การผลิตและการใช้ประโยชน์สารเร่ง พด.1 ในการผลิตปุ๋ยหมัก

Production and utilization of cellulolytic microbial activator for composting

โดย

นางวรรณเลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้
กองอนุรักษ์ดินและน้ำ
กรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ ฉบับที่ 04 – 44 – 007

เรื่องที่ 3: การผลิตและการใช้ประโยชน์สารเร่ง พด.1 ในการผลิตปุ๋ยหมัก

Production and utilization of cellulolytic microbial activator for composting

เอกสารวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ: ฉบับที่ 04 – 44 - 007

วัตถุประสงค์:

1. ศึกษาการแยกและคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส เพื่อย่อยสลายอินทรียสารหรือเซลลูโลส

2. ศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส เพื่อผลิตปุ๋ยหมักจากวัตถุเหลือใช้ทางการเกษตร

3. ศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส เพื่อควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิด

4. ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่คัดเลือกได้ เพื่อผลิตเป็นสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยหมัก

ระยะเวลาดำเนินการ:

เริ่มดำเนินการวิจัย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2543

สิ้นสุดการดำเนินการวิจัยเดือน มีนาคม พ.ศ. 2544

สถานที่ดำเนินการ:

งานการผลิตและทดสอบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัตถุเหลือใช้

กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

ผู้ดำเนินการ:

นางวรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ รับผิดชอบในฐานะหัวหน้าโครงการวิจัย มีหน้าที่วางแผนและกำหนดนโยบายในงานวิจัย การสำรวจและรวบรวม เพื่อศึกษาวิเคราะห์และประมวลผลงานวิจัย จัดทำรายงานและสรุปเอกสารวิชาการสำหรับเผยแพร่ทางวิชาการ ปฏิบัติงาน 100%

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ:

1. อุปกรณ์

1.1 เอกสารวิชาการและรายงานผลการวิจัยงานการผลิตและทดสอบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส รวมถึงมีความสามารถในด้านการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชเศรษฐกิจบางชนิด ได้แก่

1) โครงการวิจัยอัตราการย่อยสลายยูคาลิปตัสในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก รหัสโครงการ 34 36 03 12 819 36 00 03 12 ผู้รับผิดชอบ นางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ

2) โครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อการเกิดสารอัลฟาท็อกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รหัสโครงการ 32 36 03 09 812 25 05 00 12 ผู้รับผิดชอบ นางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ

3) โครงการวิจัยผลของมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว รหัสโครงการ 30 32 03 09 819 25 05 01 12 ผู้รับผิดชอบ นางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ

4) โครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ที่มีต่อผลผลิตข้าวโพด รหัสโครงการ ฝปบ. I-59 ผู้รับผิดชอบ นางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ

5) โครงการวิจัยการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก รหัสโครงการ ฝปบ. I-40 ผู้รับผิดชอบ นางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะ

6) โครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ที่มีต่อผลผลิตถั่วเหลือง รหัสโครงการ ฝปบ. I-60 ผู้รับผิดชอบ นายพิทยากร ลิ่มทอง และนางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์

7) โครงการวิจัยผลของวิธีการระบายอากาศต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจากฟางข้าว รหัสโครงการ 30 32 03 09 819 25 05 03 12 ผู้รับผิดชอบ นายพิทยากร ลิ่มทอง และนางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์

8) โครงการวิจัยการแยกและคัดเลือกเชื้อจากธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นสารช่วยในการทำปุ๋ยหมัก รหัสโครงการ ฝปบ. I-61 ผู้รับผิดชอบ นายพิทยากร ลิ่มทอง และนางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์

9) โครงการวิจัยการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างเชื้อโรคพืชและเชื้อราที่ย่อยเซลลูโลสบางชนิดในกองปุ๋ยหมัก รหัสโครงการ ฝปบ. I-39 ผู้รับผิดชอบ นางสาวเสียงแจ่ม พิริยพฤนต์ และนางวารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์

1.2 บทความและคู่มือของกรมพัฒนาที่ดิน ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในการทำปุ๋ยหมักและมีความสามารถในการควบคุมโรคพืช และการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักซึ่งเพื่อปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพ เคมี และกายภาพของดิน

1.3 เครื่องเขียน เครื่องประมวลผลข้อมูล เครื่องถ่ายเอกสารและกระดาษพิมพ์ต่างๆ

2. วิธีการ

2.1 รวบรวมรายงานผลการวิจัย เอกสารวิชาการ บทความ และคู่มือที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในการทำปุ๋ยหมักและมีความสามารถในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน และการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยหมักเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และมีความสามารถในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน จากรายงานผลการวิจัยต่างๆ บทความและคู่มือที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลส โดยทำการตรวจสอบคัดเลือกและวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์ของจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสโดยเน้นวิธีการคัดเลือก ประเมินผลกิจกรรมการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในห้องปฏิบัติการวิจัยจุลินทรีย์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน วิเคราะห์การทดสอบประสิทธิภาพจุลินทรีย์ย่อยเซลลูเลสที่คัดเลือกได้ ทำการย่อยสลายวัสดุเศษพืชสำหรับทำปุ๋ยหมักและดำเนินการทดลองในภาคสนาม

2.3 วิเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสที่มีความสามารถในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดในดิน โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชในห้องปฏิบัติการวิจัยจุลินทรีย์ดิน และการนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับปุ๋ยหมักในภาคสนามเพื่อประเมินประสิทธิภาพในด้านการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดในดินรวมถึงการปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพ เคมี และกายภาพของดิน

2.4 วิเคราะห์ และเน้นวิธีการศึกษาในด้านการเพิ่มปริมาณเชื้อสาเหตุ พด.1 ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายเซลลูโลส รวมถึงวิธีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตปุ๋ยหมัก

2.5 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และเผยแพร่

สถานที่ดำเนินการ:

งานผลิตและทดสอบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์
กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้
กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

ระยะเวลาในการวิจัย:

เริ่มดำเนินการวิจัย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2543
สิ้นสุดการดำเนินการวิจัย เดือน มีนาคม พ.ศ. 2544

สรุปผลงาน:

ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตทางด้านการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งอินทรียวัตถุในดินเป็นปัจจัยที่ควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าปริมาณอินทรีวัตถุในดินของประเทศไทยจำนวน 191 ล้านไร่ มีระดับ

อินทรียวัตถุต่อนข้างต่ำ ดังนั้นในปีงบประมาณ 2524 กรมพัฒนาที่ดินได้ริบมอบหมายดำเนินโครงการเร่งรัดปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุจากเงินกองทุนสงเคราะห์เกษตรกรดำเนินการสาธิตและส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตปุ๋ยหมักจำนวน 30,000 ตัน ในพื้นที่ 20 จังหวัดเพื่อเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและลดต้นทุนการผลิต และในปีงบประมาณ 2525 โครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุโดยมีคณะทำงานวิจัยประกอบด้วย นางจารุณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ และคณะดำเนินการศึกษาเทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักที่มีต้นทุนต่ำ และลดระยะเวลาการทำปุ๋ยหมักให้สั้นลง โดยการคัดเลือกกลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุการเกษตรที่มีประสิทธิภาพเพื่อที่จะลดระยะเวลาการผลิตปุ๋ยหมักให้สั้นลงทำให้เกษตรกรสามารถนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ประโยชน์ปรับปรุงดินได้ทันในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ต่อมาได้ดำเนินการศึกษาวิจัยคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส ทำการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตปุ๋ยหมักในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม รวมถึงการศึกษาวิจัยนำปุ๋ยหมักที่ผลิตไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน ในปีงบประมาณ 2529 กรมพัฒนาที่ดินสามารถผลิตสารเร่ง พด.-1 จำนวน 1 ชุด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 10^{10} เซลล์ สามารถผลิตปุ๋ยหมักได้ 1 ตัน นอกจากนี้กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการปรับปรุงคัดเลือกได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ จำนวน 8 สายพันธุ์ ประกอบด้วย *Bacillus sp.* 2 สายพันธุ์ *Steptomyces sp.* 2 สายพันธุ์, *Helicomyces sp. Chaetomium sp. Scopulariopsis sp.* และ *Trichoderma sp.* โดยดำเนินการผลิตปีละ ไม่ต่ำกว่า 100,000 ชุดต่อปี โดยแต่ละชุดผลิตปุ๋ยหมักได้ 1 ตัน ให้หน่วยงานพัฒนาที่ดินส่วนภูมิภาคส่งเสริมและสาธิตทำปุ๋ยหมักให้แก่เกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายทั่วประเทศจนถึงปัจจุบัน

การกระจายอินทรียวัตถุในดินของประเทศไทย

จากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดินพบว่าพื้นที่ที่มีปัญหาดินเสื่อมโทรมประมาณ 224.9 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 70.13 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั่วประเทศ และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรียวัตถุในดินของประเทศไทย พบว่ามีพื้นที่อินทรียวัตถุอยู่ต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่น้อยกว่า 191 ล้านไร่ (ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งประเทศ) และดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ 98.6 ล้านไร่

ปัจจัยที่มีต่อการลดปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนและอิทธิพลของลมมรสุมซึ่งส่งเสริมให้อัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินเกิดอย่างรวดเร็ว การทำการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานานโดยไม่ได้เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน หรืออัตราการใส่อินทรียวัตถุให้แก่ดินน้อยกว่าอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สภาพพื้นดินที่มีความลาดเอียงการใช้ที่ดินไม่ถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์ดิน ดินมีหน้าดินตื้นและดินในบริเวณที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำดังนั้นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจึงเป็นแนวทางที่จะช่วยยกระดับปริมาณอินทรียวัตถุให้เพิ่มขึ้น

บทบาทของอินทรียวัตถุในดินต่อการเกิดเกษตรกรรม

1. ปรับปรุงกายภาพของดินให้ดีขึ้น ทำให้อนุภาคของดินจับตัวกันเป็นก้อน (granulation) ดินมีความร่วนซุยและถ่ายเทอากาศดี และอุดชับความชื้นได้ดี

2. ทำให้ดินมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชได้สูง เนื่องจากอินทรียวัตถุมีพื้นผิวหน้าสัมผัสมากและประจุไฟฟ้าลบเป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้นจึงมีความสามารถดูดซับประจุบวกของธาตุอาหารไว้ได้มาก

3. ให้ธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ กำมะถันรวมถึงธาตุอาหารเสริม

4. รักษาสมดุลความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เป็นกลาง

5. ลดปริมาณโรคพืชในดิน อินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารและพลังงานให้กับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน จุลินทรีย์ที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นจะควบคุมการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชในดินได้

6. ลดปริมาณความเค็มของดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุทำให้ดินมีความชุ่มชื้นมากขึ้นทำให้การระเหยของเกลือใต้ดินสู่ผิวหน้าดินลดลง

ชนิดและปริมาณของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทย

1. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมพื้นที่เพาะปลูกใช้ในการปลูกข้าวเป็นหลักเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและเหมาะสมที่จะนำมาทำปุ๋ยหมักนอกจากนั้นเป็นซังข้าวโพด ต้นและเปลือกถั่วชนิดต่างๆ และเศษอ้อยวัสดุดังกล่าวนี้มีปริมาณ 65 ล้านตันต่อปี

2. วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณ 17 ล้านตันต่อปี เช่น กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล แกลบจากโรงสีข้าว ขี้เลื่อยจากโรงเลื่อยเพื่อแปรรูปไม้ ขุยมะพร้าวจากโรงงานบางประเภทใส้ปอและขุยไผ่จากโรงงานผลิตกระดาษ และเศษวัสดุเหลือใช้อื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและผลไม้กระป๋องเป็นต้น

3. วัสดุเหลือใช้จากบ้านเรือน ในแหล่งชุมชนที่มีประชากรอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นมักจะมีปัญหาในด้านวัสดุเหลือใช้ ซึ่งได้แก่ ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือน ในแต่ละวันประเทศไทยมีขยะที่ต้องทำจัดทิ้งวันละ 33,000 ตัน โดยเฉลี่ยปีละ 12 ล้านตันต่อปี

4. วัชพืชประเภทต่างๆ ทั้งวัชพืชบกและวัชพืชน้ำหลายชนิดที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักโดยเฉลี่ย 15 ล้านตันต่อปี เช่น ผักตบชวา หญ้ายาง หญ้าคอกขาว ต้นกกชนิดต่างๆ และ สะเดาดิน

จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุเศษพืช

กลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียสารนั้นโดยส่วนใหญ่จัดอยู่ในพวก Heterotrophic microorganism หมายถึงจุลินทรีย์ที่ต้องได้รับแหล่งพลังงานและคาร์บอนจากสารอินทรีย์ ในกระบวนการย่อยสลายจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีการสร้างเอนไซม์หลายชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ด้วย

ลักษณะเอนไซม์ที่ถูกปลดปล่อยออกมานั้น สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท กล่าวคือ ประเภทแรกเป็น Intercellular enzyme หมายถึงเอนไซม์ที่เกิดขึ้นและอยู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยส่วนใหญ่จะพบในกลุ่มของแบคทีเรีย สำหรับประเภทที่สองเป็น extracellular enzyme หมายถึงเอนไซม์จุลินทรีย์สร้างขึ้นแล้วปลดปล่อยออกมาภายนอกเซลล์นี้ของจุลินทรีย์จะพบมากในกลุ่มราและแอคติโนมัยซีส เอนไซม์ที่ทำการปลดปล่อยออกมาภายนอกเซลล์นี้จะมีบทบาทสำคัญมากต่อการย่อยสลายสารประกอบอินทรียสารที่มีโมเลกุลใหญ่กลุ่มจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้มีบทบาทหน้าที่ในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และแปรสภาพให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง องค์ประกอบของอินทรียสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่นั้นประกอบด้วย cellulose hemicellulose lignin และ protein มีปริมาณระหว่าง 15-60, 10—30, 5-30 และ 10-30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และนอกจากนี้มีสารประกอบน้ำตาลหลายโมเลกุลที่เรียกว่า polysaccharide ตัวยองค์ประกอบเหล่านี้พืชและจุลินทรีย์ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จำเป็นต้องมีการย่อยสลายให้มีโมเลกุลเล็กลงก่อนสารประกอบคาร์บอนซึ่งเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์กลุ่มนี้ คาร์บอนจะเป็นแหล่งสร้าง protoclasm ให้กับเซลล์ของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงธาตุอาหารชนิดอื่นที่มีอยู่ในองค์ประกอบของอินทรียสาร

ในกระบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์นั้นน้ำหรือความชื้นมีความสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเพื่อที่จะแปรสภาพสารประกอบคาร์บอนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยจะได้น้ำตาลกลูโคส (glucose) ซึ่งจุลินทรีย์และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ได้ CO_2 และ น้ำออกมาด้วย รวมถึง amino acids ต่างๆ จากการย่อยสลายของโปรตีนในเซลล์พืชและอนุมูลของธาตุอาหารหลายชนิด

ในการศึกษาการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อย่อยเศษพืชให้เป็นปุ๋ยหมักในระยะเวลาอันสั้นนั้นจากการศึกษาทดลองในกล้าเชื้อของเชื้อรา *Coprinus ephemerus* ซึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส และเติมธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในกองปุ๋ยหมักที่ทำจากขี้เลื่อย พบว่าสามารถช่วยลดระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมักจากขี้เลื่อยให้สั้นลงจาก 1-2 ปี เหลือประมาณ 3 เดือน จึงเป็นปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อจุลินทรีย์แบบผสม (mixed culture) น่าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด การศึกษาเชื้อบริสุทธิ์ต่อการย่อยสลายควรจะเป็นขั้นตอนสำหรับการคัดเลือก เนื่องจากในสภาพของธรรมชาติจะมีลักษณะเป็นเชื้อผสม

ความเป็นมาของการใช้สารตัวเร่งจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยหมัก :

การใช้สารตัวเร่งจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยหมักในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดินเป็นผู้ริเริ่มนำเข้ามาใช้ในการทำปุ๋ยหมักให้ได้เร็วขึ้นเพื่อที่จะลดระยะเวลาการผลิตปุ๋ยหมักให้ทันต่อฤดูกาลเพาะปลูกพืช ในปี พ.ศ. 2522 กรมพัฒนาที่ดินได้นำเชื้อ F ซึ่งเป็นเชื้อรา *Aspergillus oryzae Fujiita* จากประเทศญี่ปุ่นมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักได้รับความสนใจจากเกษตรกรมาก แต่เนื่องจากราคาแพงมาก ดังนั้นในปี พ.ศ. 2524 ได้นำสารตัวเร่ง Agromax cellostat และ concentrate จากประเทศอเมริกา

นำมาศึกษาทดลองและส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2526 จึงได้มีสารตัวเร่งจุลินทรีย์ B-2 ซึ่งผลิตในประเทศไทย ทำการศึกษาทดลองและส่งเสริมให้เกษตรกร และในปี พ.ศ. 2529 กรมพัฒนาที่ดินได้นำผลการศึกษาวิจัยสารเร่งจุลินทรีย์ พด.-1 นำไปส่งเสริมเผยแพร่ให้แก่เกษตรกร ใช้ในการผลิตปุ๋ยหมัก จนกระทั่งปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2544) และสารเร่งจุลินทรีย์ที่นำเข้ามาใช้ในประเทศรวบรวมได้ทั้งสิ้น 12 ชนิด ได้แก่ สารตัวเร่งเรือ F สารตัวเร่ง Coluna สารตัวเร่ง Sept-Kleen, สารเร่ง Agromax cellostat และ concentrate สารตัวเร่ง Agromax cellostat และ concentrate สารตัวเร่ง M.B. Bac สารตัวเร่ง Speed Zymes Enzyme, สารตัวเร่ง Septicnne, สารตัวเร่ง Klodor, สารตัวเร่ง B-2, สารตัวเร่ง Termobac or Biocraft, สารตัวเร่ง และBionic, และ สารตัวเร่ง F-60

ปัจจัยในการควบคุมอัตราการย่อยสลายวัสดุเพื่อผลิตปุ๋ยหมัก

1. ลักษณะของเศษวัสดุ (characteristic plant residue)

ลักษณะของเศษวัสดุมีส่วนสำคัญต่อกระบวนการย่อยสลาย ซึ่งได้แก่ขนาดของเศษวัสดุและความสดของเศษวัสดุที่มีขนาดเล็กได้แก่ ซึ่งฟางข้าว เศษปอ และขุยใบ การผสมคลุกเคล้าทำได้ทั่วถึงพื้นที่ผิวสัมผัสมีมาก ดังนั้นโอกาสที่จะถูกย่อยสลายจึงมีมากกว่า สำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ได้แก่ ฟางข้าว และผักตบชวา การผสมคลุกเคล้าจะทำได้ไม่ทั่วถึงนัก และปฏิบัติค่อนข้างลำบาก

2. องค์ประกอบทางเคมีของเศษวัสดุ (composite residue)

การทำปุ๋ยหมักจะพิจารณาถึงค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเศษวัสดุๆ เพราะโครงสร้างพืชส่วนมากจะไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก แต่จุดสำคัญอยู่ที่องค์ประกอบของไนโตรเจนซึ่งจะเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดอัตราการย่อยสลายสำหรับวัสดุเศษพืชที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักอาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือพวกที่ย่อยสลายได้ง่ายจะมีค่า C/N ratio ต่ำกว่า 100 ได้แก่ ฟางข้าว วัสดุเศษข้าวโพดและพืชตระกูลถั่ว วัสดุเศษพืชที่มีค่า C/N ratio สูงมากกว่า 100: 1 เนื่องจากมีองค์ประกอบของลิกนินค่อนข้างสูงซึ่งย่อยสลายได้ยาก เช่น กากอ้อยขี้เลื่อย และขุยมะพร้าวเป็นต้น

3. ความชื้น (moisture content)

ความชื้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิกิริยาในระบบ metabolism ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ และการปลดปล่อย extracellular enzyme ออกมาภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ย่อยสารโมเลกุลใหญ่ ระดับความชื้นในกองปุ๋ยหมักที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายประมาณ 50-60 % (โดยน้ำหนัก)

4. การระบายอากาศ (aeration)

การระบายอากาศในกองปุ๋ยหมัก เป็นสิ่งจำเป็นอีกประการหนึ่งเนื่องจากจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ จะใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอนในระบบการหายใจภายในเซลล์ ดังนั้นจำเป็น

ต้องมีการระบายอากาศ เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย

5. อุณหภูมิ (temperature)

หลังจากกองปุ๋ยหมักระหว่าง 2-4 วัน อุณหภูมิภายในจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 50-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการย่อยสลาย ระดับของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมของชนิดวัสดุเหลือทิ้งและขนาดของกองปุ๋ยหมักด้วย การใส่มูลสัตว์ซึ่งอาจจะเป็นมูลไก่ มูลวัว หรือมูลสุกร ในอัตราตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักสูงกว่าการไม่ใส่มูลสัตว์ในช่วง 5 วันแรกของการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยจาก 51 เป็น 60 องศาเซลเซียส

6. ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรไม่ค่อยมีปัญหา pH มากนัก เพราะโดยปกติค่า pH ของเศษซากพืชอยู่ในช่วงเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย นอกจากนี้สารอินทรียวัตถุมีคุณสมบัติที่เป็นลักษณะของ buffer ที่ดีโดยจะช่วยรักษาระดับ pH ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก

2. ศึกษาประสิทธิภาพของสารเร่ง พด.1 เพื่อผลิตปุ๋ยหมัก

จากผลการนำสารเร่งพด.1 ไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักได้มีการทดลองในวัสดุยูคาลิปตัส จากการศึกษาอัตราการย่อยสลายในยูคาลิปตัสในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น ดำเนินการหมักวัสดุใบยูคาลิปตัส ประกอบด้วยการใส่และไม่ใส่มูลสัตว์อัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยยูเรีย 0.2 เปอร์เซ็นต์ และมีการใส่และไม่ใส่จุลินทรีย์สารเร่งพด.1 มี 4 สำรับการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยดำเนินการหมักวัสดุยูคาลิปตัสเป็นเวลา 50 วัน

2.1 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสในระหว่างการย่อยสลาย:

จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียในระหว่างกระบวนการย่อยสลายใบยูคาลิปตัสพบว่าในสำรับที่หมักใบยูคาลิปตัสอย่างเดียว (สำรับควบคุม) ปริมาณแบคทีเรียค่อนข้างจะคงที่ตลอดช่วง 30 วัน ของการย่อยสลายโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 8.30-8.56 log no.ต่อกรัมวัสดุ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าสำรับที่ใส่มูลสัตว์หรือยูเรีย ส่วนในสำรับที่มีการใส่มูลสัตว์ หรือมูลสัตว์รวมกับยูเรีย และสำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1 ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 10 วันแรกของการย่อยสลาย โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 8.63, 8.70 และ 8.84 เป็น 9.74, 9.72 และ 9.79 log no. ต่อกรัมวัสดุตามลำดับ และสูงสุดที่ 40 วันมีค่า 10.28, 10.72 และ 10.76 log no. ต่อกรัมวัสดุตามลำดับ หลังจากนั้นจะมีปริมาณลดลงในสำรับที่ใส่สารเร่งจุลินทรีย์พด.1 จะมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 20 วันของการย่อยสลายมีค่า 10.67 log no. ต่อกรัมวัสดุ ซึ่งสูงกว่าสำรับการทดลองอื่น และจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นอีกในช่วง 40 วัน ของการหมักมีค่า 10.76 log no.ต่อกรัมวัสดุ

ในสำรับที่หมักใบยูคาลิปตัสอย่างเดียวปริมาณแอคติโนมัยซีสจะต่ำกว่าในสำรับการทดลองอื่น โดยในช่วง 30 วันของการย่อยสลายในสำรับควบคุมจะมีปริมาณแอคติโนมัยซีสอยู่ในช่วงระหว่าง 5.51-7.54 log no.ต่อกรัมวัสดุ สำหรับสำรับที่ใส่มูลสัตว์อย่างเดียวหรือใส่มูลสัตว์ร่วมกับปุ๋ยยูเรียและหรือสำรับที่ใส่มูลสัตว์ร่วมกับปุ๋ยยูเรียและสารเร่ง พด.1 จะมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าสำรับควบคุม (หมักวัสดุยูคาลิปตัสอย่างเดียว) ซึ่งอยู่ในระหว่าง 4.81-9.06, 6.93-8.97 และ 7.20-8.58 log no. ต่อกรัมวัสดุตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าสำรับที่มีการใส่สารเร่ง พด.1 นั้นเป็นการเพิ่มปริมาณแอคติโนมัยซีสในช่วงเริ่มแรกของการหมักวัสดุยูคาลิปตัส ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก 5.51 เป็น 7.20 log no. ต่อกรัมวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับสำรับควบคุมและสำรับการทดลองอื่น

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อราในระหว่างกระบวนการย่อยสลายใบยูคาลิปตัสพบว่าในสำรับที่มีการใส่สารเร่ง พด.1 ในช่วงเริ่มต้นของการหมักจะมีปริมาณเชื้อราย่อยเซลลูโลสสูงกว่าสำรับการทดลองอื่นที่มีการใส่และไม่ใส่มูลสัตว์หรือมีการใส่ยูเรียร่วมด้วย โดยสำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1 นั้นจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจาก 4.41 เป็น 5.20 log no. ต่อกรัมวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับสำรับที่หมักวัสดุยูคาลิปตัสอย่างเดียว และในช่วง 40 วันของการย่อยสลายในสำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1 จะมีปริมาณเชื้อราเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 6.99 log no. ต่อกรัมวัสดุสูงกว่าสำรับการทดลองอื่น

2.2 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสในระหว่างการย่อยสลาย:

ในสำรับที่ใส่มูลสัตว์ มูลสัตว์ร่วมกับยูเรีย และสำรับที่ใส่สารเร่งจุลินทรีย์ กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสจะเพิ่มอย่างรวดเร็วช่วง 10 แรกของการย่อยสลายจาก 0.48, 0.46, 0.45 เป็น 1.00, 1.11 และ 1.48 หน่วยต่อกรัมวัสดุตามลำดับ และสูงสุดในช่วง 20 วัน เป็น 1.28, 1.37 และ 1.54 หน่วยต่อกรัมวัสดุตามลำดับซึ่งสูงกว่าสำรับควบคุม หลังจากนั้นจะลดลงจะสังเกตเห็นว่ากิจกรรมจะเกิดช่วงแรกของกระบวนการ สาเหตุที่สำรับดังกล่าวมีกิจกรรมสูงกว่าสำรับที่หมักใบยูคาลิปตัสอย่างเดียวเนื่องจากมูลสัตว์และสารเร่งจุลินทรีย์จะมีแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลาย ส่วนยูเรียจะเป็นแหล่งไนโตรเจนแก่เชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้นในสำรับที่ใส่สารเร่ง พด.1 มีผลทำให้กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงระหว่าง 10-20 วันของการย่อยสลาย และสูงกว่าสำรับการทดลองอื่นซึ่งแสดงให้ทราบว่าสารเร่ง พด.1 มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้ดี

2.3 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของวัสดุหมักในระหว่างการย่อยสลาย:

ในช่วงระหว่างการหมักวัสดุยูคาลิปตัส 50 วัน พบว่าระดับของค่า pH จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกสำรับของการทดลอง จาก 3.9, 4.8, 5.8 และ 6.2 เป็น 6.0, 6.5, 7.8 และ 8.0 ตามลำดับ แต่การใส่สารเร่ง พด.1 มีแนวโน้มเพิ่มค่า pH ของวัสดุหมักสูงกว่าการใส่ยูเรียหรือมูลสัตว์

จากผลการศึกษาค่า C/N ratio หลังจากกระบวนการย่อยสลายวัสดุยูคาลิปตัส 50 วัน พบว่าในสำรับที่หมักยูคาลิปตัสอย่างเดียวค่า C/N ratio อยู่ในระดับสูงกว่า 20 ในขณะที่สำรับที่ใส่มูลสัตว์หรือมูลสัตว์ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย และสำรับที่ใส่สารเร่ง พด. 1 มีค่า C/N ratio ลดลงต่ำกว่า 20 โดยมีค่า C/N ratio เท่ากับ 18, 16 และ 14 ทั้งนี้เนื่องจากการใส่มูลสัตว์ และสารเร่งจุลินทรีย์จะเป็นการเพิ่มแหล่งจุ

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องหรือที่มีประสิทธิภาพต่อการย่อยสลาย ในขณะที่การใส่ยูเรียจะเพิ่มแหล่งไนโตรเจนให้แก่จุลินทรีย์ จึงทำให้กิจกรรมการย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้น ในวัสดุหมักที่มีค่าในระดับ 20 หรือต่ำกว่าจะใช้เป็นตัวกำหนดการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ ซึ่งปุ๋ยหมักดังกล่าวนำไปใส่ในดินแล้วจะไม่เกิดผลเสียต่อดินและพืช การใส่สารเร่ง พด.1 มีผลทำให้ค่า C/N ratio ลดลงมากกว่าสำหรับการทดลองอื่นซึ่งมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการปลดปล่อยเอนไซม์เซลลูเลสจำนวนมากกว่าสำหรับการทดลองอื่น ในช่วงระหว่างการย่อยสลายวัสดุอุตสาหกรรม

จากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารได้แก่ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม หลังจากกระบวนการย่อยสลายวัสดุอุตสาหกรรม 60 วัน พบว่าทุกสำหรับของการทดลองเมื่อเกิดการย่อยสลายในอุตสาหกรรมจนเป็นปุ๋ยหมักแล้วนั้น ปริมาณธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิดจะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าก่อนที่จะทำการย่อยสลาย เมื่อพิจารณาในสำหรับที่มีการใส่สารเร่ง พด.1 พบว่ามีการปลดปล่อยในไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นจาก 1.65, 0.20 และ 0.32 เป็น 1.69, 0.28 และ 0.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงให้ทราบว่าในระหว่างที่มีการย่อยสลายวัสดุอุตสาหกรรมการใส่สารเร่ง พด.1 เพื่อเร่งอัตราการย่อยสลายจะมีการปลดปล่อยเอนไซม์เซลลูเลสเพิ่มมากกว่า สำหรับการทดลองอื่นซึ่งมีผลทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่สารเร่ง พด.1 เพื่อย่อยสลายเศษพืชมีผลต่อการเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่งดังกล่าวนี้สามารถที่จะเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์ร่วมกันกับจุลินทรีย์ในสภาพธรรมชาติได้โดยจะมีการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสเพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใส่สารเร่งจุลินทรีย์ มีผลทำให้ค่า C/N ratio ลดลงซึ่งมีความสอดคล้องกับกิจกรรมเอนไซม์ที่มีการปลดปล่อยมากขึ้น โดยจะลดลงได้ต่ำกว่าการไม่ใส่สารเร่ง พด.1

2.4 การศึกษาการอยู่รอดของเชื้อรา *Trichoderma sp.* ในกองปุ๋ยหมัก

เนื่องจากเชื้อรา *Trichoderma sp.* ในสารเร่ง พด.1 เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสในสภาพอุณหภูมิปกติ 30 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปใช้ในการหมักวัสดุเศษพืชในสภาพคอนกลางกองปุ๋ยช่วงที่มีอุณหภูมิสูงนั้นเชื้อราดังกล่าวจะหยุดการเจริญเติบโต แต่ราชนิดนี้จะสามารถเจริญและดำเนินกิจกรรมย่อยสลายเศษพืชได้ในบริเวณรอบนอกของวัสดุเศษพืชและในช่วงท้ายของกระบวนการย่อยซึ่งอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักจะค่อยๆ ลดลง เมื่อนำปุ๋ยหมักที่ได้จากการใช้สารเร่ง พด.1 มาทำการตรวจปริมาณเชื้อรา *Trichoderma sp.* พบว่าเชื้อระดับดังกล่าวมีความสามารถในการอยู่รอดภายในกองปุ๋ยหมักได้ โดยมีปริมาณ 10^5 เซลล์ต่อกรัมวัสดุ แสดงให้ทราบว่าเชื้อรา *Trichoderma sp.* อาจจะพักตัวหรือหยุดการเจริญเติบโตในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงภายในกองปุ๋ยหมัก

3. ศึกษาประสิทธิภาพสารเร่ง พด.1 เพื่อควบคุมโรคพืช

จุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสบางสายพันธุ์มีความสามารถในการควบคุมโดยการยับยั้งหรือทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชในดินบางชนิด และควบคุมระดับปริมาณเชื้อสาเหตุโรคพืชมิให้เกิดการแพร่ระบาด

ส่งผลเสียหายต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรีย สารหลายชนิดมีความสามารถในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ดีได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Bacillus sp.* แอคติโนมัยซิสในสกุล *Nocardia sp.* และ *Streptomyces. sp.* และราในสกุล *Trichoderma sp.* และ *Chaetomium sp.* กลุ่มจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้จะมีอัตราเจริญได้รวดเร็วและมีความสัมพันธ์โภชสัจจิต กับอินทรียวัตถุในดิน จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชจะมีคุณสมบัติในการลดการแพร่ระบาดเชื้อสาเหตุโรค พืชหลายชนิด ได้แก่ *Pythium sp., Phytophthora sp., Sclerotium sp., Helminthosporium sp., Rhizoctonia sp., Macrophomina sp.* และ *Aspergillus flavus* เป็นต้น

3.1 กลไกการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยวิธีวิธี

1) การแก่งแย่งธาตุอาหารในดิน (microbial competition) จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชจะมี ประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวนประชากรได้เร็วกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ลักษณะพื้นที่ที่มีระดับอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีผลทำให้เชื้อโรคพืชไม่สามารถเจริญ ได้ทันเท่ากับกลุ่มจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช

2) การเข้าทำลายเซลล์ของเชื้อโรคพืชโดยตรง (hyperparasitism or predation) จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชจะสร้างเส้นใยเข้าหาเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคพืชจากนั้นจะขดพัน และสร้าง น้ำย่อยเพื่อที่จะย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อสาเหตุโรคพืช แล้วเส้นใยของจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชจะ แทงผ่านเข้าสู่เซลล์เส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคพืชและจะใช้สารประกอบภายในเซลล์เชื้อสาเหตุโรคพืช เป็นแหล่งอาหารต่อไป

3) การสร้างสารอินทรีย์บางชนิดยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช (amensalism) จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชบางชนิดจะสร้างสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค พืชได้ เช่น สารปฏิชีวนะ (antibiotic) และสารอินทรีย์ระเหย (volatile organic substance) ได้แก่ acetaldehyde, formaldehyde, ethylene และ ammonia

ดังนั้นการศึกษาประสิทธิภาพสารเร่งจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสสำหรับใช้ประโยชน์ในด้านการ กำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืชมี 2 วิธีการคือ วิธีแรกเป็นการใช้สารเร่ง พด.1 ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชใน กองปุ๋ยหมักและวิธีที่ 2 เป็นการใช้เชื้อสารเร่ง พด.1 ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในพื้นที่เพาะปลูก

3.2 การใช้สารเร่ง พด.1 ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในกองปุ๋ยหมัก

โครงการวิจัยศึกษาปฏิกิริยาระหว่างเชื้อโรคพืชและเชื้อราที่ย่อยสลายเซลลูโลส บางชนิดในกองปุ๋ยหมัก

จากรายงานผลการวิจัยโครงการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างเชื้อโรคพืชและเชื้อราที่ย่อยสลาย เซลลูโลสบางชนิดในกองปุ๋ยหมักเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อโรคพืชในระหว่างการทำ ปุ๋ยหมัก ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยทำ การกองปุ๋ยหมักจากเศษพืชเป็นโรคใบไหม้ของข้าวโพดและโรคแอนแทรกโนสของถั่วเหลืองเปรียบ เทียบกับการใส่และไม่ใส่สารเร่งจุลินทรีย์โดยทุกตำรับใส่มูลสัตว์ 10 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 0.2

เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าจากการนำวัสดุต้นข้าวโพดเป็นโรคใบไหม้ซึ่งเกิดจากเชื้อสาเหตุโรคพืช *Helminthosporium maydis* และวัสดุต้นถั่วเป็นโรคแอนแทรกโนส ซึ่งเกิดจากเชื้อสาเหตุโรคพืช *Colletotrichum lemaleum var. truncatum* มาผลิตเป็นปุ๋ยหมักโดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้สารเร่งจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลส ในช่วง 30 วัน ของการย่อยสลาย พบว่าเชื้อสาเหตุโรคพืชทั้ง 2 ชนิด จะมีจำนวนลดลง โดยการหมักแบบธรรมชาติจะมีปริมาณลดลงจาก 6.75 และ 6.15 เป็น 3.26 และ 3.29 log no. ตอกรัมของวัสดุตามลำดับ สำหรับการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุเป็นโรคดังกล่าวโดยการใช้สารเร่ง พด.1 ย่อยสลายเซลลูโลสจะมีผลทำให้ประชากรของเชื้อสาเหตุโรคพืชทั้ง 2 ชนิด มีอัตราการลดลงได้ดีกว่าการหมักแบบสภาพธรรมชาติ โดยจะมีจำนวนลดลงจาก 6.81 และ 6.27 เป็น 0.82 และ 0.97 log no. ตอกรัมของวัสดุตามลำดับ หลังจากการย่อยสลายเป็นเวลา 30 วัน เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสในสารเร่ง พด.1 สำหรับทำปุ๋ยหมักสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชจากเศษพืชเป็นโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าเชื้อจุลินทรีย์ในธรรมชาติและอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักสูงกว่าการหมักแบบธรรมชาติ ดังนั้นปัจจัยสำคัญบางประการที่มีผลต่อการลดจำนวนเชื้อสาเหตุโรคพืชในระหว่างการหมักวัสดุเศษพืชที่เป็นโรคนั้นมี 3 ประการดังนี้คือ

1) การเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก จากการนำวัสดุต้นข้าวโพดเป็นโรคใบไหม้และวัสดุต้นถั่วเหลืองเป็นโรคแอนแทรกโนสมาทำการย่อยสลายเพื่อผลิตปุ๋ยหมักเป็นเวลา 30 วัน พบว่าการหมักโดยใช้สารเร่งจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในกลุ่มของราเพิ่มจำนวนเพิ่มขึ้นจาก 4.85 และ 4.71 เป็น 6.09 และ 6.17 log no. ตอกรัมวัสดุตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำปุ๋ยหมักแบบธรรมชาติ

2) จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชในกองปุ๋ยหมัก จากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิจัยจุลินทรีย์กรมพัฒนาที่ดิน พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* sp. ในสารเร่ง พด.1 จะมีความสามารถในการเข้าทำลายเซลล์ของเชื้อรา *Helminthosporium maydis* สาเหตุโรคใบไหม้ของข้าวโพด โดยเส้นใยของรา *Trichoderma* sp. จะเจริญผ่านเข้าไปในเซลล์ของเชื้อรา *H. maydis* จากนั้นจะใช้ protoplasm ที่อยู่ในเซลล์ของเชื้อสาเหตุโรคพืชเป็นแหล่งอาหารมีผลทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชดังกล่าวต่อไป

3) อุณหภูมิสูงในกองปุ๋ยหมัก ในการทำปุ๋ยหมักจากวัสดุต้นข้าวโพดเป็นโรคใบไหม้และต้นถั่วเหลืองเป็นโรคแอนแทรกโนส โดยใช้สารเร่งจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลส พบว่าอุณหภูมิสูงเฉลี่ยที่เกิดขึ้นตลอดช่วงระยะเวลา 30 วัน ของการย่อยสลายจะค่อนข้างสูงกว่าการหมักแบบธรรมชาติมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 41 และ 43 เป็น 49 และ 51 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงให้ทราบว่าการทำปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่งจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายเกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็วและอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งกิจกรรมการย่อยสลายสิ้นสุดลง

3.3. การใช้เชื้อสารเร่งจุลินทรีย์ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในพื้นที่เพาะปลูก

1) โครงการวิจัยผลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา ***Macrophomina phaseolina*** และผลผลิตข้าวโพด

โครงการวิจัยผลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* และผลผลิตข้าวโพด ดำเนินการในชุดดินปากช่อง ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ได้ทำการทดลองกับข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสม (27-127)

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางชีวภาพของดิน: การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อรา *M.phaseolina* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคโคนเน่า (charcoal stalkrot) ในดินพบว่าปริมาณเชื้อโรคพืชลดจำนวนลงในช่วง 15-45 วันของการปลูกพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับที่ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 4 ตันต่อไร่ ปริมาณเชื้อโรคพืชลดลงอย่างชัดเจนจาก 5.33 เป็น 2.66 log no. ต่อกรัมของดิน และมีปริมาณต่ำกว่าสำหรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก การเพิ่มปริมาณของกลุ่มจุลินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการลดลงของเชื้อรา *M.phaseolina* ในช่วง 15-60 วันของการปลูกพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีสจาก 0.99 เป็น 5.39 log no. ต่อกรัมของดิน ในสำหรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ เนื่องจากปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีผลต่อการแก่งแย่งธาตุอาหารในดินทำให้ปริมาณเชื้อสาเหตุโรคพืชซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าไม่สามารถที่จะใช้อาหารในดินได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งหรือทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืช *M. Phaseolina* ในดิน ได้ผลของปุ๋ยหมักต่อลักษณะอาการเกิดโรคโคนเน่าของข้าวโพด จากการประเมินระดับการเกิดโรคโคนเน่า (charcoal stalk rot) สำหรับที่ใส่ปุ๋ยหมักโดยเฉพาะอัตรา 4 ตันต่อไร่ ต้นข้าวโพดจะแสดงอาการของโรคน้อยกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหมักในช่วง 60 วันของการปลูกพืชลดลงจาก 4.2 เป็น 1.8 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นจาก 78.4 เป็น 83.8 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการวิจัยจุลินทรีย์ พด.1 กรมพัฒนาที่ดิน โดยดำเนินการทดสอบปฏิกิริยาการต่อต้านระหว่างเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชกับเชื้อสาเหตุโรคพืช *M. phaseolina* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar ทำการปลูกเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชและเชื้อรา *M. phaseolina* ห่างกัน 20 เซนติเมตรในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว และบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน สังเกตการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช โดยวัดระยะห่างมากที่สุดระหว่างโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งระยะห่างที่เกิดขึ้นเป็นการแสดงถึงจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชสร้างสารปฏิชีวนะบางชนิดออกมาสู่อาหารเลี้ยงเชื้อและมีผลทำให้โคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคพืช *M. phaseolina* เจริญออกห่างจากโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช เชื้อจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชที่ทำการทดลองอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียสกุล *Bacullus sp.* และแอคติโนมัยซีสสกุล *Streptomyces sp.* ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชคณะทำงานวิจัยได้ดำเนินการศึกษากำหนดระยะห่างของการเจริญเร็วสาเหตุโรคพืชออกจากโคโลนีของแร่จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชมากกว่า 2 เซนติเมตร ถือได้ว่าจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเชื้อสาเหตุโรคพืชได้สูง โดยมีผลทำให้โคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคพืช *M. phaseolina* เจริญห่างออกไปมากที่สุดมีค่า 2.5 และ 2.3 เซนติเมตร ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน: การใส่ปุ๋ยหมักในอัตราตั้งแต่ 4 ตันต่อไร่ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสอย่างชัดเจนทั้งในสำหรับที่ไม่ปลูกเชื้อโรคพืชโดยเพิ่ม

ขึ้นจาก 93.6 ppm เป็น 146.0 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก การใส่ปุ๋ยหมักจะมีผลทำให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น และเนื่องจากปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงจึงมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น และมีผลต่อการเพิ่มระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่า pH ในดินเพิ่มขึ้นจาก 5.12 เป็น 5.98 เนื่องจากธาตุอาหารในดินถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้นและเป็นปุ๋ยหมักมีคุณสมบัติเป็น buffer capacity โดยจะมีผลในการรักษาสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เป็นกลางและระดับความชื้นในดินเพิ่มขึ้นจาก 19.1-20.2% เป็น 20.8-24.2%

การเปลี่ยนแปลงผลผลิตของข้าวโพด: จากการศึกษาผลผลิตของข้าวโพด พบว่าสำหรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมักผลผลิตของข้าวโพดจะลดลง 1607.60 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยหมักในอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเป็น 2110.30 และ 2154.5 กก./ไร่ การที่ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ให้กับดิน ทำให้อัตราการเกิดโรคโคนเน่าของข้าวโพดลดลง และปริมาณธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น

2) โครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ที่มีผลต่อผลผลิตของถั่วเหลือง

จากการศึกษาโครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง ดำเนินการทดลองที่สูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในชุดดินปากช่อง ทำการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในอัตรา 30 กก./ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากสารช่วย พด.1 4 อัตรา คือ 0, 2, 4 และ 6 ตัน/ไร่

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางจำภาพของดิน: พบว่าปริมาณแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในดินที่มีการใส่ปุ๋ยหมักอัตราต่างๆ จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่สำคัญอย่างมากต่อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินทำให้มีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจาก 8.23 และ 8.68 เป็น 9.28 และ 9.74 log no. ต่อกรัมของดิน ในขณะเดียวกันปริมาณเชื้อสาเหตุโรคพืช (โรคโคนเน่าคอดิน) *Rhizoctonia solani* มีจำนวนลดลงจาก 4.58 เป็น 3.85 log no. ต่อกรัมของดิน ปริมาณเชื้อรา *Trichoderma sp.* ที่เพิ่มขึ้นจาก 3.26 เป็น 4.04 log no.ต่อกรัมของดิน มีผลต่อการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชเช่นกัน การลดลงของเชื้อสาเหตุโรคพืช *Rhizoctonia sp.* มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 83.6 เป็น 92.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเกิดโรคโคนเน่าคอดินลดลงจาก 8.31 เป็น 2.9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโอกาสของเชื้อโรคพืชในการที่จะเข้าทำลายต้นถั่วเหลืองลดลง จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการวิจัยจุลินทรีย์ พด.1 กรมพัฒนาที่ดิน โดยดำเนินการทดสอบปฏิกิริยาการต่อต้านระหว่างเชื้อราควบคุมโรคพืช *Trichoderma sp.* กับเชื้อราสาเหตุโรคพืช *Rhizoctonia solani* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar ทำการปลูกเชื้อจุลินทรีย์ *T. sp.* และเชื้อสาเหตุโรคพืช *R.solani* ห่างกัน 2 เซนติเมตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าโคโล

นี้ของเชื้อรา *T. sp.* มีอัตราการเจริญเร็วกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืช *R.solani* จึงมีผลทำให้เชื้อรา *T.sp.* เจริญคลุมเชื้อสาเหตุโรคพืชทำให้ไม่สามารถเจริญต่อไปได้

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน: เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 4 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มมากขึ้นจาก 80.0 เป็น 134.7 ppm ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจาก 177.3 เป็น 205.6 ppm เนื่องจากปุ๋ยหมักมีคุณสมบัติในการดูดรับธาตุอาหารจากดินและจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาที่ละน้อยการที่ธาตุอาหารในดินถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่า pH ของดินมีระดับเพิ่มขึ้นจาก 6.4 เป็น 7.0 ซึ่งเป็นผลเนื่องจากอนุมูลของธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกได้แก่ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้นนอกจากนี้ระดับอินทรียวัตถุในดินจะเปลี่ยนแปลงจาก 2.93 เป็น 3.70 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลือง: การใส่ปุ๋ยหมักมีผลทำให้กิจกรรมจุลินทรีย์ในดินและธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น โดยที่กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินหลายชนิดจะทำหน้าที่แปรสภาพธาตุในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น และปุ๋ยหมักจะช่วยในการดูดรับธาตุอาหารได้ดีขึ้นรวมถึงอัตราการเกิดโรคเน่าคอดินลดลงด้วยจึงมีผลทำให้น้ำหนักต้นสดของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 203.3 เป็น 240.0 กรัมต่อต้น

3) โครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อการเกิดสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการศึกษาโครงการวิจัยอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อการเกิดสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 3 ในดินชุดปากช่อง โดยมีการใส่ปุ๋ยหมัก 3 อัตรา คือ 0, 4 และ 6 ตันต่อไร่ และทำการใส่และไม่ใส่จุลินทรีย์ควบคุมเชื้อโรคพืช (biological control) หรือจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูโลสใน พด.1 ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ (*Bacillus sp.*) จำนวน 10^3 เซลล์ต่อกรัมของดิน เชื้อแอคติโนมัยซีส 2 สายพันธุ์ (*Streptomyces sp.*) จำนวน 10^1 เซลล์/กรัมของดิน เชื้อรา 2 สายพันธุ์ จำนวน 10^1 เซลล์ต่อกรัมของดิน (*Chaetomium sp.* และ *Trichoderma sp.*) ทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยเคมี (16-20-0) อัตรา 25 กก./ไร่

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางชีวภาพของดิน: หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดพบว่าการใส่จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชร่วมกับปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจาก 9.32 เป็น 10.77 log no. ต่อกรัมของดิน โดยที่ปุ๋ยหมักจะเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มเนื้อที่สำหรับเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินและทำให้ปริมาณเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในดินซึ่งเป็นสาเหตุการผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินในข้าวโพด ลดลงจาก 4.63 เป็น 2.08 log no. ต่อกรัมของดิน ปริมาณจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นจะมีจำนวนมากกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืช *A.flavus* อย่างเด่นชัดซึ่งทำให้เชื้อโรคพืชดังกล่าวไม่สามารถแก่งแย่งอาหารในดิน

ได้และจะถูกยับยั้งหรือทำลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินซึ่งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเช่นการใส่ปุ๋ยหมักนอกจากนี้ระดับอะฟลาทอกซินในดินและเมล็ดข้าวโพด ลดลงจาก 39.7 และ 145.3 เป็น 12.1 และ 81.1 ppb ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับสำหรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก สารอะฟลาทอกซินที่สร้างโดย *A. flavus* ในดินสร้างขึ้นจะถูกทำลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช ซึ่งจะเปลี่ยนรูปโครงสร้างทางเคมีของ อะฟลาทอกซินทำให้เกิดเป็นสารประกอบใหม่ ซึ่งไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ สำหรับการลดลงของอะฟลาทอกซินในเมล็ดข้าวโพดนั้นเป็นผลเนื่องจากพืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสม จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการวิจัยจุลินทรีย์ พด.1 กรมพัฒนาที่ดิน โดยดำเนินการทดสอบปฏิกิริยาต่อต้านระหว่างเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชกับเชื้อสาเหตุโรคพืช *A.flavus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar ทำการปลูกเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชและเชื้อรา *A.flavus* ห่างกัน 2 เซนติเมตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน สังเกตการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยวัดระยะห่างมากที่สุดระหว่างโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งระยะห่างที่เกิดขึ้นเป็นการแสดงถึงจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชสร้างสารปฏิชีวนะบางชนิดออกมาสู่อาหารเลี้ยงเชื้อและมีผลทำให้โคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคพืช *A.flavus* เจริญออกห่างจากโคโลนีของจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช เชื้อจุลินทรีย์ที่ควบคุมโรคพืชที่ทำการทดสอบอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียสกุล *Bacillus sp.1* และ *Bacillus sp.2* แอคติโนมัยซีส *Streptomyces sp.1* และ *Streptomyces sp.2* ราในสกุล *Chaetomium sp* และ *Trichoderma sp.* ซึ่งจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชจะต้องมีระยะห่างของการเจริญหรือสาเหตุโรคพืชเจริญออกห่างจากโคโลนีของจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชมากกว่า 2 เซนติเมตรโดยกลุ่มจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชดังกล่าวนี้มีผลทำให้โคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคพืช *A.flavus* เจริญออกไปมากที่สุดมีค่า 2.8, 2.7, 2.4, 2.5, 2.7 และ 2.6 เซนติเมตร ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน: การใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 4 และ 6 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยหมักโดยพบว่าไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 0.11 เป็น 0.19 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจาก 154.7 เป็น 290.7 และ 351.0 ppm ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจาก 122.0 เป็น 196.0 และ 213.3 ppm นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยหมักมีผลต่อการเพิ่มแมงกานีสจาก 50.6 เป็น 67.3 และ 79.3 ppm และสังกะสีจาก 2.19 เป็น 3.46 และ 4.52 ppm ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยหมักมีคุณสมบัติในการดูดซับธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีและในดินและช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น ธาตุอาหารมีความสำคัญต่อการเพิ่มความต้านทานของพืชต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

การเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด: เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของข้าวโพดจะพบว่าการใส่ปุ๋ยหมัก 4 และ 6 ตัน/ไร่ มีผลต่อการพัฒนาความสูงของต้นข้าวโพดโดยความสูงจะเพิ่มขึ้นจาก 186.2 เป็น 196.2 และ 196.9 เซนติเมตรตามลำดับ และมีผลทำให้ผลผลิตของข้าวโพดมีการตอบสนองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญถึงแม้ว่าจะมีการปลูกเชื้อ

โรคพืช *A. flavus* ลงในดินก็ตาม โดยจะเพิ่มขึ้นจาก 417.3 เป็น 502.3 และ 581.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืชจะให้ผลผลิตของเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย จาก 475.7 เป็น 554.7 และ 575.7 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับนั้น แต่ประโยชน์สำคัญที่ได้รับคือ ปริมาณอะฟลาทอกซินในดินลดลงจากผลการทดลองพบว่าปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสม ในการใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช ซึ่งทำให้ปริมาณอะฟลาทอกซินในดินและเมล็ดข้าวโพดลด ลงและผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้น

4. การผลิตสารเร่ง พด.1

ในการผลิตสารเร่ง พด.1 เพื่อใช้ในการทำปุ๋ยหมักจะมีขั้นตอนเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่คัด เลือกแล้วจำนวน 8 สายพันธุ์ให้ได้จำนวนมากขึ้น โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: การเตรียมต้นตอเชื้อจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลส (Inoculum)

โดยการนำเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยเซลลูโลสที่คัดเลือกไว้แล้วมาเพิ่มจำนวนเพื่อสำหรับเป็นต้นตอ เชื้อ (Inoculum) ในการที่จะนำไปขยายให้เพิ่มมากขึ้นให้ได้ปริมาณที่ต้องการ โดยแบคทีเรียเตรียม ในรูปอาหารเหลว (Liquid media) ส่วนเชื้อราและแอคติโนมัยซีสเตรียมในรูปของอาหารแข็ง (Solid media) การเตรียมต้นตอเชื้อแบคทีเรียจะต้องเตรียมในอาหารเหลวซึ่งมีสูตรอาหารดังนี้ Beef extract 3.0 กรัม Pectone 5.0 กรัม และ H_2O 1,000 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำเชื้อแบคทีเรีย สกุล *Bacillus sp.* ทั้ง 2 สายพันธุ์ มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่เตรียมไว้ตามข้างต้นแล้วนำเข้าเครื่อง incubator shaker ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ โดยบ่มที่อุณหภูมิ 45 °C ด้วยความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ให้มากขึ้น สำหรับการเตรียมต้นตอเชื้อ ราและแอคติโนมัยซีส

การเตรียมต้นตอเชื้อทั้ง 2 ชนิดนี้ จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดียวกัน ซึ่งเป็นอาหารแข็ง (Solid media) ซึ่งมีสูตรอาหารประกอบด้วย ข้าวฟ่าง และรำหยาบ ในอัตรา 4:1 มีส่วนผสมคือ ข้าว ฟ่าง 20 กรัม รำหยาบ 4 กรัม และน้ำกลั่น 24 มิลลิลิตร

ทำการปลูกเชื้อราและแอคติโนมัยซีสที่คัดเลือกแล้วดังต่อไปนี้ ราในสกุล *Chaetomium sp., Helicomyces sp., Scopulariopsis sp.* และ *Trichoderma sp.* แอคติโนมัยซีสประกอบด้วย *Steptomyces sp.* จำนวน 2 สายพันธุ์ ลงใน flask แล้วนำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 3 วัน ส่วนเชื้อรา *Trichoderma sp.* บ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน เช่นเดียวกัน เนื่องจาก *Trichoderma sp.* จะมีการเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 °C

ขั้นตอนที่ 2: การเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสให้มีปริมาณมากขึ้น

การเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียในอาหารเหลวจะเป็นการนำต้นตอเชื้อแบคทีเรีย ที่เลี้ยงใน flask และเจริญเติบโตเต็มที่แล้วมาทำการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียให้มากขึ้นเพียงพอต่อการ ผลิตสารเร่งพด.1 โดยจะทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแต่ละชนิดในถังหมักจุลินทรีย์ (fermentor) ขนาด 30 ลิตร โดยบรรจุอาหารเหลวจำนวน 20 ลิตรต่อต้นตอเชื้อ 1 ลิตร โดยระบบปลอดเชื้อ การเพาะ

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียจะใช้ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และมีค่า pH ของอาหารเท่ากับ 7 หลังจากครบกำหนด 8 ชั่วโมง จะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 8 องศาเซลเซียส

สำหรับการเพิ่มปริมาณเชื้อราและแอคติโนมัยซีสย่อยเซลลูโลสนั้นจะทำการเพาะเลี้ยงในข้าวฟ่างและรำหยาบในอัตราส่วน 4:1 ซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกร้อน ซึ่งมีวิธีเตรียมดังนี้ คือ เตรียมถุงร้อนขนาด 8x12 นิ้ว โดยใช้ข้าวฟ่างน้ำหนัก 45 กรัม ผสมกับรำหยาบน้ำหนัก 9 กรัม ลงในถุงร้อน และเติมน้ำ 43-48 มิลลิลิตร หลังนั้นนำไปทำให้ปราศจากเชื้อแล้วทำการปลูกเชื้อลงในถุงดังกล่าว บ่มเชื้อที่ตู้บ่ม (Incubator) ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 45°C ยกเว้นเชื้อราชนิด *Trichoderma sp.* จะตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องคือ 30°C เป็นเวลา 3-5 วัน เชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวจะมีการเจริญเติบโตเต็มที่

ขั้นตอนที่ 3: การผสมเชื้อจุลินทรีย์

หลังจากทำการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้งในกลุ่มแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีสเชื้อราให้ได้ปริมาณมากแล้ว จากนั้นขั้นตอนที่ 2 จะนำเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมาผสมรวมกันกับปุ๋ยหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อและรำหยาบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเช่นกันโดยคลุกเคล้าให้เข้ากันและให้ได้ปริมาณจุลินทรีย์ 10^7 เซลล์ต่อวัสดุผสม 1 กรัม การที่ใช้ปุ๋ยหมักและรำหยาบเป็นวัสดุผสมเพื่อใช้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ โดยมีสัดส่วนการผสมดังนี้

1. จุลินทรีย์ที่เพิ่มปริมาณในอาหารเชิงในถุงขนาด 8x12 นิ้ว	1	ถุง
2. จุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) ที่เพิ่มปริมาณในอาหารเหลว	50	มิลลิลิตร
3. ปุ๋ยหมักมีความชื้น 10 %	1000	กรัม
4. รำหยาบ	250	กรัม

ขั้นตอนที่ 4: การนึ่งเชื้อ

หลังจากเสร็จขั้นตอนในการผสมเชื้อจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลส หรือที่เรียกสั้นๆ ว่าการคลุกเชื้อแล้ว จะนำไปนึ่งให้แห้งในที่ระบบ airdry โดยมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอการบรรจุในถุงต่อไปเพื่อนำไปส่งเสริมให้แก่เกษตรกร

ขั้นตอนที่ 5:. การบรรจุถุง (Packing)

หลังจากได้เชื้อจุลินทรีย์ที่แห้งเตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 4 แล้วนำเชื้อจุลินทรีย์มาบรรจุใส่ถุงที่มีฉลากของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ชื่อว่า "สารเร่งพด.1" ย่อมาจาก "สารเร่งพัฒนาที่ดิน 1" โดยบรรจุถุงละ 150 กรัม ถุงที่นำมาบรรจุจะเป็นถุงที่ทำจากผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทนทานต่อการฉีกขาดและป้องกันความชื้นขนาดถุงประมาณ 8x10 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 6: ศึกษาการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสในสารเร่ง พด.1

จากการศึกษาปริมาณการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสในสารเร่ง พด.1 ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงฟอล์ยจำนวน 150 กรัม ในช่วงระยะเวลาต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

ปกติเป็นเวลา 3 ปี พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสทุกสายพันธุ์มีจำนวนลดลงจะแสดงในปีที่ 2 และจะลดลงอย่างเด่นชัดในช่วงอายุการเก็บรักษาปีที่ 3 โดยปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซีสในสกุล *Steptomyces sp.1* และ *Streptomyces sp.2* จะลดลงจาก 8.94 และ 8.96 เป็น 7.46 และ 7.20 log no. ต่อกรัมของดิน ปริมาณเชื้อราในสกุล *Helicomyces sp.*, *Scopulariopsis sp.*, *Chaetomium sp.* และ *Trichoderma sp.* จะลดลงจาก 6.80, 7.53, 6.79 และ 7.13 เป็น 5.66, 6.07, 5.52 และ 5.70 log no. ต่อกรัมของดินตามลำดับ สำหรับปริมาณแบคทีเรียในสกุล *Bacillus sp. 1* และ *Bacillus sp.2* จะมีจำนวนลดลงจาก 9.86 และ 9.80 เป็น 8.04 และ 8.71 log no. ต่อกรัมของดินตามลำดับ ถึงแม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ย่อยเซลลูโลสในสารเร่ง พด.1 จะมีจำนวนลดลงในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาถึงปีที่ 3 แต่ปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลงดังกล่าวนี้ยังคงมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัสดุเศษพืชเพื่อลดระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมักได้ ดังนั้นการนำสารเร่ง พด.1 ไปใช้ในการทำปุ๋ยหมักควรจะใช้ในช่วงระยะเวลา 2 ปี จะยังคงรักษาประสิทธิภาพการย่อยสลายเศษพืชในกองปุ๋ยหมักได้ดี

5. การใช้ประโยชน์สารเร่ง พด.1 ในการผลิตปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้จากการนำชิ้นส่วนของพืชมาหมักในรูปของการกองซ้อนกันบนพื้นดินหรืออยู่ในหลุม เศษชิ้นส่วนของพืชที่นำมาหมักนั้นจะต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายจนแปรสภาพไปจากรูปเดิมโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ จนกระทั่งได้สารอินทรีย์ที่มีความคงทนไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลเข้มดำ และมีอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำ เมื่อกระบวนการย่อยสลายเศษวัสดุพืชเสร็จสมบูรณ์จะได้ปุ๋ยหมักสำหรับใช้ในการปรับปรุงและบำรุงดินต่อไป

5.1 วิธีการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่ง พด.1

วิธีการกองปุ๋ยหมัก

จากการศึกษาทดลองของพิทยากรและคณะ (2528) ในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 2.0 กิโลกรัมต่อมูลสัตว์ 200 กิโลกรัมต่อเศษพืช 1 ตัน มีผลต่อการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก ทำให้ระยะเวลาในการย่อยสลายเศษพืชได้เร็วขึ้น จากนั้นทำการใส่สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ลงในกองปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ที่เติมลงในกองปุ๋ยหมักนั้น ในการกองปุ๋ยหมัก 1 ตัน ปริมาณจุลินทรีย์ไม่ควรต่ำกว่า 10^{10} เซลล์ ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถผลิต enzyme cellulase สูง และเป็นกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิสูง (thermophile) ประมาณ 50 องศาเซลเซียส และต้องการอากาศ กรมพัฒนาที่ดินได้ผลิตสารเร่งจุลินทรีย์ลักษณะแห้งเพื่อใช้ร่วมในขบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษพืชโดยใช้เชื้อสารเร่ง พด.1 ใน 1 ชุดประกอบด้วยจุลินทรีย์ไม่ต่ำกว่า 10^{10} เซลล์ น้ำหนัก 150 กรัม เพื่อลดระยะเวลาในการทำปุ๋ยหมักให้สั้นลง ในการกองปุ๋ยหมัก 1 ตันประกอบด้วยเศษพืช 1 ตัน ปุ๋ยยูเรีย 2 กิโลกรัม มูลสัตว์ 200 กิโลกรัม สารเร่ง พด.1 จำนวน 1 ชุด โดยนำสารเร่งจุลินทรีย์ พด.1 จำนวน 1 ชุด มาละลายน้ำ 20 ลิตร คนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที แล้วทำการรดสารละลายของสารเร่งจุลินทรีย์ให้ทั่วในกองของเศษพืช ในกรณีของเศษพืชชิ้นใหญ่ขนาดของกองประมาณ 1 ตัน มีปริมาตรประมาณ 9 ลูกบาศก์เมตร หรือขนาดความกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 1.5 เมตร ถ้าเป็นเศษพืชชิ้นละเอียดมี

ปริมาตรประมาณ 3-5 ลูกบาศก์เมตร วิธีการกองนั้นถ้าเป็นเศษพืชชิ้นใหญ่แบ่งวัสดุต่างๆ เป็น 3 ส่วน นำไปวางเรียงเป็นชั้นๆ โดยชั้นละ 50 เซนติเมตร โดยวางเศษพืชต่อด้วยมูลสัตว์และยูเรียในชั้นของเศษพืชควรย่ำให้แน่นก่อนแล้วรดน้ำแล้วตามด้วยมูลสัตว์และยูเรียและรดด้วยสารละลายจุลินทรีย์ และหลังจากนั้นกองเศษพืชในชั้นต่อไปตามวิธีการชั้นที่ 1 จนครบ 3 ชั้น เป็นการกองปุ๋ยหมัก 1 ตัน ในกรณีที่เศษวัสดุในการ กองปุ๋ยหมักเป็นชิ้นขนาดเล็ก เช่น ขี้เลื่อย แกลบหรือขุยมะพร้าวอาจคลุกเคล้ามูลสัตว์ ปุ๋ยไนโตรเจน และสารละลายของสารเร่งจุลินทรีย์ให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ และกองเป็นกองโดยไม่ต้องกองเป็นชั้นๆ อย่างที่กล่าวข้างต้น

5.2 การปฏิบัติและการดูแลรักษากองปุ๋ยหมักที่สารเร่ง พด.1

1) การรดน้ำกองปุ๋ยหมัก

การรดน้ำกองปุ๋ยหมักควรกระทำอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ความชื้นภายในกองปุ๋ยหมักอยู่ในระดับที่เหมาะสมคือประมาณ 50-60% โดยน้ำหนัก (Suler and Finstein, 1977) ถ้าความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้กระบวนการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า แต่ถ้ากองปุ๋ยหมักมีความชื้นมากเกินไปจะมีผลต่อการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยหมักทำให้เกิดสภาพการขาดออกซิเจนกระบวนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ช้าเช่นกัน ดังนั้นการรดน้ำกองปุ๋ยหมักเป็นการปฏิบัติที่จะต้องทำอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ ในกรณีที่กองปุ๋ยหมักกลางแจ้งกองปุ๋ยจะได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงแดดทำให้น้ำระเหยออกจากกองปุ๋ยหมักเร็วกว่าในโรงเรือน จึงต้องมีการรดน้ำเพื่อรักษาความชื้นภายในกองปุ๋ยหมักให้เหมาะสม หรืออาจจะใช้วัสดุบางประเภทปิดคลุมบนกองปุ๋ยหมักเพื่อลดการระเหยของน้ำเช่นเศษพืช ใบทางมะพร้าวแห้ง หรือพลาสติก เป็นต้น

2) การกลับกองปุ๋ยหมัก

การกลับกองปุ๋ยหมักควรปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเช่นกัน เพื่อเป็นการระบายอากาศเพิ่มออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์และช่วยให้วัสดุคลุกเคล้าเข้ากัน ตลอดจนช่วยลดปริมาณความร้อนภายในกองปุ๋ยอีกด้วย ระยะเวลาในการกลับปุ๋ยหมักนั้นควรปฏิบัติประมาณ 7-10 วันต่อครั้ง

3) การเก็บรักษากองปุ๋ยหมักที่เสร็จแล้ว

เมื่อปุ๋ยหมักเสร็จสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว ควรเก็บไว้ในโรงเรือนหรือสถานที่กำบังแดดและฝน ปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

5.3 ปัจจัยควบคุมอัตราการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมัก

1) ชนิดเชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายเศษพืชภายในกองปุ๋ยหมักจนกระทั่งได้ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์นั้นเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายชนิดประกอบกัน ซึ่งสามารถจัดแบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกองปุ๋ยหมักออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส และเชื้อรา ในกองปุ๋ยหมักจะตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ แต่ชนิดและปริมาณของเชื้อราจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำปุ๋ยหมัก ความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ภายในกองปุ๋ยจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงและมีความชื้นสูงเป็นสภาพที่เหมาะ

สมต่อมักพบว่ามีการเจริญของเชื้อรา ดังนั้นจึงมักพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ย ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าในกองปุ๋ยหมัก จากการศึกษาเชื้อรา ในกองปุ๋ยหมักในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสามารถพบเชื้อราได้ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 65 องศาเซลเซียส จะไม่พบการเจริญของเชื้อรา

2) อัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก

เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกความยากหรือง่ายต่อการย่อยสลายและใช้เป็นสัดส่วนในการเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ กล่าวคือถ้าวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักมีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก อัตราการย่อยสลายจะเกิดช้า เนื่องจากความไม่สมดุลของสารประกอบคาร์บอนกับไนโตรเจน ความสมดุลของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนของจุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 10 ต่อ 1 การใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 25 ต่อ 1 ค่อนข้างเหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ดังนั้นในกรณีที่ใช้วัสดุที่มีค่าอัตราส่วนของสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงมาก อาจจะต้องมีการเติมสารประกอบไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยเคมี เช่น ยูเรีย หรือสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่มาก เช่น มูลสัตว์ และกากเมล็ดพืช ค่า C/N ratio ของวัสดุแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ที่วัสดุมี C/N ratio ต่ำกว่า 100:1 จัดเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่าย ได้แก่ ฟางข้าว เศษต้นข้าวโพดและพืชตระกูลถั่ว ส่วนวัสดุที่มี C/N ratio มากกว่า 100:1 จัดเป็นวัสดุที่ย่อยสลายยาก ได้แก่ กากอ้อย แกลบ ขี้เลื่อย และขุยมะพร้าว

3) ลักษณะของวัสดุ

ปุ๋ยหมักสามารถทำจากเศษวัสดุพืชชนิดต่างๆ ลักษณะของแต่ละวัสดุที่แตกต่างกันจึงมีส่วนสำคัญต่อกระบวนการย่อยสลาย ได้แก่ ขนาด และความสดของวัสดุ เป็นต้น ขนาดของวัสดุก็เป็นวัสดุที่มีขนาดเล็ก เช่น ขี้เลื่อย แกลบ และขุยของข้าว การผสมคลุกเคล้าทำให้ทำถึงพื้นที่ผิวสัมผัสมีมาก ดังนั้นโอกาสที่จะถูกย่อยสลายจึงมีมากกว่า สำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ เช่น ฟางข้าว ผักตบชวา และกากอ้อย จะมีลักษณะเป็นเส้นหรือท่อนทำให้ภายในกองปุ๋ยหมักมีการระบายอากาศได้ดี แต่การปฏิบัติจะยุ่งยาก คือ จะต้องกองเป็นชั้นๆ และเมื่อถึงเวลากลับกองปุ๋ยหมักก็จะเป็นการช่วยผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดียิ่งขึ้น

4) อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก

อุณหภูมิที่สูงเกิน 70 องศาเซลเซียส จะมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ จากการกองปุ๋ยหมักพบว่าหลังจากกองปุ๋ยหมัก 2-4 วัน อุณหภูมิภายในกองจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 50-60 องศาเซลเซียสหรือมากกว่านี้เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยจากกระบวนการย่อยสลาย อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายวัสดุ รวมถึงการที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชมีค่าประมาณ 55 องศาเซลเซียส เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในช่วงอุณหภูมิสูง (40-60 องศาเซลเซียส) ได้แก่ พวกทนอุณหภูมิสูง (thermotolerant) และชอบอุณหภูมิสูง (thermophile) หลังจากที่อุณหภูมิถึงจุดสูงสุดแล้วก็จะค่อยๆ

ลดลงจนถึงระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 40-45 องศาเซลเซียส และเชื้อจุลินทรีย์พวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophile) ก็จะสามารถเจริญเพิ่มจำนวนมากขึ้น และจะย่อยสลายสารอินทรีย์บางชนิดต่อไป จนกระทั่งค่า C/N ratio ลดลงเท่ากับ 20:1 จึงจะนำปุ๋ยหมักไปใช้ได้

5) ความชื้นภายในกองปุ๋ยหมัก

เป็นค่าบ่งบอกปริมาณน้ำซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญของจุลินทรีย์ รวมถึงการดำเนินปฏิกิริยาต่างๆในการย่อยสลาย การย่อยสลายสารประกอบบางชนิดภายนอกเซลล์โดยเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อราและแอคติโนมัยซีส extracellular enzymeออกมาย่อยสลายแบคทีเรียปลดปล่อย enzyme แบบ endo enzyme หรือ intracellular enzyme โดยแบคทีเรียจะต้องสัมผัสกับเศษวัสดุจึงจะทำการย่อยได้ ดังนั้นจะต้องมีปริมาณน้ำที่เพียงพอสำหรับการดำเนินปฏิกิริยาดังกล่าวโดยมีความชื้นอยู่ระหว่าง 50-60 เปอร์เซ็นต์

6) การระบายอากาศในกองปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรียาต้องในกองปุ๋ยหมัก โดยกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ในสภาพที่ต้องการอากาศ (aerobic composting) จัดเป็นปฏิกิริยาประเภท ecological oxidation ซึ่งปัจจัยที่สำคัญคือก๊าซออกซิเจนในการรับอิเลคตรอนที่ลงถ่ายมาจากระบบ respiratory ในเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนั้นการระบายอากาศภายในกองปุ๋ยหมักจึงจำเป็นต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจน เพื่อไม่ให้เป็นปัจจัยที่จำกัดต่อกระบวนการย่อยสลาย

7) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การเปลี่ยนแปลง pH ของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักพบว่าในช่วง 3 วันแรก pH จะลดลงจากเดิมเหลือ 5.3-5.7 และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงหลัง pH ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักคืออยู่ในช่วง 7.0-8.5 pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ 5.5 - 8.0 ตามที่กล่าวแล้วว่าวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ระดับ pH ของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกันด้วย

5.4 หลักในการพิจารณาปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

1) **สีของวัสดุเศษพืช** หลังจากเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึง สีดำ

2) **ลักษณะของวัสดุเศษพืช** ที่เป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะมีลักษณะอ่อนนุ่มและยุ่ย

3) **กลิ่นของวัสดุ** ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์จะไม่มีกลิ่นเหม็น

4) **ความร้อนในกองปุ๋ย** อุณหภูมิจะสูงที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยหมักค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก กองปุ๋ยจึงถือว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์

5) **ลักษณะพืชที่เจริญบนกองปุ๋ยหมัก** เมื่อกองปุ๋ยหมักเกือบใช้ได้แล้วบางครั้งอาจมีพืชเจริญบนกองปุ๋ยหมักได้

6) **การวิเคราะห์ทางเคมี** ในการที่จะบอกได้อย่างแน่ชัดว่าเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ จะต้องมีค่า C/N ratio เท่ากับหรือน้อยกว่า 2:1

คุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมักที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ จะมีคุณสมบัติบางประการแตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดคุณภาพ และมาตรฐานเป็นแนวทางพอที่จะยึดเป็นหลักเกณฑ์ของปุ๋ยหมักที่ดี และเมื่อใส่ลงในดินแล้วไม่ทำให้พืชเป็นอันตราย ซึ่งอาจจะพิจารณาได้ดังนี้คือ

(1) อัตราส่วนสารประกอบคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่มากกว่า 20:1

(2) เกรดปุ๋ยไม่ควรต่ำกว่า 0.5-0.5-1.0 (% ของ N, P_2O_5, K_2O ตามลำดับ)

(3) ความชื้นของปุ๋ยหมักไม่ควรมากกว่า 35-40% (โดยน้ำหนัก)

(4) ปริมาณอินทรียวัตถุประมาณ 25-50% (โดยน้ำหนัก)

(5) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 6.0-7.5

(6) ไม่ควรมีวัสดุเจือปนอื่นๆ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เสียเวลาในการกองปุ๋ยน้อยลงและสามารถใช้ปุ๋ยหมักได้ทันในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก

2. ผลิตภัณฑ์สารเร่ง พด.1 ที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักเป็นที่สนใจของเกษตรกรมาก ซึ่งทำให้เกษตรกรใช้วัสดุเหลือใช้ในการเกษตรมาผลิตปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงดิน และลดการเผาเศษพืชในไร่นาลง และเห็นถึงคุณประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร

3. การผลิตสารเร่ง พด.1 เพื่อผลิตปุ๋ยหมักนั้น ทำให้สามารถกำหนดคุณสมบัติ และมาตรฐานการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์จากภาคเอกชนให้มีคุณภาพในการผลิตปุ๋ยหมักได้ดีขึ้น และทำให้ราคาของสารเร่งจุลินทรีย์ของภาคเอกชนมีราคาถูกลงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร

4. การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่ง พด.1 ทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในด้านการแปรสภาพความเป็นประโยชน์แร่ธาตุให้กับดิน และเพิ่มกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดในดิน ทำให้ลดปัญหาการแพร่ระบาดของโรคพืช

5. เป็นหน่วยงานต้นแบบแห่งแรกของประเทศไทยในการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านปุ๋ยอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานภาคเอกชน และเป็นสถานที่ดูงานสำหรับการฝึกงานทางด้านจุลินทรีย์ดินที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยอินทรีย์ให้กับสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาคเอกชน และบุคคลที่มีความสนใจทั่วไป

6. กรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่ง พด.1 ได้ปีละไม่ต่ำกว่า 150,000 ชุด

7. เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรแบบยั่งยืนและมีผลทำให้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมดีขึ้น และทำให้มีการผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดสารพิษเพิ่มขึ้น

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตสารเร่ง พด.1 นั้นไม่สามารถผลิตเป็นจำนวนมากได้ เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหม้อนึ่งฆ่าเชื้อไอน้ำด้วยความดันสูง ซึ่งจะใช้สำหรับฆ่าเชื้อในวัสดุที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อและวัสดุสำหรับคลุกกับเชื้อสารเร่งจุลินทรีย์ ซึ่งหม้อนึ่งความดันสูงดังกล่าวนี้มีจำนวนจำกัด ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จัดซื้อมาเป็นเวลา 15 ปีแล้ว และมีปัญหาเกี่ยวกับการชำรุดอยู่เสมอ

2. การผลิตสารเร่ง พด.1 ของกรมพัฒนาที่ดินนั้น ในปัจจุบันเกษตรกรมีความต้องการมากขึ้น แต่หน่วยงานไม่สามารถผลิตได้มากกว่า 150,000 ชุดต่อปี เนื่องจากการผลิตสารเร่ง พด.1 นั้น เป็นโครงการนำร่องเพื่อกระตุ้นให้เกษตรกรใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้การเกษตรทำปุ๋ยหมัก และอีกประการหนึ่งการผลิตสารเร่ง พด.1 เป็นการผลิตเพื่อส่งเสริมโดยแจกฟรีให้กับเกษตรกรเท่านั้นมิได้เป็นการค้าหน่วย

3. นโยบายการส่งเสริมการใช้สารเร่ง พด.1 นั้น เป็นการใช้ประโยชน์สำหรับทำปุ๋ยหมักจากวัสดุในรูปแห้ง เช่น วัสดุฟางข้าว เศษต้นข้าวโพด เศษพืชตระกูลถั่ว และกากอ้อย เป็นต้น แต่ในสถานการณ์ปัจจุบันเกษตรกรได้นำสารเร่งจุลินทรีย์ดังกล่าวไปใช้ในด้านอื่นหลายรูปแบบ เช่น การทำน้ำหมัก หรือใช้ในพื้นที่ทำนากุ้ง ซึ่งทำให้เป้าหมายในการผลิตปุ๋ยหมักมีผลกระทบ

4. ในการผลิตสารเร่ง พด.1 มีปัญหาเกี่ยวกับสถานที่ผึ่งเชื้อให้แห้ง โดยเฉพาะในฤดูฝนการผลิตสารเร่ง พด.1 จะมีผลกระทบเนื่องจากไม่สามารถทำให้แห้งได้เร็วขึ้น ในช่วงฤดูฝนการผลิตจะหยุดชะงักไปช่วงระยะหนึ่งซึ่งทำให้ปริมาณการผลิตลดลง

5. เนื่องจากเกษตรกรมีความต้องการในการใช้สารเร่ง พด.1 ในการผลิตปุ๋ยหมักทุกครั้งในการผลิต และกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาการดอเชื้อปุ๋ยหมัก โดยสามารถแนะนำและส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยสารเร่ง พด.1 เป็นต้นดอเชื้อในการผลิตปุ๋ยหมักดอไป โดยใช้ปุ๋ยหมัก 200 กิโลกรัมต่อเศษพืช 1 ตัน โดยปุ๋ยหมัก 200 กิโลกรัมนั้นเป็นต้นดอเชื้อและเป็นตัวแทนของปุ๋ยดอกอีกต่อไป

ประโยชน์ที่ได้รับ:

1. เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เสียเวลาในการกองปุ๋ยน้อยลงและสามารถใช้ปุ๋ยหมักได้ทันในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก

2. ผลิตภัณฑ์สารเร่ง พด.1 ที่ใช้ในการทำปุ๋ยหมักเป็นที่สนใจของเกษตรกรมาก ซึ่งทำให้เกษตรกรใช้วัสดุเหลือใช้ในการเกษตรมาผลิตปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงดิน และลดการเผาเศษพืชในไร่นาลง และเห็นถึงคุณประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร

3. การผลิตสารเร่ง พด.1 เพื่อผลิตปุ๋ยหมักนั้น ทำให้สามารถกำหนดคุณสมบัติ และมาตรฐานการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์จากภาคเอกชนให้มีคุณภาพในการผลิตปุ๋ยหมักได้ดีขึ้น และทำให้ราคาของสารเร่งจุลินทรีย์ของภาคเอกชนมีราคาลดลงซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร

4. การผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่ง พด.1 ทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในด้านการแปรสภาพความเป็นประโยชน์แร่ธาตุให้กับดิน และเพิ่มกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดในดิน ทำให้ลดปัญหาการแพร่ระบาดของโรคพืช

5. เป็นหน่วยงานต้นแบบแห่งแรกของประเทศไทยในการผลิตสารเร่งจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยหมักให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านปุ๋ยอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานภาคเอกชน และเป็นสถานที่ดูงานสำหรับการฝึกงานทางด้านจุลินทรีย์ดินที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยอินทรีย์ให้กับสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาคเอกชน และบุคคลที่มีความสนใจทั่วไป

6. กรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้สารเร่ง พด.1 ได้ปีละไม่ต่ำกว่า 150,000 ชุด

7. เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรแบบยั่งยืนและมีผลทำให้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ดีขึ้น และทำให้มีการผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดสารพิษเพิ่มขึ้น