ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และปูนโดโลไมท์ต่อการควบคุมปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

Effect of *Trichoderma viride* and dolomitic limestone on the amount of *Phytophthora palmivora* with composted durian's peel

โดย

ว่าที่ร้อยตรีนันทภพ ชลเขตต์
นายจิรยุทธ์ คำขจร
นายบุญสม พรหมสุวรรณ์

ทะเบียนวิจัย 57 58 99 09 00001 016 110 01 11

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเปรี้ยว
กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

28 มีนาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัย

ห้องสมุด
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 13 พ.ย. 2561
เลขหมู่ ก631.81 ม419ผ
เลขทะเบียน b 10043

เรื่อง

ผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา และปูนโดโลไมท์ต่อการควบคุม ปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

Effect of *Trichoderma viride* and dolomitic limestone on the amount of *Phytophthora palmivora* with composted durian's peel

โดย

ว่าที่ร้อยตรีนันทภพ ชลเขตต์
นายจิรยุทธ์ คำขจร
นายบุญสม พรหมสุวรรณ์

ทะเบียนวิจัย 57 58 99 09 00001 016 110 01 11

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเปรี้ยว
กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

28 มีนาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตารางภาคผนวก	(3)
สารบัญภาพภาคผนวก	(6)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	12
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	12
ผลการทดลองและวิจารณ์	15
สรุปผลการทดลอง	27
ข้อเสนอแนะ	27
ประโยชน์ที่ได้รับ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	35

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา (log no. ต่อกรัมวัสดุ) ของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	16
2	ปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มา (log no. ต่อกรัมวัสดุ) ของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ60 วัน	18
3	การเปลี่ยนแปลงสภาพอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลาต่างๆกัน (องศาเซลเซียส)	19
4	ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	20
5	ค่าปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	21
6	ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	22
7	ปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	23
8	ปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	24
9	ปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	25
10	ปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	25
11	ปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	26

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง ภาคผนวกที่		หน้า
1	ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชของเปลือกทุเรียน	37
2	ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยคอก (มูลไก่ไข่)	37
3	ค่าวิเคราะห์ปูนโดโลไมท์	37
4	ค่ามาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน	38
5	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	39
6	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	39
7	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	39
8	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	40
9	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลาเริ่มต้น	40
10	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 15 วัน	40
11	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	41
12	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 45 วัน	41
13	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก เปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	41
14	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน ที่ระยะเวลา30 วัน	42

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

ตาราง ภาคผนวกที่		หน้า
15	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา60 วัน	42
16	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	42
17	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา60 วัน	43
18	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	43
19	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	43
20	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	44
21	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	44
22	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	44
23	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	45
24	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	45
25	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	45
26	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	46

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตาราง ภาคผนวกที่		หน้า
27	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	46
28	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน	46
29	ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน	47

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	วัสดุเปลือกทุเรียน (ก) และการขนย้ายวัสดุเปลือกทุเรียนจากโรงงานแปรรูป (ข)	50
2	การบดย่อย (ก) และชั่งวัสดุเปลือกทุเรียน (ข)	50
3	การเตรียมกองวัสดุเปลือกทุเรียน (ก) และการตั้งกองเพื่อทำปุ๋ยหมัก (ข)	50
4	การเตรียมปูนโดโลไมท์ (ก) และชั่งวัสดุปูนโดโลไมท์ (ข)	51
5	การเตรียมเชื้อราไฟทอฟธอราที่ขยายเชื้อในสูตรอาหารวุ้น (ก) และการนำเชื้อราที่อยู่ในรูปของสปอร์นำมาปั่นให้ละเอียดผสมกับน้ำเปล่าปริมาณ 1 ลิตร (ข)	51
6	การเตรียมเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่นำมาขยายต่อเชื้อกับวัสดุแล้ว (ก) และการเจือจางเชื้อราไตรเดอร์มากับน้ำเปล่า (dilute) จำนวน 10 ลิตร (ข)	51
7	การผสมมูลไก่ไข่กับวัสดุเปลือกทุเรียน (ก) และการผสมปูนโดโลไมท์กับวัสดุเปลือกทุเรียน (ข)	52
8	การคลุกเคล้าผสมปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนให้เข้ากัน (ก) และตั้งกองปุ๋ยหมักที่ผสมเสร็จแล้วแต่ละตำรับ (ข)	52
9	การใส่เชื้อราไฟทอฟธอราที่ระยะเวลา 7 วัน (ก) และคลุกเคล้าหลังใส่เชื้อราไฟทอฟธอรากองปุ๋ยหมัก (ข)	52
10	การใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ระยะเวลา 15 วัน (ก) และคลุกเคล้าหลังใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มากองปุ๋ยหมัก (ข)	53
11	การคลุกเคล้ากลับกองปุ๋ยหมักหลังวัดอุณหภูมิ ที่ระยะเวลาทุก 15 วัน	53
12	การวัดอุณหภูมิกองปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาเริ่มต้น และวัดอุณหภูมิกองปุ๋ยหมักทุก 15 วัน	53
13	การเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักในกองปุ๋ยหมัก ที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน	54
14	การขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ (ก) และเพาะเลี้ยงในเชื้อข้าวฟ่างและรำหยาบ บรรจุถุงพลาสติกร้อนที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ข)	54
15	ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* เจริญออกมาจากชิ้นส่วนของเปลือกทุเรียนเป็นโรคโคนเน่า	54
16	ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Trichoderma viride* ที่ฝังตัวอยู่ในเซลล์เนื้อเยื่อเปลือกทุเรียนทำหน้าที่ป้องกันและเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืช *Phytophthora palmivora* ของทุเรียนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	55

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
17	ลักษณะเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma viride* (เส้นใยขนาดเล็ก) เจริญจำนวนมากและปกคลุมพร้อมเข้าทำลายเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคโคนเน่า *Phytophthora palmivora* (เส้นใยขนาดใหญ่) บริเวณเปลือกทุเรียนเป็นโรคและมีการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	55
18	ลักษณะเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช *Phytophthora palmivora* (เส้นใยขนาดใหญ่) มีลักษณะเหี่ยวย่นซึ่งถูกทำลายโดยเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma viride* (เส้นใยขนาดเล็ก) โดยเข้าไปอาศัยอยู่ภายในเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืช ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	55

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและปูนโดโลไมท์ต่อการควบคุมปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

Effect of *Trichoderma viride* and dolomitic limestone on the amount of *Phytophthora palmivora* with composted durian's peel

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 57 – 58 – 99 – 09 – 00001 – 016 – 110 – 01 - 11

ผู้ดำเนินการ

ว่าที่ร้อยตรีนันทภพ ชลเขตต์ Acting Sub Lt. Nanthaphob Chonlaket

ผู้ร่วมดำเนินการ

นายจิรยุทธ์ คำขจร Mr. Jerayuth Komkarjon

นายบุญสม พรหมสุวรรณ Mr. Boonsom Promsuwan

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและปูนโดโลไมท์ต่อการควบคุมปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน โดยดำเนินการที่สถานีพัฒนาที่ดินจันทบุรี ตำบลนายายอาม อำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี ปี 2557-2558 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและปูนโดโลไมท์ ที่มีผลต่อการลดปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 3 ซ้ำ 4 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วย ตำรับการทดลองที่ 1 เปลือกทุเรียนอย่างเดียว ตำรับการทดลองที่ 2 เปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา ตำรับการทดลองที่ 3 เปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา และปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ ตำรับการทดลองที่ 4 เปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ผลการทดลอง พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 60 วัน เปรียบเทียบระหว่างตำรับที่มีการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มากับไม่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์ ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่มีการใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา ผสมปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถควบคุมทำให้มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราลดลงจาก 3.03 เหลือ 0.33 log no.ต่อกรัมวัสดุ ขณะที่ปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มขึ้นจาก 3.50 เป็น 6.17 log no.ต่อกรัมวัสดุ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกองปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้นที่ 15 วัน มีค่า 39.53 องศาเซลเซียส และลดลงเหลือ 31.95 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 60 วัน และจากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในกองปุ๋ยหมักที่ 30 และ 60 วัน พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) และปริมาณแคลเซียมทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นแมกนีเซียมในตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็น และ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็น และเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบปริมาณ 5.3-5.63 เปอร์เซ็น สูงกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปูนโดโลไมท์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

The study investigated on the effect of *Trichoderma viride* and the amount of dolomitic limestone on the growth of *Phytophthora palmivola* in the compost fertilizer of durian peel. The objectives were to study the use of *T. viride* and dolomite limestone as the materials for reducing of *P. palmivola*, and the changes of temperature and chemical properties in the compost fertilizer. This study was conducted in 2014-2015 at Chantaburi Land development station in Naryaiarm District, Chantaburi Province. The experimental design was completely randomized design (CRD) with 3 replications and 4 treatments. The treatments consisted of 1) durian peel compost, 2) durian peel compost with *P. palmivola*, 3) durian peel compost with *P. palmivola* and 2% of dolomitic limestone and 4) durian peel compost with *P. palmivola,* 2% of dolomitic limestone and *T. viride.* The result showed that *P. Palmivola* at 60 days after decomposition commencement (DAC), comparing to 30 DAC, in durian peel with *P. palmivola* , 2 % of dolomitic limestone and *T. viride*. was significantly reduced from 3.03 to 0.33 log no. /gm. material, while the amount of *T. viride* significantly increased from 3.50 to 6.17 log no. /gm. material. The average temperature during decomposition peaked to 39.53 $^{\circ}$C at 15 DAC, and reduced to 31.95 $^{\circ}$C at 60 DAC. The amounts of nitrogen, phosphorus, potassium, potassium and calcium in compost fertilize were not significantly differences among treatments. However, the amount of magnesium in the treatments treated with *P. palmivola* and 2% of dolomitic limestone, and *P. Palmivola*, 2% of dolomitic limestone and *T.* viride*,* was 5.3-5.63 % greater than the rest of treatments.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

หลักการและเหตุผล

โครงการเมืองเกษตรสีเขียว (Green Agriculture City) เป็นโครงการสำคัญจัดทำขึ้นของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ประเทศตามนโยบายของรัฐบาล กรมพัฒนาที่ดินได้รับมอบหมายให้ดำเนินโครงการดังกล่าวของพื้นที่เมืองเกษตรสีเขียว 6 จังหวัด ได้แก่ ราชบุรี ศรีสะเกษ เชียงใหม่ พัทลุง หนองคาย และจันทบุรี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) มุ่งเน้นส่งเสริมเกษตรกรให้ความสำคัญด้านกระบวนการผลิตตั้งแต่อยู่ในพื้นที่จนถึงการเก็บเกี่ยวสู่ผู้บริโภค เน้นถึงความปลอดภัยจากสารเคมีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยการลดของเสียจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร (Zero Waste) นำวัสดุเหลือทิ้งภาคการเกษตรกลับมาใช้เกิดประโยชน์ได้อีก ซึ่งจังหวัดจันทบุรีได้ทำโครงการดังกล่าว และเป็นจังหวัดที่มีการปลูกไม้ผลที่สำคัญหลายชนิด เช่น ทุเรียน มังคุด เงาะ ลางสาด เป็นต้น สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ได้รับขนานนามว่า King of fruits หรือ ราชาแห่งผลไม้ เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในรูปผลสุกสด และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ทุเรียนกวน ทุเรียนทอด จำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ (อัญชลี, 2549) เปลือกทุเรียนจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก และกองทิ้งปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ กลายเป็นแหล่งของเชื้อโรคและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งปัจจุบันได้มีการวิจัยนำเปลือกทุเรียนกลับมาใช้ประโยชน์ในแบบต่างๆ เช่น ใช้คลุมโคนต้นทุเรียนหรือ ทำปุ๋ยหมักเป็นการบริหารจัดการเศษเหลือใช้ทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสมช่วยปรับปรุงบำรุงดินเพิ่มอินทรียวัตถุ และสร้างความสมดุลของธาตุอาหารในดิน

แต่อย่างไรก็ตาม การนำเปลือกทุเรียนมาใช้ทำปุ๋ยหมักอาจเกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ที่ติดมากับเปลือกทุเรียนเป็นสาเหตุการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าในสวนผลไม้ เชื้อดังกล่าวสามารถแพร่กระจายโดยลม น้ำ ดิน ใบ กิ่งพันธุ์ และผลทุเรียนที่เก็บเกี่ยวโดยวางที่โคนต้นก่อนขนย้ายไปบ่มสุกเกิดระบาดได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เนื่องจากมีลมพายุและความชื้นสูง (อุดม, 2532) ทำให้การนำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักต้องคำนึงถึงปัจจัยปัญหาดังกล่าวด้วย เชื้อราไฟทอฟธอราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 5.5 (Suseela *et al*., 2010)

การใส่ปูนเพื่อปรับยกความเป็นกรดเป็นด่างให้สูงขึ้น เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้เชื้อราไฟทอฟธอราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และการใช้เชื้อรา *Trichoderma viride* จะสามารถควบคุมเชื้อราไฟทอฟธอราได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อใช้ผสมร่วมกับมูลสัตว์ยังช่วยลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ (สมศิริ และปัจจมา, 2545) ดังนั้นจึงนำวิธีดังกล่าวมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อช่วยควบคุมการทำปุ๋ยหมักให้มีประสิทธิภาพปลอดจากเชื้อราไฟทอฟธอรา

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและปูนโดโลไมท์ที่มีผลต่อการลดปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของอุณหภูมิ สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่มีผลต่อปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา

การตรวจเอกสาร

ปัจจุบันการทำการเกษตรมุ่งเน้นถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค ตั้งแต่การจัดการในแปลงพันธุ์พืช วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับอาหารที่ปลอดภัย ซึ่งต้องเริ่มตั้งแต่การจัดการในแปลงปลูก ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมดิน ใส่ปุ๋ย และการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะการป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นปัจจุบันได้นำเอาเทคโนโลยีในการกำจัดแบบให้เทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาช่วย เพราะเป็นการใช้สิ่งมีชีวิตมากำจัดศัตรูพืช ไม่พึ่งพาสารเคมี โดยเฉพาะการใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดโรคและแมลงต่างๆ ได้แก่ เชื้อราบิวเวอเรีย (*Beauveria bassiana*) บีที (*Bacillus thuriniensis*) เชื้อราเม็ตตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae*) แอคติโนมัยซีส (Actinomycetes) เชื้อราไมคอร์ไรซ่า (Mycorrhiza fungi) และเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งด้านการผลิตปุ๋ยหมักการปรับปรุงดิน การกำจัดโรคพืช รวมถึงการรักษาโรคในมนุษย์ ทำให้ผู้วิจัยได้สนใจ เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อยับยั้งการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน

1. เชื้อราไตรโคเดอร์มา เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มเชื้อราปฏิปักษ์ที่มีบทบาทสำคัญในการเข้าทำลายควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด ที่เกิดจากเชื้อราที่อาศัยอยู่ในดินได้อย่างมีประสิทธภาพ

1.1. ลักษณะและคุณสมบัติ

เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อราที่พบทั่วๆ ไปในธรรมชาติตามแหล่งต่างๆ เช่น ในดินเศษซากพืช ซากสัตว์ อินทรียวัตถุ และบริเวณระบบรากพืช (Tang *et al*., 2001; Harman *et al*., 2004; Vinale *et al*., 2008) การแยกเชื้อราไตรโคเดอร์มาให้บริสุทธิ์สามารถทำได้อย่างง่ายโดยการเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งธรรมชาตินำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ก็จะสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและสร้างเส้นใยที่มีสีขาว และผลิตสปอร์ได้ปริมาณมากรวมเป็นกลุ่มเห็นเป็นสีเขียว บางชนิดอาจมีสีขาวหรือสีเหลือง เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นปฏิปักษ์หรือศัตรูต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดโดยวิธีเป็นปรสิต (mycoparasite) โดยการพันรัดหรือแทงเข้าสู่ภายในเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคพืช มีการแข่งขันการแย่งอาหารกับเชื้อสาเหตุโรคพืช อีกทั้งยังสามารถผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotics) สารพิษ (toxins) และยังสามารถชักนำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคได้ ปัจจุบันได้มีการศึกษาสายพันธุ์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ค่อนข้างกว้างขวางโดย Tang *et al*. (2001) พบเชื้อราไตรโคเดอร์มามีหลายสายพันธุ์มากกว่า 30 ชนิด บางสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บางสายพันธุ์ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช และบางสายพันธุ์สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (เกษม, 2551) ในประเทศไทยและต่างประเทศ มีรายงานเกี่ยวกับการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาหลายสายพันธุ์เพื่อใช้ควบคุมโรคพืช เช่น เชื้อรา *Trichoderma harzianum, Trichoderma viride, Trichoderma virens* และ *Trichoderma polysporum* (Zeilinger and Omann, 2007; Kaewchai *et al*., 2009; Benitez *et al*., 2004; Tang *et al*., 2001)

1.2. บทบาทในการควบคุมโรคพืช

เชื้อรา *Trichoderma lignorum* มีคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช เชื้อรา *Rhizoctonia solani* โดยการเป็นปรสิต จากการศึกษาเส้นใยของเชื้อก่อโรคจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืช (จิระเดช, 2547) การนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ป้องกันสิ่งมีชีวิตในดินมีผลทำให้เชื้อที่ก่อให้เกิดโรคพืชอ่อนแอลง ทำให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่อยู่ในดินเจริญเติบโตได้ดี จึงนำมาใช้ในการกำจัดโรคต่างๆ เชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่า โรคเน่าคอดิน เกิดจากเชื้อราที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินที่มีความเป็นกรด มีน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานทำให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชเจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้เกิดโรค ทำให้นักวิจัยมีการนำเอาเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ในการป้องกันกำจัดโรค ได้แก่ โรครากเน่าโคนเน่า เป็นโรคที่เกิดกับพืชผักและไม้ผล มักพบตั้งแต่เป็นต้นกล้าและต้นโต พบการระบาดมากในช่วงที่สภาพแวดล้อมในดินเปลี่ยนแปลงในช่วงฤดูร้อนกับฤดูฝน จากสภาพดินที่มีความชื้นมากเกินไปทำให้เชื้อโรคเจริญเติบโตได้ดี เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืชที่พบมีหลายชนิด ได้แก่ เชื้อรา *Pythium* sp. เป็นเชื้อสาเหตุทำให้เกิดโรคเน่าคอดิน กล้าเน่า โคนเน่า ยอดเน่าของพืชผัก (Tang *et al*., 2001) ส่วนเชื้อราไฟทอฟธอรา ทำให้เกิดผลร่วงดอกร่วงของลำไย ลิ้นจี่ โรคดอกร่วงของทุเรียน โรครากเน่าโคนเน่าของพริก ทุเรียน ส้ม มะนาว พริกไทย แตงโม แตงกวา มะเขือเทศและโรคไส้เน่าของกล้วย ในขณะที่เชื้อรา *Rhizoctonia sp*. เป็นเชื้อสาเหตุโรคเน่าคอดิน กล้าเน่า และโรคใบติด ส่วนเชื้อรา *Fusarium sp*. เป็นเชื้อสาเหตุของโรคใบไหม้ในไม้ผล พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับ เป็นต้น ซึ่งวิธีการนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ในการป้องกัน ส่วนใหญ่จะนำเชื้อมาคลุกลงดินก่อนปลูก ถ้าอยู่ในช่วงการระบาดบริเวณที่ใบและต้นในระยะการเจริญเติบโต จะนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาฉีดพ่นบริเวณต้นและใบเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา นอกจากการนำเชื้อราดังกล่าวมาใช้โดยตรง แล้วยังสามารถนำเอาเชื้อราไตรโคเดอร์มาคลุกกับเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันการเกิดโรคได้ เช่น การแช่เมล็ดกะหล่ำปลีในสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อราปฏิปักษ์ จะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกและลดการติดเชื้อทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโต (อนงค์นาถ และสมบัติ, 2548) นอกจากนั้นยังมีการนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้เพื่อช่วยส่งเสริมเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักชีวภาพ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืช (Vinale*et al*., 2008) โดยพบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มาบางสายพันธุ์สามารถเข้าอาศัยอยู่ที่รากพืชทำให้แข็งแรง สามารถช่วยในการดูดซับธาตุอาหารและแร่ธาตุต่างๆในดินได้ (Harman *et al*., 2004)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

1.3. กลไกการควบคุมโรคของเชื้อราไตรโคเดอร์มา

ไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อราที่มีคุณสมบัติและศักยภาพสูงในการใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว สร้างสปอร์ได้ปริมาณสูงมากสามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืชหรือจุลินทรีย์ที่มีอยู่รอบข้างได้ดี ทนทานต่อสภาพแวดล้อมและสารเคมีในดินที่ไม่เหมาะสมได้ดี สามารถเจริญร่วมกับรากพืช และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (จิระเดช, 2547; Benitez *et al*., 2004; Vinale *et al*., 2008) เชื้อราไตรโคเดอร์มามีกลไกที่หลากหลายที่สำคัญช่วยควบคุมโรคพืช ดังนี้

1.3.1 การสร้างสารปฏิชีวนะ เป็นกลไกที่สำคัญที่นำมาคัดเลือกการเป็นเชื้อราปฏิปักษ์ช่วยการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการสร้างสารของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งสารดังกล่าวอาจจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตหรืออาจทำให้ตายได้ ซึ่งสารเคมีอาจเป็นสารปฏิชีวนะ และสารจำพวกเอนไซม์ (extracellular enzymes) เชื้อราไตรโคเดอร์มาบางสายพันธุ์สามารถผลิตสารประกอบที่มีผลในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ด้วย (Tang *et al*., 2001; Harman *et al*., 2004; Benítez *et al*., 2004; Viterbo *et al*., 2007; Haggag and Mohamed, 2007) เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถผลิตสารปฏิชีวนะออกมาหลายชนิดมีมากกว่า 100 ชนิด เช่น gliotoxin, harzianic acid, trichoviridin, viridiol, และ alamethicins เป็นต้น (Kaewchai *et al*., 2009) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติหลายอย่าง ได้แก่ สาร Trichotoxin A50 ที่ผลิตจากเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ PC01 สามารถย่อยสลายผนังเซลล์ (Benitez *et al*., 2004) สามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (Suwan *et al*., 2000) สาร Tricholin ที่ผลิตโดยเชื้อรา *Trichoderma Viride* สามารถยับยั้งเชื้อรา *Rhizoctonia solani* และสาร *Trichozi-niznines* ที่ผลิตโดยเชื้อรา *Trichoderma harzianum* มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใย เชื้อรา *Sclerotium rolfsil* (Elad *et al*., 1981)

1.3.2 การแข่งขัน ทำให้สิ่งมีชีวิตสองชนิดหรือมากกว่าสองชนิดอยู่ด้วยกันมีความต้องการอาหารและที่อยู่อาศัยที่มีเหมือนกัน จะต้องทำให้เกิดการแข่งขันกันเพื่อให้ได้อาหารและปัจจัยอื่นๆ สำหรับการเจริญเติบโต อย่างเช่น การแข่งขันระหว่างเชื้อราปฏิปักษ์และเชื้อราสาเหตุโรคพืช เชื้อราปฏิปักษ์จะเข้าไปแทนที่เพื่อแย่งอาหารและธาตุที่จำเป็นในดิน และบริเวณรอบๆ รากพืช (Irtwange, 2006) นอกจากนี้ยังปรับสภาพไม่ให้เหมาะกับการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช (Benitez *et al*., 2004)

1.3.3 การเป็นปรสิต เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นพาราไซด์กับเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด โดยการที่เชื้อราไตรโคเดอร์มาสร้างเส้นใยพันรัดเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช แล้วปลดปล่อยเอนไซม์ออกมาเพื่อสลายผนังเส้นใย ก่อนที่จะแทงส่วนของเส้นใยเข้าไปภายในเส้นใยของเชื้อโรค ใช้อาหารจากภายในเส้นใยของเชื้อโรคทำให้กิจกรรมด้านการเจริญของเส้นใยเชื้อโรคลดลงอย่างมาก (Harman *et al*., 2004; Benitez *et al*., 2004; Viterbo *et al*., 2007) การที่เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายเส้นใยของเชื้อราชนิดอื่น เป็นกลไกที่สำคัญในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช เอนไซม์ที่ได้จากเชื้อราไตรโคเดอร์มาผลิต เช่น chitinases, proteases, cellulase และ 1, 3 glucanases (Tang *et al*., 2001; Whipps, 2001; Viterbo *et al*., 2007) ตัวอย่าง ได้แก่ เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ปรสิตกับเชื้อรา *Phytophthora sp., Pytium* sp., *Rhizoctonia sp.* และ *Sclerotium sp.* โดยการสร้างเอนไซม์ 1, 3 glucanase,

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Chitinase และ Cellulase ทำลายเส้นใยเชื้อราดังกล่าวโดย การย่อยสลายผนังเซลล์แล้วเข้าไปเจริญสร้างเส้นใยภายในเส้นใยของเชื้อราก่อโรค (Viterbo *et al.*, 2007) ปัจจุบันเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ได้ถูกนำมาใช้ในการกำจัดโรคราต่างๆ ที่เกิดขึ้นในพืช ทั้งใช้ผสมดิน ผสมปุ๋ย ฉีดพ่นทางต้น และใบ

1.3.4 การชักนำให้เกิดความต้านทาน การชักนำให้เกิดความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชเกิดขึ้นกับทุกพืช ซึ่งเป็นกลไกการต่อต้านการเกิดโรคของพืชเองและเกิดอย่างซับซ้อน (Harman *et al.*, 2004) การเกิดการต้านทานของพืชอาจเกิดเฉพาะที่หรือเกิดทั่วทั้งต้นขึ้นอยู่กับชนิด แหล่งและปริมาณของสิ่งกระตุ้น (Pal and Gardener, 2006) เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถกระตุ้นให้พืชเกิดความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ทั้งเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส (Haggag and Mohaned, 2007; Yedidia *et al.*, 1999) จากการศึกษาของ Harman *et al.*, (2004) พบว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถชักนำให้เกิดการต้านทานในพืชได้ จากการวิจัยของ Bigirimana *et al.* (1997) พบว่า เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T-39 สามารถชักนำให้ใบถั่วต้านทานต่อเชื้อรา *Botrytis cinerea* และ *Colletotrichum lindemuthianum* ได้ถึงแม้ว่าจะใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดนี้ใส่บริเวณที่รากเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้น เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T-39 สามารถชักนำให้มะเขือเทศ พริกไทย ยาสูบ ผักกาดหอม ต้านทานต่อเชื้อรา *Botrytis cinerea* และใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T-203 โดยใช้คลุกเมล็ดในระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิก ช่วยทำให้พืชเกิดความต้านทานต่อโรคในขณะที่เชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ T-22 ที่ใช้คลุกเมล็ดถั่วหรือราดดินสามารถชักนำให้พืชต้านทานต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช *Botrytis cinerea* และ *Xanthomonas campestris pv. Phaseoli* หรือเชื้อราไตรโคเดอร์มา สายพันธุ์นี้ทำให้เกิดความต้านทานต่อเชื้อรา *Alternaria solani* ในมะเขือเทศ ต้านทานต่อ *Colletotrichum graminicola* ในข้าวโพด นอกจากนี้เชื้อราไตรโคเดอร์มายังช่วยส่งเสริม การเจริญเติบโตของพืชและเป็นตัวกระตุ้น (elicitors) ของพืชให้มีความต้านทานต่อโรคพืช ซึ่งปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาฉีดเข้าสู่ลำต้นหรือระบบรากพืชเพื่อจุดประสงค์ในการป้องกันโรคและรักษาพืชที่เป็นโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้ผลยืนต้น

1.3.5 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไม้ดอกไม้ประดับที่ปลูกในกระถาง พืชผัก กล้าไม้ผลที่เพาะด้วยเมล็ดตลอดจนกิ่งปักชำ และพืชหัว โดยช่วยเพิ่มขนาดความสูง น้ำหนักของต้น และช่วยในการสร้างดอกของพืช (จิระเดช, 2547) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของ ผักกาดหอม มะเขือเทศ และพริกไทย โดยผลผลิตเพิ่มมากถึงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับการไม่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (Vinale *et al.*, 2008) โดยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตต่างๆ โดยจะไปขัดขวางหรือทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ ที่รบกวนระบบรากของพืชทำให้ระบบรากพืชสมบูรณ์และแข็งแรง สามารถดูดซับอาหารและแร่ธาตุต่างๆในดินได้ดี เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ที่กลายและสายพันธุ์ดั้งเดิมสามารถผลิต harzianic acid, harzianic acid isomer และ pentylpyrone ได้ ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นและรากแตงกวาได้ทั้งการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ และในระดับโรงเรือน หรือการเพาะเมล็ดที่ปลูกในดินซึ่งปลูกหรือโรยด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาพบว่าเมล็ดจะงอกเร็วกว่าปกติ 2-3 วัน และต้นกล้าจะมีขนาดใหญ่โตกว่าปกติ (จิระเดช, 2547)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

1.4. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาทางการเกษตร

จากการศึกษาค้นคว้าถึงบทบาทและกลไกการทำงานของเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่าสามารถป้องกันกำจัดโรคพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ ทำให้นักวิจัยทำการศึกษาการนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ในการผลิตปุ๋ยเพื่อยับยั้งการเกิดโรคในพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1.4.1 การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตปุ๋ยหมัก การนำเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการผลิตปุ๋ยหมักสิ่งที่สำคัญ คือ สภาพการหมักวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งอาหารของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ฉวีวรรณ (2546) รายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้ออยู่ระหว่าง 30-38 องศาเซลเซียส ความชื้นในดินที่เหมาะสม 50-60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5-6.5 ถ้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะทำให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มปริมาณได้สูงขึ้นภายใน 5–10 วัน ในขณะที่ Kubicek (1998) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของ *Trichoderma viride* ที่ขยายเชื้อในปุ๋ยหมักเมื่อนำไปหว่านลงดินทำให้เพิ่มจำนวนเซลล์ในดินได้มาก และสามารถทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชในดินได้ ปัจจุบันได้นำเอาเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ร่วมกับการผลิตปุ๋ยไม่ว่าจะเป็นการต่อเชื้อด้วยการนำเอาปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้วมาเป็นอาหารให้เชื้อ กรมพัฒนาที่ดินได้ผลิตสารเร่งซุปเปอร์ พด.3 เป็นสารเร่งที่มีเชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้กำจัดโรคพืช ได้แก่ โรครากเน่าโคนเน่าในดินและพืช ในการทำปุ๋ยหมักเพื่อขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มานั้น สิ่งสำคัญคือ วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมักจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการทำงานช่วยขยายปริมาณสปอร์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มาด้วย จากการศึกษาของพิกุล (2550) พบว่าวิธีการที่เหมาะสมในการขยายเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งซุปเปอร์ พด.3 คือการใช้ปุ๋ยหมัก 100 กิโลกรัมผสมกับมูลไก่ 2 กิโลกรัม และหัวเชื้อ 25 กรัม (1 ซอง) มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตมากที่สุด และเมื่อนำไปขยายเชื้อจากสารเร่งซุปเปอร์ พด.3 ในแปลง เพื่อตรวจสอบปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มา เปรียบเทียบกับเชื้อที่ขยายด้วยรำละเอียดและมูลค้างคาว พบว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มาเจริญได้ดีในมูลไก่ เนื่องจากในมูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสม โดยเฉพาะโพแทสเซียมที่มีผลต่อการสร้างเอนไซม์ที่ช่วยให้เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนั้นยังมีการนำเชื้อราไตรโคเดอร์มาใช้ในการป้องกันกำจัดเชื้อสาเหตุของโรคพืชที่ติดมากับวัสดุปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยเฉพาะวัสดุปลูกที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี เช่น ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ และพีทมอส เป็นต้น

1.4.2 การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มากำจัดโรคพืช การนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้โดยการขยายจากเชื้อสด แล้วนำมาฉีดพ่นกับพืช หรือรดลงดินเพื่อใช้ในการกำจัดโรคพืชโดยตรง ซึ่งมีการใช้มากมายเพื่อกำจัดโรคทั้งทางดินและทางพืช ไม่ว่าจะนำมาใช้ในด้านพืชสวนหรือพืชไร่ ส่วนใหญ่จะใช้ในการกำจัดเชื้อที่ก่อให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่า ผลเน่า สาเหตุจากเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรีย ปัจจุบันเชื้อราไตรโคเดอร์มาได้ถูกนำมาผลิตในรูปแบบของผงเพื่อสะดวกต่อการใช้ได้ง่าย และเก็บรักษาได้นาน โครงการพัฒนาวิชาการการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ได้นำเชื้อรา *Trichoderma harzianum* มาใช้ในการกำจัดโรครากเน่าโคนเน่า พบว่า อัตราของปริมาณเชื้อเท่ากับ 6.30 log no. ต่อกรัม ($2x10^{6}$ CFUต่อกรัม) สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อรากเน่าโคนเน่าได้ เมื่อนำไปต่อเชื้อด้วยข้าวสุก นอกจากนี้ชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชที่มีชื่อการค้าว่า อินดิวเซอร์ เป็นเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเดียว สามารถกำจัดเชื้อโรครากเน่าโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อราไฟทอฟธอรา และเชื้อรา *Pythium* sp. โดยใช้ผงเชื้อ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ในอัตรา 20 กรัม ผสมน้ำ 10 ลิตร พบว่ามีปริมาณเชื้อ 6.30 log no. ต่อกรัมวัสดุ ($2x10^6$ CFUต่อกรัม) สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ (อภิรดี, 2560) จากการศึกษาของวาริน และคณะ (2550) พบว่าเมื่อนำเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ทุกสายพันธุ์มาขยายและเพิ่มปริมาณบนปลายข้าวสุกก่อนนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่เตรียมได้ ปริมาณเชื้อ 10 log no. ต่อมิลลิลิตร ($1x10^{10}$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร) มาผสมกับน้ำสะอาดในอัตรา 1:100 โดยปริมาตรก่อนนำไปพ่นในแปลงทุเรียนของเกษตรกรที่ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการพ่นปริมาตร 400 ลิตรต่อทุเรียนต้นโต จำนวน 20 ต้น พ่นทุกเดือนเป็นระยะเวลา 4 เดือน เมื่อตรวจนับปริมาณเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ทั้งในดินและบนใบของทุเรียนพบจำนวนเชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มขึ้นทุกเดือน และเมื่อตรวจสอบปริมาณเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ในดินปลูกทุเรียน พบว่า มีปริมาณลดลงตามปริมาณของเชื้อราไตรโครเดอร์มาที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สามารถควบคุมโรคเน่าระดับดิน (damping-off) ได้ดี และมีคุณสมบัติในการกำจัดและยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิด รวมทั้งยังส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วย

2. เชื้อราไฟทอฟธอรา เป็นราในกลุ่ม โอโอไมซีส พบทั้งที่อยู่ในน้ำและในดินมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาว เป็นสาเหตุของโรคพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิด ทั้งระยะกล้าและระยะไม้ใหญ่ โดยเฉพาะทุเรียน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลผลิต

2.1. เชื้อราไฟทอฟธอราในทุเรียน

เชื้อรา *Phytophthora palmivora* เป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคโคนเน่าและผลเน่าของทุเรียนในดิน โดยจะอาศัยอยู่บนเศษซากพืชที่เคยเป็นโรค เศษอินทรียวัตถุในดินหรือบนพืชอาศัยบางชนิด สามารถดำรงชีวิตอยู่ข้ามฤดู ถ้าอยู่ในดินจะสร้างเส้นใยผนังหนารูปร่างกลมเรียกว่า chlamydospore มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยเพศเมียจะสร้าง oogonium เพศผู้สร้าง antheridium เกิดสปอร์ผนังหนาเรียก oospore สปอร์ทั้ง 2 ชนิดมีความคงทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกเจริญเป็นเส้นใยสร้าง sporangium เมื่อมีความชื้นสูงจะปล่อย zoospore เข้าทำลายรากพืช ซึ่งในฤดูฝนมีความชื้นสูงเชื้อโรคตามผิวดินจะผลิตสปอร์และสามารถแพร่กระจายโดยอาศัยลม และความชื้นไปตกตามยอดใบและส่วนต่างๆ ของทุเรียนเกิดการลุกลามของโรคทำให้ทุเรียนแสดงอาการต้นโทรมอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ย ยอดไหม้แห้ง มีอาการลำต้นหรือรากเน่า แฉะฉ่ำน้ำจนเปลือกล่อน ระบบรากเสียไม่มีรากฝอย (ธรรมศักดิ์, 2532) นอกจากนั้น กลุ่มเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ยังสามารถเข้าทำลายพืชเศรษฐกิจได้หลายชนิด เช่น ไม้เนื้อแข็ง ยางพารา มะละกอ อะโวกาโด โกโก้ ทุเรียน พริกไทย กระเจี๊ยบ ละหุ่ง ปาล์ม (Suzui *et al*., 1976) สอดคล้องกับการรายงานของอุดม (2532) พบว่าเชื้อรา *Phytophthora palmivora* เป็นสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน

2.2. การยับยั้งและป้องกันเชื้อราไฟทอฟธอราในทุเรียน

เชื้อราไฟทอฟธอรานี้เป็นพวกเชื้อราในดินและก่อเกิดโรคที่รากทำให้ยากแก่การป้องกันกำจัด การใช้พันธุ์ทุเรียนที่อ่อนแอเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเข้าทำลายของเชื้อรา และความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การใช้ทุเรียนพันธุ์ดอนหรือทุเรียนนกตรังเป็นต้นตอช่วยให้ต้นทุเรียนมีความต้านทานโรคได้ดี การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจะช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นปฏิปักษ์อยู่ในดินทำให้ยับยั้งการเกิดโรคได้ เช่นการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ใส่ลงไปในดินจะมีผลต่อการลดปริมาณเชื้อสาเหตุการเกิดโรคพืช (กนกนาฏ, 2540) การจัดระบายน้ำในสวนเพื่อไม่ให้น้ำขังในฤดูฝนช่วยให้สภาพดินไม่ชื้นหรือแฉะสามารถลดการแพร่ระบาดของโรคได้ ซึ่งปัจจุบันมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรค เช่น etridiazole, fosetyl-Al, phosphonic และ metalaxyl (รัตติยา, 2535; Ferrin and Kobashima, 1991) แต่การใช้สารเคมีในปริมาณมากและระยะเวลานานจะทำให้เชื้อรา *Phytophthora palmivora* ต้านทานต่อสารเคมี อีกทั้งสารเคมีส่วนใหญ่ใช้ลักษณะการฉีดพ่นทำให้เกิดการสูญเสียค่อนข้างสูง ดังนั้นการจัดการโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุในแปลงปลูกทุเรียนเป็นการจัดการที่ได้ผลอย่างดี เนื่องจากการเพิ่มอินทรียวัตถุ เป็นการเพิ่มอาหารให้กับจุลินทรีย์ในดิน โดยเฉพาะกลุ่มของแอคติโนไมซีส (Actinomycetes) เชื้อราไตรโคเดอร์มาเมื่อจุลินทรีย์ได้รับอาหารที่เพียงพอจะทำให้เกิดการขยายจำนวนเพิ่มมากขึ้นทำให้ไปแข่งขันกับเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ส่งผลให้เชื้อราอ่อนแอทำให้เชื้อราที่เป็นปฏิปักษ์เข้าทำลายได้ง่าย ทำให้เชื้อโรคต่างๆ ถูกทำลายลง ซึ่งสมศิริ และปัจจมา (2545) ใช้แนวทางการควบคุมโรคพืชจากกลุ่มเชื้อรา *Phytophthora palmivora* โดยวิธีการต่างๆ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกจากมูลวัว มูลไก่ และมูลค้างคาว บริเวณรอบโคนต้นในอัตรา 25 และ 30 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณเชื้อที่เป็นปฏิปักษ์และลดปริมาณเชื้อสาเหตุของโรคพืช *Pseudomonas fluorescens* และเชื้อทั้งหมดได้ดี เนื่องจากการใส่ปุ๋ยคอกเป็นการเพิ่มอาหารให้เชื้อปฏิปักษ์ได้เจริญและขยายเพิ่มจำนวน การใช้ผงเชื้อราไตรโคเดอร์มา โรยบริเวณโคนต้นในอัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อต้น และการคลุมฟางช่วยเพิ่มปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มา อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณ ผลเน่าที่เกิดจากการวางผลทุเรียนที่เก็บเกี่ยวไว้โคนต้นทุเรียนก่อนขนย้ายนำไปบ่มให้สุกซึ่งสอดคล้องกับ Aryantha *et al.*, (2000) ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ต่อการเกิดโรครากเน่าสาเหตุจากเชื้อรา *Phytophthora cinnamomi* การใช้มูลไก่หมักเป็นเวลา 5 สัปดาห์ สามารถลดความรุนแรง และการพัฒนาของโรค *Lupinus albus* ของต้นกล้าได้ดีกว่าการหมักที่ 2 สัปดาห์ มูลวัว มูลแกะ และมูลม้า ไม่สามารถยับยั้งปริมาณของเชื้อรา *Phytophthora cinnamomi* ได้แต่มูลสัตว์จะไปเพิ่มสารอินทรีย์ในดิน ซึ่งจากการวิเคราะห์กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตพบปริมาณของ *Actinomycetes*, *Pseudomonad fluorescent* และเชื้อราพบว่าปริมาณจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรค ซึ่งหมายถึงการใช้มูลสัตว์สามารถลดการเกิดโรคได้ นอกจากการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุแล้ว ยังมีการนำเอาเชื้อปฏิปักษ์มาใช้ในการกำจัดโรค ซึ่งจากการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ส่วนผสมของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ซึ่งประกอบไปด้วยผงไดอะตอมไมท์ รำข้าว และปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1:8:5:16 โดยน้ำหนักร่วมกับสารเคมีควบคุมเชื้อราในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มาทุกไอโซเลท สามารถลดปริมาณเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในดินได้ และใช้ส่วนผสมของผงเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ร่วมกับสาร metalaxyl 1,250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora parasitica* เมื่อทดสอบในเรือนปลูกพืชทดลองกับกล้าส้มเขียวหวานอายุ 1 ปี ให้ผลที่สอดคล้องกับในห้องปฏิบัติการโดยช่วยลดการเกิดโรครากเน่าของส้มได้ดี (สุธามาศ, 2537) นอกจากนั้น กนกนาฏ (2540) ได้ศึกษาประสิทธิภาพส่วนผสมของผงเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

CB-Pin-01 โดยใช้ร่วมกับอาหารเสริม (รำข้าวละเอียด) และสารเสริม (ปุ๋ยหมัก) อัตราส่วน 1:4:10 โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการหว่านบริเวณใต้ทรงพุ่มของทุเรียนอัตรา 50 กรัมต่อตารางเมตร เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับการหว่านสารเคมี metalaxyl ชนิดเม็ด การฉีดพ่นและราดด้วยสารเคมี metalaxyl หรือใช้ร่วมกับการฉีดพ่นด้วยสารบำรุงพืช ในสภาพสวน 4 สวน คือ จังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี พบว่าปริมาณเชื้อรา *Trichoderma harzianum* มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น และสามารถยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ทำให้ต้นทุเรียนมีความสมบูรณ์ขึ้น

3.ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เกิดจากการนำซากพืชหรือเศษเหลือจากพืชมาหมักรวมกันในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม และผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์จนเปลี่ยนสภาพไปจากเดิมเป็นวัสดุที่มีลักษณะอ่อนนุ่มเปื่อยยุ่ยไม่แข็งกระด้างและมีสีน้ำตาลปนดำ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2558)

3.1. คุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่หมักสมบูรณ์แล้ว กระบวนการย่อยสลายของเศษพืช และสัตว์จะต้องอาศัยปัจจัยต่างๆเพื่อสนับสนุนกิจกรรมการสลายของจุลินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลา โดยวัสดุที่ย่อยสลายเสร็จสมบุรณ์แล้วมีลักษณะดังนี้ (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2558)

3.1.1 สีของปุ๋ยหมัก จะมีสีเข้มขึ้นแตกต่างจากกองปุ๋ยใหม่ๆ เป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำซึ่งเป็นสีของปุ๋ยหมัก

3.1.2 อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก เมื่อเริ่มกองปุ๋ยช่วงประมาณ 2-3 วัน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะร้อนมากแต่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยจะเย็นลงจนกระทั้งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก จึงถือว่ากระบวนการหมักสมบูรณ์แล้ว พิทยากร และเสียงแจ๋ว (2540) รายงานว่าช่วงอุณหภูมิของกองปุ๋ยที่อยู่ระหว่าง 30-75 องศาเซลเซียส จะพบจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรีย (Bacteria) กลุ่มเชื้อรา (Fungi) และแอคติโนมัยซีส (Actinomycetes) เช่น จุลินทรีย์จำพวกบางชนิดที่สร้างสารปฏิชีวนะออกมาก็ช่วยทำลายเชื้อโรคได้ ยังทำลายไข่ของแมลงและเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักอีกทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำปุ๋ยหมัก

3.1.3 ลักษณะความอ่อนนุ่มของเศษพืช วัสดุเศษพืชจะอ่อนนุ่มยุ่ยขาดออกจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้าง และไม่เป็นก้อน มีขนาดอนุภาคที่เล็กมาก เมื่อใส่ลงไปใส่ดินจะย่อยสลายได้เร็ว

3.1.4 กลิ่นของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้วจะมีกลิ่นหอมเหมือนกลิ่นดิน ถ้าหากมีกลิ่นฉุนหรือกลิ่นฟาง หมายถึง กระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยหมักยังไม่สมบูรณ์จะต้องหมักต่อ หรือจะต้องเพิ่มอินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ลงไปซึ่งจะช่วยให้กระบวนการหมักได้เร็วยิ่งขึ้น

3.1.5 ต้นพืชสามารถเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้ หมายถึง ปุ๋ยหมักย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว และไม่มีสิ่งเจือปนที่เป็นอันตรายต่อพืช

3.1.6 ค่าวิเคราะห์เคมี ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายจนสมบูรณ์แล้วจะมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับหรือน้อยกว่า 20:1

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3.2. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยหมัก (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2558)

3.2.1 ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก

1) ขนาดและรูปร่างของเศษวัสดุหมัก ต้องมีขนาดเล็กและมีขนาดที่เหมาะสมเพื่อสามารถถูกย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักได้ดีและเร็วกว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่ โดยวัสดุหมักที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมาก ทำให้การระบายอากาศในกองปุ๋ยหมักไม่ดี อากาศผ่านเข้า-ออกได้ยาก ในขณะเดียวกันวัสดุหมักที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้มีพื้นที่ผิวลดลงกระบวนการย่อยสลายเกิดได้ช้า

2) ความสดของเศษพืชถ้าใช้เศษพืชสดต้องนำไปตากแดดก่อนเพื่อลดความชื้น เพื่อช่วยให้กองปุ๋ยหมักไม่ชื้นมากจนเกินไป และสามารถระบายอากาศได้ดี

3.2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก สามารถเติมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งอาหารให้แก่จุลินทรีย์ได้ เพื่อช่วยให้เกิดการย่อยสลายของปุ๋ยหมักได้ดีขึ้น เช่น มูลสัตว์ต่างๆ ยูเรีย และกากน้ำตาลเป็นต้น ซึ่งในการผลิตปุ๋ยหมักจำนวน 1 ตัน สามารถใช้น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากปลาจำนวน 9 ลิตร แทนยูเรียจำนวน 2 กิโลกรัมได้เช่นกัน

3.2.3 ความชื้นในกองปุ๋ยหมักควรเติมน้ำประมาณร้อยละ 50–60 โดยน้ำหนัก ในกองปุ๋ยหมักเพื่อให้มีความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่แฉะจนเกินไป ซึ่งเหมาะแก่การย่อยสลาย โดยถ้าความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 30 กิจกรรมการย่อยสลายจะเกิดขึ้นช้าๆ ในขณะที่ความชื้นมากกว่าร้อยละ 80 จะทำให้ขาดออกซิเจนการย่อยสลายช้าลง

3.2.4 การระบายอากาศในกองปุ๋ยหมัก โดยการกลับกองปุ๋ยหมักอย่างสม่ำเสมอเพื่อช่วยระบายอากาศเพิ่มออกซิเจนให้แก่กองปุ๋ย และคลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากันเพื่อช่วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพ

3.3. มาตรฐานและคุณค่าทางธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ เมื่อนำมาหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์จะมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ดังนั้นต้องมีการกำหนดระดับของพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ และไม่ส่งผลกระทบต่อพืช สำหรับประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์เป็นสภาพชื้น (กรมวิชาการเกษตร, 2551; กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) ซึ่งประกอบด้วย

3.3.1 ขนาดของปุ๋ยหมัก บ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของการย่อยสลาย สามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 12.5x12.5 มิลลิเมตร

3.3.2 ปริมาณความชื้น และสิ่งที่ระเหยได้ ปุ๋ยหมักที่ดีควรมีความชื้นที่เหมาะสมของปุ๋ยหลังย่อยสลายสมบูรณ์แล้วไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

3.3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ ควรจะมีค่าอินทรียวัตถุอยู่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20

3.3.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมัก เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลาย เช่น กรดอินทรีย์ หรือแอมโมเนียที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ คือ 5.5-8.5

3.3.5 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน เป็นสมบัติที่บ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของการย่อยสลาย และเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพจะต้องมีค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนไม่เกิน 20:1

3.3.6 ค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่วัดเพื่อแสดงถึงความเค็มของเกลือที่ละลายในน้ำในปุ๋ยหมัก ค่าการนำไฟฟ้าไม่ควรเกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

3.3.7 ปริมาณของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารหลักโดยปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2 ประกอบด้วย ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K) ธาตุละไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก

3.3.8 ปริมาณกรวด กำหนดปริมาณไว้ไม่ควรเกินร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

4. ปูนโดโลไมท์

เป็นแร่ที่เกิดจากหินตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทับถมกันมีสีต่างๆ กัน เช่น เทา ชมพู ขาว มีลักษณะคล้ายแร่คัลไซต์แต่ละลายเกลือได้น้อยกว่า มีสูตรเคมี คือ $CaMg(CO_3)_2$ มีส่วนประกอบทางเคมี แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ร้อยละ 54.95 แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ร้อยละ 45.65 หรือ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 21.7 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 30.42 และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 47.9 และข้อกำหนดการนำปูนไปใช้ภายในประเทศเพื่อการเกษตร และผลิตหินเกล็ดควรประกอบด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ 21 และ แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 31 โดยทั่วไปเป็นปูนที่มักเป็นแร่ที่เกิดปะปนมากับหินปูนประเภท limestone มีปริมาณแมกนีเซียมแตกต่างกันออกไป หินโดโลไมท์บดใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ดี นอกจากจะช่วยปรับระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เพิ่มขึ้นได้แล้ว ยังให้ธาตุอาหารพืชทั้งแคลเซียม และแมกนีเซียมอีกด้วย ซึ่งมีค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ระหว่าง 80-100 (เจริญ และรสมาลิน, 2542) จากรายงานของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าปูนช่วยเพิ่มและส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่มีประโยชน์ต่อพืช เช่น จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุสามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามปกติที่ระดับความเป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง และการใส่ปูนจะช่วยลดการเกิดอาการโรครากเน่าโคนเน่าของพืช ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้ได้ประมาณ 6.5-7.0 ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช (จุมพล และอรพรรณ, 2535) ซึ่งการใส่ปูนขาวและปูนโดโลไมท์ร่วมกับการทำปุ๋ยหมัก ช่วยปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างให้สูงขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 5.5-8.0 ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ (สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, 2542)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ

เริ่มต้นการทดลองเดือนมิถุนายน 2557 สิ้นสุดการทดลองเดือนกันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ

พื้นที่สถานีพัฒนาที่ดินจันทบุรี ตำบลนายายอาม อำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี
UTM 47P 810992 N 1411505

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เปลือกทุเรียน
2. มูลสัตว์ (มูลไก่ไข่)
3. เชื้อราไฟทอฟธอรา
4. เชื้อราไตรโคเดอร์มา
5. อาหาร Gochenaur's glucose ammonium nitrate agar สำหรับวิเคราะห์ปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา และเชื้อราไตรโคเดอร์มา (Gochenaur, 1964)
6. ปูนโดโลไมท์
7. ผ้าใบพลาสติกหรือตาข่ายกรองแสง
8. เทอร์โมมิเตอร์
9. เครื่องชั่งน้ำหนัก
10. เครื่องย่อยวัสดุ
11. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น จอบ บัวรดน้ำ

วิธีดำเนินการ

1. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4 ตำรับทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 เปลือกทุเรียนอย่างเดียว
ตำรับที่ 2 เปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา
ตำรับที่ 3 เปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา และปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์
ตำรับที่ 4 เปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2. การเตรียมวัสดุทำปุ๋ยหมัก

2.1 เปลือกทุเรียน นำวัสดุเปลือกทุเรียนมาย่อยให้มีขนาดประมาณ 2-5 เซนติเมตร จำนวนน้ำหนัก 200 กิโลกรัมต่อกอง

2.2 มูลสัตว์ (มูลไก่ไข่) ใช้มูลไก่ไข่ อัตรา 40 กิโลกรัมต่อเปลือกทุเรียน 200 กิโลกรัม (อัตรา 200 กิโลโลกรัมต่อวัสดุเปลือกทุเรียน 1 ตัน)

2.3 ปูนโดโลไมท์ ใส่วัสดุ 4 กิโลกรัม ต่อเปลือกทุเรียน 200 กิโลกรัม (อัตรา 20 กิโลกรัมต่อวัสดุเปลือกทุเรียน 1 ตัน)

2.4 นำเปลือกทุเรียนมาตั้งกองทำปุ๋ยหมัก ขนาดกว้าง 1.50 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 30 เซนติเมตร นำมูลสัตว์ (มูลไก่ไข่) 40 กิโลกรัม มาผสมในกองปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทุกตำรับการทดลอง ส่วนตำรับที่ 3 และ 4 ใส่ปูนโดโลไมท์ จำนวน 4 กิโลกรัม หว่านให้ทั่วกองแล้วคลุกเคล้ากองปุ๋ยหมัก นำผ้าใบพลาสติกหรือตาข่ายกรองแสงคลุมกองปุ๋ยหมัก เพื่อลดการระเหยน้ำ

3. การเตรียมหัวเชื้อราไฟทอฟธอรา

3.1 การขยายสปอร์เชื้อราไฟทอฟธอรา โดยการขยายเชื้อในสูตรอาหารวุ้น Gochenaur's glucose ammonium nitrate agar (Gochenaur, 1964) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อให้เชื้อราไฟทอฟธอราเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.2 การนำเชื้อราไฟทอฟธอราไปใส่ในกองปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน นำเชื้อราไฟทอฟธอราที่เจริญในรูปของสปอร์เต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 1 จาน (plate) มาปั่นให้ละเอียดผสมกับน้ำเปล่าปริมาณ 1 ลิตร ให้มีความเข็มข้นของสปอร์ไม่น้อยกว่า 10^8 โคโลนีสปอร์ต่อมิลลิลิตร แล้วนำน้ำที่มีสปอร์เชื้อราที่ได้ มาเจือจางในน้ำเปล่า (dilute) ให้เป็นปริมาณ 10 ลิตร ใส่บัวรดน้ำ รดให้ทั่วทั้งกองปุ๋ยหมักตำรับที่ 2 3 และ 4 ที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 7 วัน คลุกเคล้ากองปุ๋ยหมักทั่วกองให้สม่ำเสมอ

4. การเตรียมสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มา

4.1 การขยายสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยการขยายเชื้อในสูตรอาหารวุ้น Gochenaur's glucose ammonium nitrate agar (Gochenaur, 1964) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.2 การเตรียมต้นตอเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยทำการเพิ่มปริมาณเชื้อในฟลาสต์ (flask) ข้าวฟ่างขนาด 250 มิลลิลิตร สูตรอาหารประกอบด้วย ข้าวฟ่าง และรำหยาบ ในอัตราส่วน 4:1 ใส่น้ำ 45 มิลลิลิตร เพื่อปรับความชื้น แล้วนำเข้าเครื่อง autoclave ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องสาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อทำให้ปลอดเชื้อและข้าวฟ่างสุก จากนั้นให้นำ flask ของข้าวฟ่างออกมาผึ่งให้อุณหภูมิลดลง บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน (เสียงแจ๋ว, 2549)

4.3 การเตรียมหัวเชื้อราไฟทอฟธอรารูปแบบผง โดยการเพิ่มปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาในข้าวฟ่างและรำหยาบ ในอัตราส่วน 4:1 ซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกร้อน มีวิธีเตรียมดังนี้ คือ เตรียมถุงพลาสติกร้อน ขนาด 8 x 12 นิ้ว โดยใช้ข้าวฟ่างน้ำหนัก 45 กรัม ผสมกับรำหยาบ น้ำหนัก 9 กรัม ลงในถุงร้อน และเติมน้ำ 45 มิลลิลิตร แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้น

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผึ่งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เมื่อข้าวฟ่างในถุงเย็นลง จะทำการถ่ายเชื้อจากใน flask ที่เตรียมต้นตอเชื้อถ่ายลงในถุงข้าวฟ่าง บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วัน จากนั้นนำเชื้อที่เพิ่มปริมาณในข้าวฟ่าง 2.5 ถุง มาคลุกเคล้าในวัสดุรองรับ โดยใช้ปุ๋ยหมัก 5 กิโลกรัม ผสมกับรำหยาบ 1.25 กิโลกรัม ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง (เสียงแจ๋ว, 2549)

4.4 นำหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ อัตรา 250 กรัม ผสมกับน้ำเปล่าจำนวน 10 ลิตร ใส่บัวรดน้ำคนให้ทั่ว นำไปรดให้ทั่วทั้งกองปุ๋ยหมักตำรับที่ 4 ที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 15 วัน คลุกเคล้ากองปุ๋ยหมักทั่วกองให้สม่ำเสมอ (เสียงแจ๋ว, 2549)

5. กองปุ๋ยหมักตำรับที่หมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียวไม่มีการใส่เชื้อราไฟทอฟธอราและเชื้อราไตรโคเดอร์มา ให้รดน้ำเปล่าปริมาณ 10 ลิตร เพื่อมีสภาพแวดล้อมทุกตำรับการทดลองให้เหมือนกัน

6. กลับกองปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทุก 15 วัน เพื่อคลุกเคล้าให้ปุ๋ยหมักมีความสม่ำเสมอกันถึงระยะเวลา 60 วัน และรักษาความชื้นกองปุ๋ยหมักอยู่ในระดับประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

7. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

7.1 สมบัติทางกายภาพ ให้วัดอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมัก โดยวัดที่ระยะเริ่มกองปุ๋ยหมักและก่อนกลับกองปุ๋ยหมัก หลังหมักปุ๋ยแล้วทุก 15 วัน จำนวน 5 ครั้ง

7.2. สมบัติทางชีวภาพ โดยเก็บตัวอย่างกองปุ๋ยหมักเพื่อตรวจนับปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาและเชื้อราไฟทอฟธอรา ที่ระยะหลังการหมักปุ๋ยแล้ว 30 วัน และ 60 วัน

7.3 สมบัติทางเคมี โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตัวอย่างกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยวิธีการ Electrometric method (Peech, 1953) ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) โดยวิธีการ Titration method (Walkley and Black, 1934 และ Graham, 1948) ปริมาณไนโตรเจน (N) โดยวิธีการ Kjeldahl method (AOAC, 1990) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ใช้วิธีการ Colorimetry (Barton, 1948) ปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ใช้วิธีการ Flame emission spectrophotometry (Jackson, 1958) ปริมาณแคลเซียม (Ca) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) โดยวิธีการ Atomic Absorption and flame photometry (Isaac and Kerber, 1971) ทั้ง 2 ระยะ

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป STAR version 8.0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการใช้เชื้อราไตรโครเดอร์มาและปูนโดโลไมท์ต่อการควบคุมปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน มีผลการศึกษาวิจัยมีดังนี้

1. สมบัติทางชีวภาพของปุ๋ยหมัก

จากการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทั้ง 4 ตำรับ ที่ระยะเวลาการหมัก 30 และ 60 วัน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ได้ผลดังนี้

1.1 ปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

ที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 30 วัน จากการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรามากที่สุด คือ 6.17 log no. ต่อกรัมวัสดุ รองลงมาได้แก่ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา ร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีเท่ากับ 3.37 log no. ต่อกรัมวัสดุ ส่วนตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว มีเท่ากับ 2.33 log no. ต่อกรัมวัสดุ และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา ร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราต่ำที่สุด เท่ากับ 0.83 log no. ต่อกรัมวัสดุ (ตารางที่ 1)

ที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 60 วัน จากการศึกษาปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน พบว่า มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรามากที่สุด เท่ากับ 4.80 log no. ต่อกรัมวัสดุ รองลงมาได้แก่ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา ร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนเดียวอย่างเดียว มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา มีค่าเท่ากับ 3.03 และ 2.23 log no. ต่อกรัมวัสดุ ตามลำดับ ส่วนตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา ร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราน้อยที่สุด คือ 0.33 log no. ต่อกรัมวัสดุ (ตารางที่ 1)

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราที่ช่วงเวลาการหมัก 30 และ 60 วัน พบว่า ปริมาณเชื้อราไฟทอปธอราของตำรับที่ใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนร่วมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา พบว่า ปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราที่ช่วงเวลาหมัก 60 วัน มีจำนวนลดลงเมื่อเปรียบเทียบจากค่าที่ตรวจวัดที่ช่วงเวลาหมัก 30 วัน ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใส่ปูน และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ในตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีผลในการยับยั้งปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราในปุ๋ยหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ เสียงแจ๋ว (2549) และกนกนาฏ (2540)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ที่รายงานว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มามีผลในการทำลายการงอกของสปอร์ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไฟทอฟธอรา การศึกษาของ Kelley (1997) พบว่าการเพิ่มขึ้นของเชื้อปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไฟทอฟธอรา และที่ช่วงเวลา 21 วันหลังการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มามีผลทำให้เชื้อราไฟทอฟธอรามีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้น Messenegr *et al*. (1997) รายงานว่าการใส่ปูนโดโลไมท์ที่มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นองค์ประกอบร่วมกับการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยลดปริมาณและกำจัดเชื้อราไฟทอฟธอราให้ลดลงได้ แต่อย่างไรก็ตาม การทำงานของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชจะต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณอาหาร สภาพแวดล้อมของพื้นที่ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมามีการแนะนำให้ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในปริมาณ 6.28 log no.ต่อกรัมวัสดุ (1.9×10^6 โคโลนีต่อกรัมวัสดุ) ในการยับยั้งและป้องกันเชื้อสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่า (โครงการพัฒนาวิชาการการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ, 2559) ที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน พบว่าตำรับปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนอย่างเดียวมีการลดลงของเชื้อราไฟทอฟธอราช้ากว่าตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา แสดงให้เห็นว่าการใส่ปูนโดโลไมท์และเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีผลยับยั้งทำให้เชื้อราไฟทอฟธอราลดลง โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา เชื้อราไฟทอฟธอราลดลงเร็วกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอรา (log no. ต่อกรัมวัสดุ) ของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	2.33	2.23
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	6.17	4.80
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	3.37	3.03
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	0.83	0.33
F-test	**	**
$LSD_{0.01}$	1.31	1.51
C.V. (%)	15.05	21.24

<u>หมายเหตุ</u> ** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (หรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

1.2 ปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

ที่ระยะเวลาหมัก 30 วัน จากการศึกษา พบว่า ปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มามากที่สุด 5.60 log no. ต่อกรัมวัสดุ รองลงมาได้แก่ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเชื้อ 3.17 log no. ต่อกรัมวัสดุ ส่วนตำรับปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียว และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา มีปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีปริมาณน้อยที่สุด คือ 2.20 log no. ต่อกรัมวัสดุ (ตารางที่ 2)

ที่ระยะเวลาหมัก 60 วัน จากการศึกษา พบว่า ปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มามีปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.17 log no. ต่อกรัมวัสดุ รองลงมาได้แก่ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา และตำรับปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียว มีปริมาณเชื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณเชื้อ เท่ากับ 3.50 2.80 และ 2.70 log no. ต่อกรัมวัสดุ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ช่วงเวลาการหมัก 30 และ 60 วัน พบว่า ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเชื้อไตรโคเดอร์มาไม่เปลี่ยนแปลง ยกเว้นตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ทำให้เชื้อราไตรโคเดอร์มามีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 5.60 เป็น 6.17 log no ต่อกรัมวัสดุ ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มาอาศัยอาหารเพื่อการเจริญเติบโตจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่มีโครงสร้างซับซ้อน เพื่อใช้เป็นอาหารในตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ ที่มีการใช้ปูนโดโลไมท์ร่วมในการหมัก และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่มีการใช้ปูนโดโลไมท์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มามีปริมาณของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสูงกว่าอีก 2 ตำรับการทดลอง สาเหตุเนื่องมาจากปูนโดโลไมท์มีธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ซึ่งช่วยในการสร้างเอนไซม์ที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช ทำให้การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกิดขึ้นได้ดีมากยิ่งขึ้น (Chutichude *et al*., 2010) และการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาในตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า มีปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์ในปริมาณที่สูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างชัดเจน ส่วนในตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา มีการพบเชื้อราไตรโคเดอร์มาเนื่องจากเชื้อชนิดนี้สามารถอาศัยในธรรมชาติได้ (Hermosa *et al*, 2012) และอาจติดมากับเปลือกทุเรียนที่นำมาหมักร่วมกับมูลไก่ไข่โดยที่ไม่ได้มีการนึ่งฆ่าเชื้อ (Hutchinson., 1999) เป็นที่น่าสังเกตว่า ในขณะที่เชื้อราไฟทอฟธอรามีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาหมัก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เพิ่มขึ้น ซึ่งสาเหตุหลักๆ มาจากที่เชื้อราไตรโคเดอร์มามีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราไฟทอฟธอรา ในขณะที่เชื้อราไตรโคเดอร์มายังคงสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์อยู่ในปุ๋ยหมักได้ดี (Piriyaprin, 2014)

ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มา (log no. ต่อกรัมวัสดุ) ของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	2.20	2.70
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	2.20	2.80
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	3.17	3.50
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	5.60	6.17
F-test	**	**
$LSD_{0.01}$	0.81	1.30
C.V. (%)	9.03	12.60

หมายเหตุ ** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (หรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง)

2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักก่อนกลับกองปุ๋ยทุกระยะ 15 วัน โดยวัดอุณหภูมิที่ระยะเวลาเริ่มแรก 15 30 45 และ 60 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีอุณหภูมิที่เริ่มต้นอยู่ในช่วง 30.11-37.00 องศาเซลเซียส (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.50 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ระยะเวลาหมักนาน 15 วัน โดยมีอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่ในช่วง 37.57-43.22 องศาเซลเซียส (เฉลี่ย 39.53 องศาเซลเซียส) และหลังจากหมักไปแล้ว 15 วัน อุณหภูมิของทุกตำรับจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาที่ 30 45 จนสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 60 วัน มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 36.25 33.72 และ 31.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ซึ่งจะพบได้ว่า ตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์ เชื้อราไฟทอฟธอรา และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ไม่มีผลต่ออุณหภูมิของกองปุ๋ยหมัก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักระหว่างตำรับการทดลอง ซึ่งในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยระยะเริ่มต้นของการหมักอุณหภูมิมีค่าไม่สูงมาก อยู่ในช่วง 25–45 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากมีการทำงานของจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซีส เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ย 45–65 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอกกองปุ๋ย หมายถึง กระบวนการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งพบว่า

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ที่ระยะเวลา 60 วัน ซึ่งเป็นอุณหภูมิตามสภาพอากาศ จากการรายงาน พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อราไตรโคเดอร์มาอยู่ในช่วงระหว่าง 30-38 องศาเซลเซียส ความชื้นในดินที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.5-6.5 ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะทำให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มจำนวนได้สูงขึ้นภายในระยะเวลา 5–10 วัน (ฉวีวรรณ, 2546)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลาต่างๆกัน (องศาเซลเซียส)

ตำรับการทดลอง	วัน				
	เริ่มต้น	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	31.89	43.22	36.11	35.11	32.89
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	30.11	39.22	35.44	33.22	31.89
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	37.00	38.11	36.11	33.22	30.45
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์+เชื้อราไตรโคเดอร์มา	35.00	37.57	37.33	33.33	32.56
ค่าเฉลี่ย	35.50	39.53	36.25	33.72	31.95
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	12.50	8.24	5.01	3.09	5.48

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3. สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน

จากการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทั้ง 4 ตำรับที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน วิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก ผลวิเคราะห์มีดังนี้

3.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักสูงที่สุด 8.2 รองลงมาได้แก่ ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมัก เท่ากับ 7.90 สำหรับตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา และตำรับที่ใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมัก เท่ากับ 7.50 และ 7.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่า ทุกตำรับมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับที่ใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา ร่วมกับ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักลดลงเกือบเป็นกลาง (pH 7.93) (ตารางที่ 4)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ มีความเป็น buffer ที่ดีโดยควบคุมระดับความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักให้เป็นกลาง (เสียงแจ๋ว และคณะ, 2540) และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่กรมวิชาการเกษตรและกรมพัฒนาที่ดินกำหนดที่ไม่ควรเกินค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2551; สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2556) เนื่องจากใช้มูลไก่ไข่เป็นส่วนผสมหลักของปุ๋ยหมัก และปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นเบส เช่น แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่ง Zhang (1998) รายงานว่าปุ๋ยหมักมูลไก่มีปริมาณแคลเซียมที่น้ำหนักแห้งเท่ากับ 45 กิโลกรัมต่อปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัม

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังการหมัก	60 วัน หลังการหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	7.00	8.83
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	7.50	8.29
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	7.90	8.67
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	8.20	7.93
F-test	**	ns
$LSD_{0.01}$	0.25	0.17
C.V. (%)	1.18	3.48

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (หรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง)

3.2 อินทรียวัตถุ (OM)

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 79.56-83.45 (ตารางที่ 5)

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่สุดเท่ากับ 39.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา และตำรับที่มี

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมี 34.63 31.59 และ 29.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

การเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักในช่วงระยะเวลา 30 และ 60 วัน ตำรับที่ใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า ที่ 60 วันหลังหมัก ตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์จะมีผลทำให้อินทรียวัตถุเกิดการย่อยสลายได้เร็วกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปูนโดโลไมท์ เนื่องจากตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์มีปริมาณจุลินทรีย์เจริญได้ดีกว่าจึงเกิดการย่อยสลายมากกว่า ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของ Haynes and Naidu (1998) ที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างอิทธิพลของการใส่ปูนที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สลายตัว

ตารางที่ 5 ค่าปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	81.84	34.63
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	83.12	39.89
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	79.56	29.25
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	83.45	31.59
F-test	ns	*
$LSD_{0.05}$	-	6.97
C.V. (%)	5.02	10.95

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันที่ระดับระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (หรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ)

3.3 ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน จากการศึกษาค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง 32.33-33.67 (ตารางที่ 6)

ที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 60 วัน พบว่า ทุกตำรับมีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 7.33-8.00 โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักน้อยที่สุดค่าเท่ากับ 7.33 (ตารางที่ 6)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในระหว่างกระบวนการย่อยสลายมีอัตราส่วนที่ลดลงในระยะเวลาการหมัก 60 วัน ซึ่งมีผลเนื่องมาจากกระบวนการหมักและสภาพแวดล้อม โดยปริมาณคาร์บอนจะลดลง เนื่องมาจากถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน โดยจุลินทรีย์และปริมาณคาร์บอน จะอยู่ในระดับค่อนข้างคงที่ เมื่อเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว ซึ่งทำให้กิจกรรมย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ลดลง (เสียงแจ๋ว และคณะ, 2546) รวมถึงอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนจะลดลงเมื่อระยะเวลาหมักผ่านไปและปุ๋ยหมักที่พร้อมใช้ควรจะมีอัตราส่วนน้อยกว่า 20:1 (Azim *et al*., 2014)

ตารางที่ 6 ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ60 วัน

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	32.67	8.00
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	32.33	8.67
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	32.67	7.33
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	33.67	7.67
F-test	ns	ns
C.V. (%)	7.66	10.94

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.4 ปริมาณไนโตรเจน (N) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณธาตุไนโตรเจนของปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง 1.41-1.49 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วันเมื่อสิ้นสุดการหมัก มีปริมาณไนโตรเจนที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 2.24-2.59 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) และพบว่าที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 60 วัน มีปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะ 30 วัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	1.46	2.43
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+ใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา	1.49	2.59
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+ใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	1.41	2.24
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+ใส่เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์2 เปอร์เซ็นต์ +ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา	1.45	2.41
F-test	ns	ns
C.V. (%)	6.24	5.30

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.5 ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.63–0.79 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน หลังจากหมักสิ้นสุด มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และทุกตำรับการทดลองยังมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 5.82-7.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8)

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักมีฟอสฟอรัสสูง (ตารางผนวกที่ 2) ในระหว่างการหมักจะเกิดการทำงานของเอนไซม์ฟอสฟาเทต ทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมามาก และอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (เสียงแจ๋ว และคณะ, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับเฉลิมชัย และคณะ (2557) ที่ได้ศึกษาคุณสมบัติและธาตุอาหารหลักของพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า ที่ระยะเวลา 60 วัน มีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช คือ 46.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่า ที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 วัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	0.63	5.82
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	0.79	7.06
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	0.64	6.38
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	0.69	6.71
F-test	ns	ns
C.V. (%)	6.24	16.81

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.6 ปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า มีปริมาณโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในระหว่าง 2.52–3.07 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน มีปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.09–4.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9)

สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่เก็บข้อมูลจากกองปุ๋ยหมักที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน พบว่า มีปริมาณของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในกองปุ๋ยหมักอยู่ในระดับสูงสุด 4.06 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มามีการสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ไซแลนเนส โปรติเอส และยูรีเอส สามารถย่อยสลายสารประกอบคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนจะมีอัตราการสลายตัวเร็ว ทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมา (เฉลิมชัย และคณะ, 2557) จากผลการทดลอง พบว่า ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนมีปริมาณโพแทสเซียมสูงทุกตำรับการทดลอง เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้หมักปุ๋ยมีปริมาณโพแทสเซียมสูง (ตารางภาคผนวกที่ 1 2)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	2.56	3.81
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	3.07	3.09
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	2.60	3.24
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	2.52	4.06
F-test	ns	ns
C.V. (%)	12.76	26.15

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3.7 ปริมาณแคลเซียม (Ca) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณแคลเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในระหว่าง 0.49–0.62 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนเมื่อสิ้นสุดที่ระยะเวลา 60 วัน มีปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในระหว่าง 13.89-17.70 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10) และพบว่าที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 60 วัน มีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาหมัก 30 วัน

ตารางที่ 10 ปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	0.62	13.89
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	0.54	14.14
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	0.49	17.70
4. หมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	0.55	15.40
F-test	ns	ns
C.V. (%)	20.42	11.70

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3.8 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 0.72–0.79 เปอร์เซ็นต์

ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 5.63 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนใส่เชื้อราไฟทอฟธอราร่วมกับปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มามีปริมาณแมกนีเซียมที่มีค่าเท่ากับ 5.30 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนผสมกับเชื้อราไฟทอฟธอรา และตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยหมักจากเปลือกทุเรียนอย่างเดียว ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 2.56 และ 2.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11) และพบว่า ที่ระยะเวลาหมักปุ๋ย 60 วัน มีปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาหมัก 30 วัน สำหรับตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแมกนีเซียมโดยตรง ส่วนตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์ไมท์จะทำให้ปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มมากกว่าตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากปูนโดโลไมท์มีแมกนีเซียม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Botero *et al*., 2015)

ตารางที่ 11 ปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน (เปอร์เซ็นต์)

ตำรับการทดลอง	30 วัน หลังหมัก	60 วัน หลังหมัก
1. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน	0.77	2.01
2. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา	0.78	2.56
3. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์	0.72	5.63
4. ปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน+เชื้อราไฟทอฟธอรา+ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ +เชื้อราไตรโคเดอร์มา	0.79	5.30
F-test	ns	**
$LSD_{0.01}$	-	1.51
C.V. (%)	26.18	14.29

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (หรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาผลการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและปูนโดโลไมท์ต่อการควบคุมปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียน หลังจากหมักปุ๋ยเปลือกทุเรียนที่เสร็จสิ้นแล้วระยะ 60 วัน พบว่า ตำรับที่มีการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา สามารถควบคุมปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราในกองปุ๋ยหมักได้ตั้งแต่ระยะการหมักปุ๋ยที่ระยะเวลา 30 วัน และลดปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่นๆ หลังเสร็จสิ้นกระบวนการหมักปุ๋ย นอกจากนี้ตำรับที่มีการใส่ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราได้ดีกว่าตำรับที่ไม่มีการใส่ปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์

2. อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นเฉลี่ย 35.50 องศาเซลเซียส และเพิ่มสูงสุดที่ 15 วัน เฉลี่ย 39.53 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนสิ้นสุดกระบวนการย่อยสลายมีค่าเฉลี่ย 31.95 องศาเซลเซียส

3. สำหรับค่าวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยหมักที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน พบว่าปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ใส่เชื้อราไฟทอฟธอราผสมปูนโดโลไมท์ 2 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักลดลงจาก 8.20 เป็น 7.93 มีปริมาณอินทรียวัตถุลดลงจาก 83.45 เป็น 31.59 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแมกนีเซียมสูงขึ้นจาก 0.79 เป็น 5.30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสมบัติดังกล่าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานการรับรองปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรตั้งกองปุ๋ยหมักให้มีความสูงของกองไม่น้อยกว่า 1 เมตร เนื่องจากมีผลการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ จะเห็นได้ว่าความสูงของกองปุ๋ยหมักในการวิจัยนี้มีความสูงเพียง 30 เซนติเมตร

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาในกองปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวและใช้ปูนโดโลไมท์แยกต่างหากเพื่อป้องกันผลกระทบของปูนโดโลไมท์ที่มีผลต่อเชื้อราไตรโคเดอร์มาโดยตรงในกองปุ๋ยหมัก

3. ควรมีการเก็บตัวอย่างวัสดุก่อนการทดลองและหลังจากใส่ปัจจัยต่างๆ ตามตำรับการทดลอง เพื่อศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ และสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวทางการผลิตปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่มีคุณภาพทั้งทางชีวภาพและเคมีโดยการผสมปูนโดโลไมท์ร่วมกับใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma viride*) จะช่วยควบคุมและยับยั้งการเกิดโรคพืชจากเชื้อราไฟทอฟธอรา

2. ได้วิธีการกำจัดเปลือกทุเรียนโดยนำเปลือกทุเรียนมาทำปุ๋ยหมัก ซึ่งจะสามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและได้ทำปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพต่อการปรับปรุงบำรุงดิน และยังเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรนำเศษวัสดุเปลือกทุเรียนมาผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพ นำไปใช้เพื่อควบคุมการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน ช่วยลดการใช้สารเคมีป้องกันโรคพืช สามารถลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

3. เจ้าหน้าที่ นักวิชาการ นักศึกษา สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปศึกษาวิจัยต่อยอด ศึกษาแนวทางการใช้ผลตกค้างของเชื้อราไฟทอฟธอราในปุ๋ยหมักต่อการเกิดโรคของทุเรียนในภาคสนาม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

กนกนาฎ เรืองวิเศษ. 2540. การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เพื่อควบคุมโรครากเน่าของทุเรียนที่เกิดจาก *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butler ในสภาพสวนของเกษตรกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 135 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง. กรมพัฒนาที่ดิน. 4 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2557. คู่มือ 6 GAC 6 เมืองเกษตรสีเขียวต้นแบบ. กรมพัฒนาที่ดิน. 56 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ. กรมวิชาการเกษตร. 52 หน้า.

เกษม สร้อยทอง. 2551. เทคโนโลยีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 213 หน้า.

โครงการพัฒนาวิชาการการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ. 2559. เชื้อราไตรโคเดอร์มา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2547. การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดินและภายในโรงเรือน จัดโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (ชุดโครงการ-การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน) และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 137 หน้า.

จุมพล สารนาค และอรพรรณ. วิเศษสังข์. 2535. บทบาทของการเขตกรรมในการป้องกันกำจัดโรคพืช. วารสารโรคพืช. 11(3-4): 95-117.

เจริญ เจริญจำรัสชีพ และรสมาลิน ณ ระนอง. 2542. คู่มือการใช้วัสดุปูนเพื่อการเกษตรเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด. กรมพัฒนาที่ดิน. 7 หน้า.

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2546. การใช้ประโยชน์เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมเชื้อโรคพืช. กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ. 44 หน้า.

เฉลิมชัย แพะคำ, บุญร่วม คิดค้า, มนัส ทิตย์วรรณ และวิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. 2557. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลายโดยเชื้อรา *Trichoderma sp.* ไอโซเลท UPPY19. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 1: 671–676.

ธรรมศักดิ์ สมมาตย์. 2532. การควบคุมโรคโคนเน่ารากเน่าของทุเรียนด้วยเทคนิคโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสาร m-dKP. เอกสารประกอบการบรรยายเทคนิคและกลยุทธ์ในการต่อสู้โรคทุเรียน และพริกไทย. สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย. น. 255-260.

พิกุล หรรษานิมิตกุล. 2550. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการขยายเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งซุปเปอร์ พด.3. รายงานผลการวิจัย. สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 21 หน้า.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

พิทยากร ลิ่มทอง, และเสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์. 2540. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายและประโยชน์บางประการในกองปุ๋ยหมัก. น. 59-69 คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กรุงเทพฯ. กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรเกษตรและสหกรณ์.

รัตติยา พงศ์พิสุทธา. 2535. โรคผลเน่าของทุเรียนหมอนทองที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (Butl.). Butler และการควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ. 9 หน้า.

วาริน อินทนา, มนตรี อิสรไกรศีล, ศุภลักษณ์ เศรษฐสกุลชัย, ประคอง เย็นจิตต์ และทักษิณ สุวรรณโน. 2550. ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ฮาซิเอนั่ม สายพันธุ์กลายในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการลดปริมาณเชื้อราไฟธอปทอร่า พาล์มมิโวร่าในสวนทุเรียน. วิทยาสารกำแพงแสน 5(3) : 1–3.

สมศิริ แสงโชติ และปัจจมา กวางติ๊ด. 2545. การจัดการเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler สาเหตุโรครากเน่า และผลเน่าของทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. น. 45-48.

สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. 2542. เทคโนโลยีชีวภาพกับปุ๋ยอินทรีย์. วารสารดินและปุ๋ย 21(3): 132-151.

สุธามาศ อินต๊ะสอน. 2537. อิทธิพลของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และสารเคมีควบคุมเชื้อราต่อโรครากเน่าของส้มเขียวหวานที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (DASTUR.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 92 หน้า.

เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์, กาญจนา กีรตวัฒนา และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2540. การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทในการผลิตปุ๋ยหมัก. รายงานผลการวิจัย. กรมพัฒนาที่ดิน. 9 หน้า

เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์. 2549. การผลิตเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมเชื้อสาเหตุโรครากและโคนเน่าของพืชโดยใช้สารเร่งพด.3. รายงานผลการวิจัย กรมพัฒนาที่ดิน. 97 หน้า.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 2551. คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 187 หน้า.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2556. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2556. กรมพัฒนาที่ดิน. 64 หน้า.

อนงค์นาถ แต่เชื้อสาย และสมบัติ ศรีชูวงศ์. 2548. ประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกได้จากเมล็ดกะหล่ำปลีในการควบคุมโรคของใบจุดของต้นกล้าของกะหล่ำปลี. วารสารเกษตร 21(2): 127-136.

อภิรดี เสียงสืบชาติ. 2560. การทดสอบปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาจากผลิตภัณฑ์ทางการค้า. ผลวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เฉลิมพระเกียรติ

อัญชลี เบญจโลหนันท์. 2549. รายงานโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาถ่านกัมมันต์จากเปลือกทุเรียน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อุดม ภู่พิพัฒน์. 2532. โรครากและโคนเน่าของทุเรียน. เอกสารประกอบการบรรยาย เทคนิคและกลยุทธ์ในการต่อสู้โรคทุเรียนและพริกไทย. สมาคมโรคพืชแห่งประเทศไทย. 38 หน้า.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abdel-Fattah, M.G., M. Y. Shabana, E. A. Ismail. and M. Y. Rashad. 2007. *Trichoderma harzianum* : a biocontrol agent against *Bipolaris oryzae*. Mycopathologia. 164: 81-89.

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. 15th Ed. 1: 59-60.

Aryantha, I. P., R. Cross and D. I. Guest. 2000. Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in potling mixes amended with Uncomposted and Composted Animal Manures. The American Phytopathological Society. 90: 775-786.

Azim K., O. Khalid, A. Aomar, B. Soudi, et al. 2014. Dynamic composting optimization through CN ratio variation as a startup parameter. Proceeedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. Building Organic Bridges, the Organic Wolrd Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey. pp. 787-790.

Barton, C. J. 1948. Photommetric analysis of phosphate rock. Analytical Chemical. 20: 1068-1073.

Benitez, T., M. A. Rincon, M. C. Limon and C. A. Codon. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International microbiology. 7(4): 249-260.

Bigirimana, J. G., D. Meyer, J. Poppe, Y. Elad, and M. Hofte. 1997. Induction of systemic resistance on bean *(Phaseolus vulgaris)* by *Trichoderma harzianum*. Med Fac Landbouww Univ Gent. 62: 1001-1007.

Botero, A., I . Gomez, E. Benitez, and C. Garcia. 2015. Liming with dolomite reduces the efficacy of the biocontrol fungus *Trichoderma koningiopsis* against cabbage clubroot, Agron. Colomb. Vol. 33(1). Doi : 10.15446/agron , Colomb. V33n1 4659.

Chutichude, B., P. Chtichudet, and S. Kaewsit. 2010. Effects of Dolomite Application on Plant growth, Activities of Polyphenol Oxidase and interral Quality of Grand Rapids Lettuce. Tnternational J. of Agricultural Research. 5: 690-707.

Elad, Y., I. Chet and Y. Henis. 1981. Biological control of *Rhizoctonia solani* in strawberry fields by *Trichoderma harzianum*. Plant and Soil. 60: 245-254.

Ferrin, D.M. and J.N. Kabashima. 1991. Invitro insensitivity to metalaxyl of isolates, of *Phytophthora citricola,* and *Phytophthora Parasitica*from ornamental host in southern California. Plant Disease. 75: 1041-1044.

Gochenaur, S. 1964. A modification of the immersion tube method for isolating soil fungi. Mycologia. 56: 921-923.

Graham, E.R. 1948. Determination of soil organic matter by means of a photoeiectric colorimeter. Soil Sci. 65: 181-183.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Harman, G.E., C.R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology. 2: 3-56.

Haggag, W. M. and H. A. A. Mohamed. 2007. Biotechnological aspects of microorganisms used in plant biological control. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 1(1): 7-12.

Haynes R. J. and R. Naidu. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure application on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 51(2): 123-137.

Hermosa, R., A. V.terbo, I. chet, and E. Monte. 2012. Plant- beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. J. Microbiology. 158: 17-25.

Hutchinson, C. M. 1999. Trichodrema Virens-I nculated composted chicken manure for biological weed control. J. Biological Control. 16(2): 217-222.

Irtwange, V.S. 2006. Application of biological control agents in pre- and postharvest operations. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Invited Overview No. 3 Vol. VIII 1-12. Bangkok. pp. 202.

Isaac, R.A., and J.D. Kerber. 1971. Atomic Absorption and fiame photometry : Techniques and uses in soil, plant and water analysis. pp. 17-37. In L.M. Walsh (ed.) Instrumental methods for analysis of soil and plant tissue. Soil Soc. Of Am., Madison, Wis.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englwood Cliffs, N.J.

Jackson, M.L. 1967. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In soil chemical analysis. pp.183-203. Prentice-Hall of India private limited. New Delhi.

Kaewchai, S., K. Soytong and K.D. Hyde. 2009. Mycofungicides and fungal biofertilizers. Fungal Diversity.38: 25-50.

Kelley, W. D. 1977. Interactions of Phytophthora cinnamomi and Trichoderma spp. In relation to propagule production in soill cultures at 26 degrees C1. Can J Microbiol. 23(3): 288-94.

Kubicek-Pranz, E.M. 1998. Nutrition, cellular structure and basic metabolic pathways in *Trichoderma* and *Gliocladuim*, pp. 95-119. In C.P. Kubicek and G.E. Harman (eds.). *Trichoderma* and *Gliocladuim* : Basic Biology, Taxonomy and Genetics. T.J. International Ltd, Padstow, UK.

Leytem A.B., D.R. Smith, T.J. Applegate, and P.A. Thacker. 2006. The Influence of Manure Phytic Acid on Phosphorus Solubility in Calcareous Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 1629-1638.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Messenger, B. J., J. A. Menge, j. A. Anrhein, and B. Faber, 1990. The effects of Calcium on avocado Growth and root health. California Avocado Society. 81: 69-78.

Pal, K. K., and B. M. Gardener. 2006. Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor. 10: 1094-1117.

Piriyaprin, S. 2014. Biodiversity of Halophilic Fungi and Antagonistic Activities against some Plant Pathogenic Fungi. Dissertation. Thesis, Kasetsart University, Thailand. pp. 119.

Suseela, B. R., R. Sithara, R., and A. Kumar. 2010. Influence of soil pH and moisture on the biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* on *Phytophthora* capsii–black pepper system. J. of Biocontrol. 24: 2 (Abstract).

Suwan, S., M. Isobe, S. Kanokmedhakul, N. Lourit, K. Kanokmedhakul, K. Soytong, and K. Koga. 2000. Elucidation of high micro-heterogencity of an acidic-neutral trichotoxin mixture from *Trichoderma harzianum* by electrospray ionization quadrupole time-of-flight mass spectrometry. J. of Mass Spectrometry. 35: 1438-1451.

Suzui, T., U. Kueprakonr, and T.Kamhangridthirong. 1976. *Phytophthora* Disease on some Economic Plants in Thailind. Plant Pathology Div. Dept. of Agr. pp. 113. Tsao, P.H. 1974. *Phytophthora* Disease of Durian, Black Pepper, and Citrus in Thailand. Working Rept. FAO.

Tang, W., H. Yang, and M. Ryder. 2001. Research and Application of *Trichoderma sp*. in Biological Control of Plant Pathogens, pp. 403-435. In Pointing, S.B. and K.D. Hyde (eds.) Bio-Exploitation of Filamentous Fungi. Fungal Diversity Research Series.vol. 6.

Viterbo, A., A. Wiest, Y. Brotman, I. Chet, and C. Kenerley. 2007. The 18mer peptaibols from *Trichoderma virens* elicit plant defence responses. Molecular Plant Pathology. 8(6): 737-746.

Walkey, A., and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

Whipps, J. M. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. J. of Experimental Botany. 52: 487-511.

Yedidia, I., N. Benhamou, and I. Chet. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus L.*) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* . Applied and Environmental Microbiology. 65(3): 1061-1070.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Zeilinger, S., and M. Omann. 2007. *Trichoderma* Biocontrol: Signal Transduction Pathways Involved in Host Sensing and Mycoparasitism. Gene Regulation and Systems Biology. 1: 227-234.

Zhang, W. 1998. Animal Manure con Rise Soil pH, Production Technology. Oklahoma Cooperative Extension Service. 10(7): 2.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

สูตรอาหารสำหรับแยกเชื้อราไฟทอฟธอราและเชื้อราไตรโคเดอร์มา

Gauchnaur's glucose ammonium nitrate agar (GAN)

NH_4NO_3	1.0 กรัม
K_2HPo_4	1.0 กรัม
$MgSO_4$ $7H_2O$	0.5 กรัม
Rose Bengal	0.03 กรัม
Yeast extract	1.0 กรัม
Glucose	5.0 กรัม
Agar	15.0 กรัม
Streptomycin solution	30 ppm
Distilled water	1,000 มิลลิลิตร

เติมสารละลาย streptomycin sulfate ความเข้มข้น 30 ppm จำนวน 1 มิลลิลิตร หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการอบเพื่อฆ่าเชื้อ ต่ออาหารวุ้น 175 มิลลิลิตร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชของเปลือกทุเรียน

pH	C/N ratio	ปริมาณ (%)			
		C	N	P_2O_5	K_2O
5.50	61	50.63	0.83	0.19	2.15

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2556)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยคอก (มูลไก่ไข่)

pH	EC (dS/m)	ปริมาณ (%)					
		OM	N	P_2O_5	K_2O	Ca	MgO
7.82	7.64	34.81	3.05	6.21	2.29	13.99	1.93

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2556)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าวิเคราะห์ปูนโดโลไมท์

pH	CEC	ปริมาณ (%)	
		Ca	MgO
9.31	7.64	35.71	18.89

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่ามาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รับรองโดยกรมพัฒนาที่ดิน

คุณลักษณะ	ค่ามาตรฐาน		
	ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง	ปุ๋ยหมัก (เกรด1)	ปุ๋ยหมัก (เกรด2)
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่ต่ำกว่า 20	ไม่ต่ำกว่า 30	ไม่ต่ำกว่า 30
อัตราส่วนธาตุคาร์บอน ต่อธาตุไนโตรเจน	ไม่เกิน 20:1	ไม่เกิน 20:1	ไม่เกิน 20:1
ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต่อเมตร)	ไม่เกิน 15	ไม่เกิน 15	ไม่เกิน 15
ค่าความเป็นกรด ด่าง (pH)	อยู่ระหว่าง 5.5-10	อยู่ระหว่าง 5.5-8.5	-
ปริมาณโซเดียม (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่เกิน 1	ไม่เกิน 1	ไม่เกิน 1
ปริมาณธาตุอาหารหลัก			
-ไนโตรเจน (N) (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 1.0	ไม่น้อยกว่า 1.0	ไม่น้อยกว่า 1.0
-ฟอสฟอรัส (P_2O_5) (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 2.5	ไม่น้อยกว่า 0.5	ไม่น้อยกว่า 0.5
-โพแทสเซียม K_2O (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 1.0 (ธาตุอาหารหลักรวมกันต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 9 และไม่เกินร้อยละ 20)	ไม่น้อยกว่า 0.5	ไม่น้อยกว่า 0.5
ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมัก (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 30
ขนาดของปุ๋ย (มิลลิเมตร)	12.5 x 12.5	12.5 x 12.5	12.5 x 12.5
ปริมาณ หิน กรวด (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่เกิน 2 (ขนาดใหญ่กว่า 5 ม.ม.)	ไม่เกิน 2 (ขนาดใหญ่กว่า 5 ม.ม.)	ไม่เกิน 2 (ขนาดใหญ่กว่า 5 ม.ม.)
เศษพลาสติก เศษแก้ว วัสดุมีคมและโลหะอื่นๆ (เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ปริมาณธาตุโลหะหนัก			
- Arsenic (As) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 50
- Cadmium (Cd) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 5
- Chromium (Cr) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่เกิน 300	ไม่เกิน 300	ไม่เกิน 300
- Copper (Cu) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500
- (Lead) (Pb) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500
- (Mercury) (Hg) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	ไม่เกิน 2	ไม่เกิน 2	ไม่เกิน 2
การย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์	ไม่น้อยกว่า 80	ไม่น้อยกว่า 80	ไม่น้อยกว่า 80

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2556)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	45.5358	15.1786	66.48	0.0000
Error	8	1.8267	0.2283		
Total	11	47.3625			

หมายเหตุ: C.V.= 15.05 %, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไฟทอฟธอราของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	30.9000	10.3000	33.77	0.0001
Error	8	2.4400	0.3050		
Total	11	33.3400			

หมายเหตุ CV. = 21.24%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	23.1825	7.772750	87.48	0.0000
Error	8	0.70767	0.08833		
Total	11	23.8892			

หมายเหตุ: C.V.= 9.03 %, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	23.7025	7.90083	34.60	0.0001
Error	8	1.8267	0.22833		
Total	11	25.5292			

หมายเหตุ CV. = 12.60%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนอุณหภูมิที่ระยะเวลาเริ่มต้น

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	85.753	28.5842	3.37	0.0754
Error	8	67.941	8.4926		
Total	11	153.693			

หมายเหตุ CV. = 8.70 %, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 15 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	58.936	19.6452	1.86	0.2147
Error	8	84.510	10.5638		
Total	11	143.446			

หมายเหตุ CV. = 8.22%, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	5.5906	1.86352	0.56	0.6538
Error	8	26.4267	3.30344		
Total	11	32.0173			

CV. = 5.01%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 45 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	7.7426	2.58087	2.38	0.1450
Error	8	8.6623	1.08278		
Total	11	16.4049			

หมายเหตุ CV. = 3.09%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	10.5467	3.51557	1.15	0.3876
Error	8	24.5260	3.06575		
Total	11	35.0727			

หมายเหตุ CV. = 5.48%, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	2.43000	0.81000	99.69	0.0000
Error	8	0.06500	0.00812		
Total	11	2.47500			

หมายเหตุ CV. = 1.18%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.93716	0.31239	2.20	0.1655
Error	8	1.13487	0.14186		
Total	11	2.07202			

หมายเหตุ CV. = 4.44%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	27.985	9.32.84	0.55	0.6619
Error	8	135.570	16.94763		
Total	11	163.555			

หมายเหตุ CV. = 5.02%, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	190.162	63.3872	4.62	0.0371
Error	8	109.801	13.7251		
Total	11	299.962			

หมายเหตุ CV. = 10.95%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	3.0000	1.00000	0.16	0.9216
Error	8	50.667	6.33333		
Total	11	53.6667			

หมายเหตุ CV. = 7.66%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	2.91667	0.97222	1.30	0.3406
Error	8	6.00000	0.75000		
Total	11	8.91667			

หมายเหตุ CV. = 10.94 %, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.00976	0.00325	0.40	0.7594
Error	8	0.06567	0.00821		
Total	11	0.07542			

หมายเหตุ CV. = 6.24%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.18420	0.06140	3.74	0.0602
Error	8	0.13127	0.1641		
Total	11	0.31547			

หมายเหตุ CV. = 5.30 %, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.04847	0.01616	1.60	0.2635
Error	8	0.08060	0.01008		
Total	11	0.12907			

หมายเหตุ CV. = 14.62%, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	2.4985	0.83283	0.70	0.5785
Error	8	9.5326	1.19157		
Total	11	12.0311			

หมายเหตุ CV. = 16.81%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.59569	0.19856	1.69	0.2460
Error	8	0.94093	0.11762		
Total	11	1.53663			

หมายเหตุ CV. = 12.76%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	1.90523	0.63508	0.74	0.5586
Error	8	6.88813	0.86102		
Total	11	8.79337			

หมายเหตุ CV. = 26.15%, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.02300	0.00767	0.62	0.6199
Error	8	0.09847	0.01231		
Total	11	0.12147			

หมายเหตุ CV. = 20.05%, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคลเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	27.3051	9.10170	2.85	0.1052
Error	8	25.5669	3.19586		
Total	11	52.8720			

หมายเหตุ CV. = 11.70 %, P≤0.05

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 30 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	0.00860	0.00287	0.07	0.9738
Error	8	0.32227	0.040028		
Total	11	0.33087			

หมายเหตุ CV. = 26.18%, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 29 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแมกนีเซียมของปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนที่ระยะเวลา 60 วัน

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of square	Mean square	F- value	Prob.
Treatment	3	31.4004	10.4668	34.32	0.0001
Error	8	2.4401	0.3050		
Total	11	33.8405			

หมายเหตุ CV. = 14.29 %, P≤0.05

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาพภาคผนวก

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 1 วัสดุเปลือกทุเรียน (ก) และการขนย้ายวัสดุเปลือกทุเรียนจากโรงงานแปรรูป (ข)

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 2 การบดย่อย (ก) และชั่งวัสดุเปลือกทุเรียน (ข)

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 3 การเตรียมกองวัสดุเปลือกทุเรียน (ก) และการตั้งกองเพื่อทำปุ๋ยหมัก (ข)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 4 การเตรียมปูนโดโลไมท์ (ก) และชั่งวัสดุปูนโดโลไมท์ (ข)

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมเชื้อราไฟทอฟธอราที่ขยายเชื้อในสูตรอาหารวุ้น (ก) และการนำเชื้อราที่อยู่ในรูปของสปอร์นำมาปั่นให้ละเอียดผสมกับน้ำเปล่าปริมาณ 1 ลิตร (ข)

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 6 การเตรียมเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่นำมาขยายต่อเชื้อกับวัสดุแล้ว (ก) และการเจือจางเชื้อราไตรโคเดอร์มากับน้ำเปล่า (dilute) จำนวน 10 ลิตร (ข)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ก) (ข)

ภาพผนวกที่ 7 การผสมมูลไก่ไข่กับวัสดุเปลือกทุเรียน (ก) และการผสมปูนโดโลไมท์กับวัสดุเปลือกทุเรียน (ข)

(ก) (ข)

ภาพผนวกที่ 8 การคลุกเคล้าผสมปุ๋ยหมักเปลือกทุเรียนให้เข้ากัน (ก) และตั้งกองปุ๋ยหมักที่ผสมเสร็จแล้วแต่ละตำรับ (ข)

(ก) (ข)

ภาพผนวกที่ 9 การใส่เชื้อราไฟทอฟธอราที่ระยะเวลา 7 วัน (ก) และคลุกเคล้าหลังใส่เชื้อราไฟทอฟธอรากองปุ๋ยหมัก (ข)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 10 การใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา ที่ระยะเวลา 15 วัน (ก) และคลุกเคล้าหลังใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มากองปุ๋ยหมัก (ข)

ภาพผนวกที่ 11 การคลุกเคล้ากลับกองปุ๋ยหมักหลังวัดอุณหภูมิ ที่ระยะเวลาทุก 15 วัน

ภาพผนวกที่ 12 การวัดอุณหภูมิกองปุ๋ยหมักที่ระยะเวลาเริ่มต้น และวัดอุณหภูมิกองปุ๋ยหมักทุก 15 วัน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาพผนวกที่ 13 การเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักในกองปุ๋ยหมัก ที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน

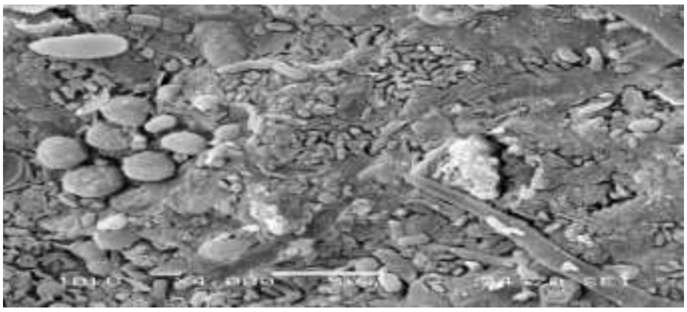
(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 14 การขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ (ก) และเพาะเลี้ยงเชื้อราไตรโคเดอร์มาข้าวฟ่าง และรำหยาบ บรรจุถุงพลาสติกร้อนที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ข)

ภาพผนวกที่ 15 ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* เจริญออกมาจากชิ้นส่วนของเปลือกทุเรียนเป็นโรคโคนเน่า

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพผนวกที่ 16 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Trichoderma viride* ที่ฝังตัวอยู่ในเซลล์เนื้อเยื่อเปลือกทุเรียน ทำหน้าที่ป้องกันและเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืช เชื้อรา *Phytophthora palmivora* ของทุเรียนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ภาพผนวกที่ 17 ลักษณะเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma viride* (เส้นใยขนาดเล็ก) เจริญจำนวนมาก และปกคลุมพร้อมเข้าทำลายเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคโคนเน่า เชื้อรา *Phytophthora palmivora* (เส้นใยขนาดใหญ่) บริเวณเปลือกทุเรียนเป็นโรคและมีการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ภาพผนวกที่ 18 ลักษณะเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (เส้นใยขนาดใหญ่) มีลักษณะเหี่ยวย่น ซึ่งถูกทำลายโดยเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma viride* (เส้นใยขนาดเล็ก) โดยเข้าไปอาศัยอยู่ภายในเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน