเหลืองเข้ม ผิวหน้ามัน	6	8	11	14	15	16	18
			5	8	12	14	15	17	18
			5	7	11	14	15	17	19
			4	6	9	12	14	16	18
	SB2	โคโลนีสีเหลืองอ่อนกว่า SB1	5	10	13	15	16	17	18
		ลักษณะผิวหน้ามัน	4	10	11	13	14	15	16
			4	9	12	14	16	18	20
			5	10	14	16	18	19	21
ทุเรียน	-	-	-	-	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อแบคทีเรีย									
ตัวอย่างดิน	รหัส	ลักษณะของเชื้อที่ใช้ทดสอบ	ขนาดที่เกิดบริวณโซนใส (มิลลิเมตร)						
			1	2	3	4	5	6	7
ข้าว	RB1	โคโลนีสีเหลือง ผิวหน้ามันเยิ้มมาก	5	7	10	12	13	14	16
			6	8	11	13	15	17	18
			7	9	12	14	16	18	19
			6	7	10	12	14	17	18
	RB2	โคโลนีสีเหลืองอ่อน ผิวหน้าขรุขระ	10	11	12	13	15	16	17
			6	8	9	10	12	12	13
			7	9	11	12	13	14	15
			9	10	12	14	15	16	17
	RB3	โคโลนีสีขาว ผิวหน้ามันเรียบ	6	7	9	11	12	13	14
			6	8	11	12	13	14	15
			6	7	9	11	12	13	14
			7	9	12	14	15	16	17
	RB4	โคโลนีสีขาว ผิวหน้าขรุขระ	4	6	8	9	9	10	14
			6	7	10	11	12	13	16
			5	7	9	11	13	14	16
			6	7	10	11	12	13	14
	RB5	สีขาว ตรงกลางขรุขระ รอบ ๆ มันเยิ้ม	5	6	10	11	12	13	14
			5	7	12	13	14	15	16
			5	7	12	13	14	15	16
			6	8	11	13	15	17	19
	RB6	โคโลนีสีเหลืองผิวหน้ามัน ขรุขระ	6	7	8	10	11	12	13
			6	7	8	10	11	12	13
			6	8	10	12	11	12	13
			5	6	7	9	10	11	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อแบคทีเรีย									
ตัวอย่างดิน	รหัส	ลักษณะของเชื้อที่ใช้ทดสอบ	ขนาดที่เกิดบริวณโซนใส (มิลลิเมตร)						
			1	2	3	4	5	6	7
สับปะรด	PB1	โคโลนีสีเหลืองอ่อน	5	10	13	15	17	19	22
			6	10	12	14	16	18	21
			6	11	12	13	15	17	20
			5	10	12	14	16	18	20
	PB2	โคโลนีสีอ่อนกว่า PB1 แต่ตรงกลาง	5	7	9	11	13	15	17
		โคโลนีขุรขระ	5	8	9	12	14	16	22
			4	6	8	10	12	14	16
			6	9	12	14	16	18	21
มะพร้าว	AB1	โคโลนีสีเหลืองเข้มผิวหน้าขุรขระ	6	9	11	12	13	15	17
			7	12	14	16	18	20	22
			6	9	11	12	13	15	17
			7	11	14	16	18	19	21
	AB2	โคโลนีสีเหลืองอ่อน ผิวหน้าเรียบ	7	12	15	17	19	21	22
		ตรงกลางมีสีเข้ม	7	12	15	17	19	21	22
			7	11	14	16	18	20	21
			7	12	15	17	19	21	22
	AB3	โคโลนีสีเหลืองอ่อน รอบโคโลนีหยัก ขรุขระ	8	10	13	14	16	18	20
			6	9	12	13	15	17	20
			7	9	12	14	16	18	21
			8	10	13	14	16	18	21
ถั่วเหลือง	GB1	โคโลนีสีเหลืองอ่อน มันเยิ้มมาก	4	6	8	10	12	14	16
			4	7	8	10	12	14	15
			4	5	6	7	8	9	10
			5	7	9	11	13	15	17
กล้วย	-	-	-	-	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการวัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพฟอสเฟตได้เป็นเวลา 1 สัปดาห์

เชื้อรา									
ตัวอย่างดิน	รหัส	ลักษณะของเชื้อที่ใช้ทดสอบ	ขนาดที่เกิดบริวณโซนใส (มิลลิเมตร)						
			1	2	3	4	5	6	7
มันสำปะหลัง	CF1	สปอร์เป็นสีดำ เส้นใยสีดำ	11	23	30	41	43	45	47
		รอบ ๆ โคโลนีเป็นสีเหลือง	11	25	30	42	46	48	51
			12	26	31	44	47	50	52
			13	27	32	44	48	51	53
	CF2	เส้นใยสีขาว ตรงกลางสปอร์สีดำ	10	30	32	44	54	56	58
			16	27	30	32	44	54	56
			12	26	30	42	49	51	54
			14	29	32	45	54	57	59
ข้าวโพด	MF1	เส้นใยสีขาว ตรงกลางโคโลนีสีเหลือง	9	20	24	30	30	32	35
			5	12	14	18	23	26	28
			7	14	18	23	25	26	28
			8	14	17	21	26	28	32
อ้อย	PF1	สปอร์ดำ ตรง กลางรอบ ๆ เป็นสีขาว	9	25	32	40	50	53	56
		เหมือน CF1	10	22	30	38	50	52	55
			8	20	27	35	46	50	52
			12	25	33	41	50	54	58
ทุเรียน	DF1	สปอร์เป็นสีดำ เส้นใยสีดำ รอบ ๆ	15	26	32	44	52	54	56
		เป็นสีเหลืองเหมือน CF1	9	17	18	40	50	52	55
			11	19	30	41	50	53	55
			14	22	31	42	51	54	57
	DF2	สปอร์สีขาว โคโลนีเป็นวงกลมนูน	6	7	8	12	12	13	15
			6	11	12	16	16	18	19
			7	12	14	17	18	20	22
			5	7	8	10	11	12	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา									
ตัวอย่างดิน	รหัส	ลักษณะของเชื้อที่ใช้ทดสอบ	ขนาดที่เกิดบริวณโซนใส(มิลลิเมตร)						
			1	2	3	4	5	6	7
ข้าว	RF1	สปอร์สีเขียว รอบๆ เป็นสีขาว ๆ	5	7	12	15	18	22	24
		ไม่ฟู	5	6	11	14	17	20	23
			6	7	12	13	17	21	23
			7	9	15	17	19	23	25
	RF2	สปอร์สีขาว เส้นใยฟูนูน	4	6	10	13	17	20	24
			5	7	11	14	19	22	27
			4	6	10	13	17	20	25
			7	8	12	16	21	24	30
	RF3	สปอร์สีเหลือง รอบ ๆ สีเขียว	3	6	11	14	18	21	25
			4	7	11	14	17	19	23
			4	7	10	13	16	18	22
			5	8	12	16	20	23	26
	RF4	คล้าย ๆ กับ RF1 แต่โตช้ากว่า	6	8	11	15	18	21	25
		และรอบ ๆ กลุ่มสปอร์มีเส้นใย	7	9	13	16	19	23	27
		ของราเจริญขึ้น รอบ ๆ อีกทีหนึ่ง	6	8	11	15	18	21	24
			7	10	14	17	20	25	28
สับปะรด	PF1	สปอร์สีดำ เหมือน GF1	6	15	16	17	21	25	32
			5	10	12	15	20	24	32
			7	8	10	13	19	23	26
			6	9	11	14	20	13	25
มะพร้าว	AF1	กลุ่มเส้นใยสีดำ เหมือน GF1	6	14	23	28	33	41	50
			7	16	28	32	36	44	53
			7	18	28	32	35	47	59
			5	18	20	27	30	38	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา									
ตัวอย่างดิน	รหัส	ลักษณะของเชื้อที่ใช้ทดสอบ	ขนาดที่เกิดบริวณโซนใส (มิลลิเมตร)						
			1	2	3	4	5	6	7
ถั่วเหลือง	GF1	สปอร์สีดำ โตเร็ว	5	14	27	29	55	42	53
			7	18	28	32	35	47	59
			7	18	28	32	40	47	59
			6	15	25	30	41	48	55
	GF2	เส้นใยสีเขียวขาว	7	17	26	32	40	51	63
			5	15	23	30	39	48	52
			5	14	21	28	36	41	49
			6	16	25	30	35	50	60
กล้วย	BF1	เส้นใยสีเหลืองฟูนุน	4	11	17	22	27	30	33
			4	10	16	20	26	30	32
			5	12	18	23	28	31	34
			5	12	18	23	28	31	34
	BF2	เส้นใยสีดำ เหมือน GF1	7	15	20	27	28	31	33
			7	15	21	26	30	32	34
			8	16	22	27	31	33	35
			6	13	18	23	27	30	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในดินและแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพ
ละลายฟอสเฟตได้

ตัวอย่างดิน	แบคทีเรีย					แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต				
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่ 4	เฉลี่ย	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	เฉลี่ย
มันสำปะหลัง	43	49	38	36	41.5	67	80	103	52	75.5
ข้าวโพด	58	61	50	62	57.8	45	69	39	57	52.5
ขนุน	5	10	4	6	6.25	3	1	3	2	2.25
อ้อย	17	15	11	14	14.3	111	76	85	98	92.5
ทุเรียน	6	4	11	8	7.25	0	0	0	0	0
ข้าว	19	25	12	14	17.5	36	21	29	23	27.25
สับปะรด	30	28	19	24	25.3	10	5	7	3	6.25
มะพร้าว	85	65	71	89	77.5	24	11	14	13	15.5
ถั่วเหลือง	116	91	98	86	97.8	35	20	24	26	26.25
กล้วย	13	8	7	10	9.5	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณราทั้งหมดในดินต่าง ๆ (x 10^3) โปรปากูล/ กรัม

ตัวอย่างดิน	เชื้อรา					เชื้อราที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟต				
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่ 4	เฉลี่ย	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	เฉลี่ย
มันสำปะหลัง	47	40	33	29	37.25	3	1	4	4	3
ข้าวโพด	23	24	22	23	23	14	12	16	12	13.5
ขนุน	12	11	12	9	11	0	2	1	2	1.25
อ้อย	41	32	28	46	36.75	3	2	4	2	2.75
ทุเรียน	9	20	21	13	15.75	2	2	2	3	2.25
ข้าว	29	21	31	27	27	5	7	8	4	6
สับปะรด	28	19	13	14	18.5	0	2	4	5	2.75
มะพร้าว	21	10	17	19	16.75	4	2	3	2	2.75
ถั่วเหลือง	14	18	16	21	17.25	4	5	3	4	4
กล้วย	43	54	30	36	40.75	3	2	1	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในดิน

Source	Df	SS	MS	F
Treatment	9.0000	37,521.0000	4,169.0444	92.4742**
Error	30.0000	1,352.5000	45.0833	
Total	39.0000	38,873.8984		

Grand Mean = 35.45

CV = 18.94%

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณราทั้งหมดในดิน

Source	Df	SS	MS	F
Treatment	9.0000	4,050.0996	450.0911	11.5437**
Error	30.0000	1,169.5000	38.9833	
Total	39.0000	5,219.5996		

Grand Mean = 24.4

CV = 25.59%

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้

Source	Df	SS	MS	F
Treatment	9.0000	39,393.3984	4,377.0444	43.4662**
Error	30.0000	3,021.0000	100.0000	
Total	39.0000	42,414.3984		

Grand Mean = 29.8

CV = 33.67%

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณราที่ละลายฟอสเฟตได้

Source	Df	SS	MS	F
Treatment	9.0000	461.0000	51.2222	26.9591**
Error	30.0000	57.0000	1.9000	
Total	39.0000	518.0000		

Grand Mean = 4.00

CV = 34.46%

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงค่าความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อแบคทีเรีย

Source	Df	SS	MS	F
Treatment	17.0000	608.0000	35.7647	12.3801**
Error	54.0000	156.0000	2.8889	
Total	71.0000	746.0000		

Grand Mean = 18.33

CV = 9.27%

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

ตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อรา ที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตได้

Source	Df	SS	MS	F
Treatment	17.0000	14,691.2344	864.1902	88.5928**
Error	54.0000	526.7500	97,546.0000	
Total	71.0000	15,217.9844		

Grand Mean = 37.263

CV = 8.38%

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้