รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพดิน ปุ๋ยและน้ำทางการเกษตรอย่างสมดุลและยั่งยืน

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพและจุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การศึกษาประสิทธิภาพจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในแปลงปลูกพืชในระบบชลประทาน

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Study of Organic Degradation Microorganism on Decomposition of Sugarcane Leaf Residues in Irrigation Area

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นายอธิปัตย์ คลังบุญครอง กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

   ผู้ร่วมงาน : นางสุปรานี มั่นหมาย
   นายสนธยา ขำติ๊บ
   นางสาวศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต
   นางประไพ ทองระอา
   นางสาวนิศารัตน์ ทวีนุต
   นายพีรพงษ์ เชาวนพงษ์
   กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. **บทคัดย่อ**

ศึกษาการผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่ผลิตจากเชื้อรา *Trichoderma harzianum* พบว่าแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการผลิตคือ กลูโคส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 4 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตอยู่ในช่วง 30 ถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมของเซลลูเลสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คืออยู่ในช่วง 0.68 ถึง 0.82 unit/ml ตามลำดับ ทำการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุ

กรมวิชาการเกษตร

อินทรีย์ในการย่อยสลายใบอ้อย พบว่าการไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จึงเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมต่อการจัดการใบอ้อยที่เหลืออยู่ในแปลงเพาะปลูกอ้อย มีปริมาณใบอ้อยเหลือในแปลงน้อยที่สุด ปริมาณเยื่อใยใบอ้อยเหลือน้อยที่สุด เท่ากับ 21.01 และ 24.68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 3.2 และ 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ เมื่อใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการย่อยสลายใบอ้อยในแปลงปลูกอ้อยใหม่และอ้อยตอ 1 พบว่าผลผลิตอ้อยในปีแรกเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตอ้อยตอ 1 มีความแตกต่างกันคือ อ้อยมีผลผลิต เท่ากับ 17.27 และ 16.75 ตันต่อไร่ เมื่อมีการไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 3.2 และ 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในกรรมวิธีที่มีการไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ก่อให้เกิดการสะสมอินทรียวัตถุอย่างต่อเนื่อง การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการจัดการใบอ้อยเหลือทิ้งในแปลงอ้อยอย่างยั่งยืน เพื่อลดปัญหาการเผาทำลายใบอ้อย อันเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษทางอากาศ

Abstract

Study of *Trichoderma harzianum* for production of microbial organic materials degradation inoculant, the proper conditions are glucose is carbon source, initial medium pH as 4, temperature about 30-40 °C that cellulase activity about 0.68-0.82 unit/ml. Application of microbial inoculant in decomposition of sugarcane leaf residues, addition of microbial inoculant to leaf then plow is the proper method to manage the sugarcane leaf because of lowest leaf residues remain in field that crude fiber are 21.01 and 24.68 % when apply microbial inoculant 3.2 and 6.4 kg/rai respectively. Application of microbial inoculant in plants and ratoons cane, yield from plants cane are not different in all treatments, however highest yield from ratoons cane are 17.27 and 16.75 ton/rai was received when apply microbial inoculant 3.2 and 6.4 kg/rai respectively. Soil organic matter shown the increase trend when apply microbial inoculant that shown the low collection of organic matter from degradation of leaf residues, so application of microbial inoculant is the proper option to sustain management of sugarcane leaf residues for reduce management by leaf burning which is the cause of air pollution.

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละครั้งนั้นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการเก็บเกี่ยวคือ ใบอ้อย ซึ่งทำให้การตัดอ้อยเป็นไปได้อย่างยากลำบาก เกษตรกรจึงมักใช้วิธีการเผาใบอ้อยเพื่อกำจัดใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทำให้เก็บเกี่ยวอ้อยได้สะดวกมากยิ่งขึ้น แต่วิธีการดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอย่างมาก โดยหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อย พื้นที่ปลูกอ้อย 1 ไร่ จะมีเศษเหลือใบอ้อย ประมาณ 0.63 - 1.51 ตันต่อไร่ หากมีการเผาใบอ้อยในแต่ละปี ประเทศไทยจะมีการเผาใบอ้อยอยู่ระหว่าง 2.52-6.16 ล้านตัน หรือสูญเสียไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 8,820-40,656 ตันต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2556) การเผาใบอ้อยทำให้ไนโตรเจนสูญเสียไปกับการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดิน และถูกชะละลายที่ชั้นใต้ผิวดินสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่เศษซากอ้อยในแปลงทดลอง (Jeong *et al*., 2014) และอ้อยที่ถูกเผานั้นคุณภาพมักไม่เป็นไปตามที่ต้องการของโรงงานน้ำตาล การสางใบอ้อยลงดินก่อนที่จะเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรมีการใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่ทว่าเศษซากใบอ้อยที่เหลือทิ้งในแปลงเพาะปลูกนั้น ยากแก่การย่อยสลาย ซึ่งต้องการการจัดการที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการปลดปล่อยและหมุนเวียนธาตุอาหาร

การใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในการย่อยใบอ้อย เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอ้อยมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูง ผนังเซลล์ของอ้อยมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้า เป็นองค์ประกอบเท่ากับ 48.6 31.1 19.1 และ 1.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Sanjuan *et al*., 2011) โดยใบอ้อยมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 27.64 19.15 และ 11.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Patil and Deshannavar, 2017) ดังนั้นเศษซากอ้อย หรือใบอ้อยที่เหลืออยู่ในพื้นที่เพาะปลูกอ้อย จึงเป็นแหล่งของเซลลูโลส จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสซึ่งสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส แต่หากต้องการใช้เชื้อราให้เต็มประสิทธิภาพ ย่อมต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ เพราะแม้จะเป็นจุลินทรีย์ในจีนัสเดียวกัน แต่ก็อาจจะมีประสิทธิภาพในการเจริญและแตกต่างกัน Rossi-Rodrigues *et al*. (2009) พบว่ากลูโคสคือแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* มากกว่าซูโครส แต่อย่างไรก็ตามแม้จะเป็นเชื้อ *Trichoderma harzianum* เหมือนกัน Naseripou *et al*. (2017) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเซลลูเลสของเชื้อ *T. harzianum* คือ เพาะเลี้ยง 120 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยปรับ pH เท่ากับ 6.5 แต่ Attitalla and Salleh (2010) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเซลลูเลส (CMC-ase) ของเชื้อ *T. harzianum* คือ เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยค่า pH ที่เหมาะสมเท่ากับ 5-7

กรมวิชาการเกษตร

การส่งเสริมให้จุลินทรีย์มีการผลิตเอนไซม์ที่มากขึ้น ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการใช้จุลินทรีย์เพื่อการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่เหลือทิ้งทางการเกษตร ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริงย่อมมีประสิทธิภาพด้อยกว่าการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ควบคุมไม่ได้ดังเช่นในห้องปฏิบัติการ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีวิธีที่ใช้จัดการร่วมด้วยเพื่อให้การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการย่อยสลายใบอ้อยนั้น หากใบอ้อยในแปลงมีการทับถมกันมาก ย่อมส่งเสริมให้เกิดสภาวะอับอากาศ ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์มีลดลง ดังนั้นจึงต้องหาวิธีจัดการลดสภาพอับอากาศดังกล่าว การไถช่วยให้ใบอ้อยบนดินมีปริมาณลดลง การถ่ายเทอากาศเกิดได้มากขึ้น จุลินทรีย์เจริญเติบโตและทำงานได้มากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ไถสับกลบใบอ้อย เพราะในสภาพดินที่มีอากาศการย่อยสลายจะดำเนินไปได้ดีกว่าในสภาพดินที่ไม่มีอากาศ เนื่องจากกระบวนการหายใจโดยการใช้ก๊าซออกซิเจน (O_2) นับเป็นกระบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดของจุลินทรีย์ (วัชรพันธ์ และคณะ, 2559)

Miura *et al*. (2013) ทำการศึกษาการไถและการวางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน ณ ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งออกแบบการทดลองเป็น 4 วิธีการคือ 1) ไม่ไถและไม่วางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน 2) ไม่ไถแต่วางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน 3) ไถแต่ไม่วางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน และ4) ไถและวางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน พบว่า การไถและวางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน ช่วยให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินดีเมื่อเปรียบเทียบกับ 3 วิธีการที่เหลือ วิมล และวรรณวิภา (2561) ศึกษาแนวทางการจัดการเศษซากใบอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว โดยใบอ้อยที่ใช้คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 ดำเนินการศึกษา 3 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีวางใบอ้อยคลุมแปลง และกรรมวิธีการไถกลบ จากผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธีการไถกลบใบอ้อย ช่วยให้มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนในดินสูงที่สุด (0.0150 %) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีใช้ใบอ้อยคลุมแปลง อีกทั้งช่วยให้มีการย่อยสลายเศษซากใบอ้อยได้เร็วที่สุด นอกจากนี้ปริมาณเชื้อที่ใช้ในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ จากการศึกษาการใช้เชื้อรา *Trichoderma viride* ซึ่งมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในการย่อยสลายใบกระถิน (lamtoro leaf) ด้วยความเข้มข้นของเชื้อ 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 7 และ 10 วัน พบว่าสภาวะที่เหมาะในการย่อยสลายใบกระถินคือ ใช้เชื้อความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการย่อยสลาย 7 วัน โดยทำให้ปริมาณเยื่อใยในใบกระถินเหลืออยู่น้อยที่สุด เท่ากับ 11.38 เปอร์เซ็นต์ (Yessirita and Sunadi, 2018) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อราเพื่อย่อยสลายใบอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุที่อุดมไปด้วยเซลลูโลส โดยใช้การจัดการที่เหมาะสม เพื่อช่วยในการหมุนเวียนธาตุอาหาร อินทรียวัตถุ เพื่อให้พื้นที่เพาะปลูกอ้อยคงสภาพความสมบูรณ์ ใช้เพาะปลูกอ้อยได้อย่างยั่งยืน

7. วิธีดำเนินการ :

สำนักวิทยบริการฯ

- อุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ บีกเกอร์ กระบอกตวง แท่งแก้วคนสาร จานเพาะเชื้อ หลอดทดลอง ฟลาส์ก
2. สารเคมี ได้แก่ yeast extract pH buffer carboxymethyl cellulose กลูโคส ซูโครส และเซลลูโลส
3. อาหารเลี้ยงเชื้อได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อนิวเทรียนท์บรอท (Nutrient broth) และนิวเทรียนท์เอการ์ (Nutrient agar) อาหารทดสอบการย่อยสลายเซลลูโลส GY medium
4. เครื่องมือ ได้แก่ เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ตู้อบ ปั๊มน้ำ ปั๊มลม เครื่องเขย่าขวดเลี้ยงเชื้อ เครื่องกวนสาร เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ ตู้ปลอดเชื้อ รถไถกลบใบอ้อย

- วิธีการ

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

1.1 ศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยใช้กลูโคส ซูโครส และเซลลูโลส เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ GY medium ซึ่งประกอบด้วยแหล่งคาร์บอน ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เติม yeast extract ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH เท่ากับ 6.5 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นในช่วง 10^6 – 10^7 cfu/ml บ่มเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ตรวจสอบการเจริญของเชื้อด้วยการวัดค่าความขุ่นที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เก็บผลการเจริญของจุลินทรีย์ที่เวลา 0 1 2 3 4 และ 5 วัน

1.2 ศึกษาผลของ pH ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยใช้กลูโคส ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ GY medium เติม yeast extract ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 3 4 5 6 และ 7 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นในช่วง 10^6 – 10^7 cfu/ml บ่มเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ตรวจสอบกิจกรรมของเซลลูเลสในการย่อยสลาย carboxymethyl cellulose (CMC) ณ เวลา 5 วัน

1.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยใช้กลูโคสความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ GY medium เติม yeast extract ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 4 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นในช่วง 10^6 – 10^7 cfu/ml บ่มเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ในอุณหภูมิ 30 35 40 และ 45 องศาเซลเซียส ตรวจสอบกิจกรรมของเซลลูเลสในการย่อยสลาย carboxymethyl cellulose (CMC) ณ เวลา 5 วัน

กรมวิชาการเกษตร

2. ศึกษาการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการจัดการใบอ้อยในแปลงเพาะปลูกอ้อย

2.1 ศึกษาการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการจัดการใบอ้อยในแปลงเพาะปลูกอ้อยตอ 1

ทดสอบหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายใบอ้อย ณ ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยการสางใบอ้อยลงน้ำหนัก 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ลงในแปลงทดลองปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกโดยเกษตรกรอยู่ก่อนแล้ว ขนาด 7X6 ตารางเมตร ระยะระหว่างแถว และต้น เท่ากับ 150 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เก็บตัวอย่างใบอ้อยมาหาค่าน้ำหนักจากพื้นที่ 30x30 เซนติเมตร กำหนดกรรมวิธีการทดลอง แบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ไถสับใบอ้อยและไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลาย
กรรมวิธีที่ 2 ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 3.2 กิโลกรัม
กรรมวิธีที่ 3 ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 6.4 กิโลกรัม
กรรมวิธีที่ 4 ไม่ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 3.2 กิโลกรัม
กรรมวิธีที่ 5 ไม่ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 6.4 กิโลกรัม
กรรมวิธีที่ 6 ไถใบสับอ้อยและไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลาย

2.2 ทดสอบผลของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ต่อการย่อยสลายใบอ้อย ณ ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว สระแก้ว โดยการสางใบอ้อยลงน้ำหนัก 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ลงในแปลงทดลองปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ขนาด 7X6 ตารางเมตร ระยะระหว่างแถว และต้น เท่ากับ 150 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยกำหนดกรรมวิธีการทดลอง แบบ RCB 4 กรรมวิธี 6 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไถสับใบอ้อย ไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ
กรรมวิธีที่ 2 ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 3.2 กิโลกรัม/ไร่
กรรมวิธีที่ 3 ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 6.4 กิโลกรัม/ไร่
กรรมวิธีที่ 4 ไถสับใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายฯ 12.8 กิโลกรัม/ไร่

2.3 ทดสอบผลของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ต่อการย่อยสลายใบอ้อย และผลต่ออ้อยตอ 1 ณ ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว สระแก้ว โดยการสางใบอ้อยลงน้ำหนัก 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ลงในแปลงทดลองปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นแปลงเดิมในข้อ 2.2 ซึ่งมีขนาด

กรมวิชาการเกษตร

7X6 ตารางเมตร ระยะระหว่างแถว และต้น เท่ากับ 150 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยกำหนดกรรมวิธีการทดลอง แบบ RCB 4 กรรมวิธี 6 ซ้ำ ตามข้อ 2.2

การบันทึกผล

1. กิจกรรมของจุลินทรีย์ ได้แก่ การเจริญ (ความขุ่นที่ความยาวคลื่น 540 nm) กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส (unit/ml)

2. การเปลี่ยนแปลงของใบอ้อย ได้แก่ น้ำหนักแห้ง (กรัม/ตารางเมตร) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณเยื่อใย (%)

3. การเจริญเติบโตของอ้อย ได้แก่ ความสูง (ม.) ความกว้างของลำต้น (ซม.) น้ำหนัก 10 ต้น (กก.)จำนวนลำต่อไร่ บริกซ์ ผลผลิต (ตัน/ไร่)

4. สมบัติของดิน ได้แก่ ปฏิกิริยาดิน (pH) ใช้ดินต่ออัตราส่วนของน้ำ 1:1 (สมศักดิ์, 2537) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter, OM) โดยวิธีของ Walkley และ Black (1934) ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen) โดยวิธี Micro kjeldahl method (จงรักษ์, 2541) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avialable phosphorus) โดยวิธี Bray II (จำเป็น, 2547) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยวิธีของ Schollerger และ Simon (1945)

ระยะเวลา ดำเนินการทดลอง ตุลาคม 2559 - กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

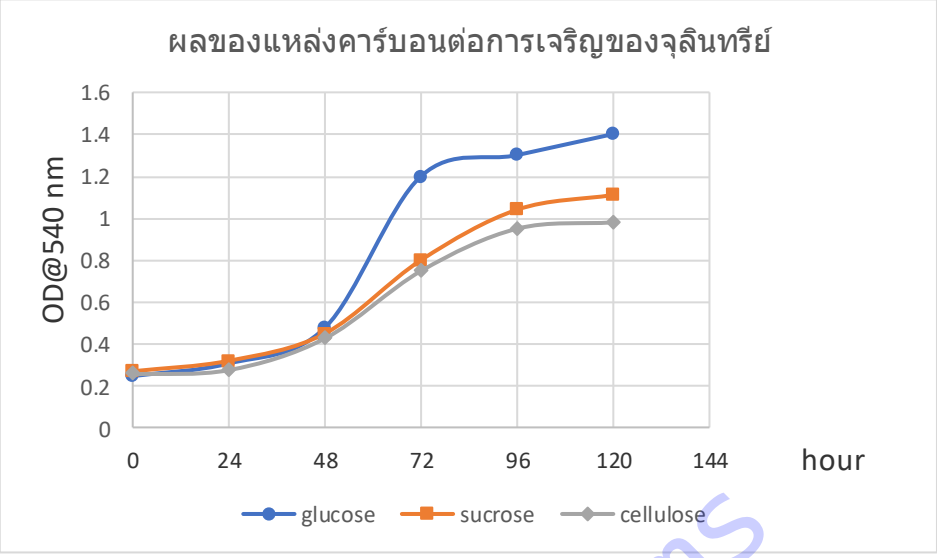
1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพจุลินทรีย์ยย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

ศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายยวัสดุอินทรีย์ ซึ่งเชื้อที่ใช้ในการทดลองคือ *Trichoderma harzianum* ซึ่งเป็นเชื้อที่ใช้ในการผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์และสภาวะที่จุลินทรีย์ทำงานได้ดี

1.1 ศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยใช้กลูโคส ซูโครส และเซลลูโลส เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ GY medium ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นในช่วง 10^6 – 10^7 cfu/ml บ่มเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ตรวจสอบการเจริญของเชื้อด้วยการวัดค่าความขุ่นที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร พบว่าการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในช่วง 48 ชั่วโมงแรก การเจริญของเชื้อในรูปความขุ่นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อถึงชั่วโมงที่ 72 พบว่าการใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ส่งผลให้จุลินทรีย์มีการเจริญที่สูงกว่าการใช้ซูโครส และเซลลูโลส เป็น

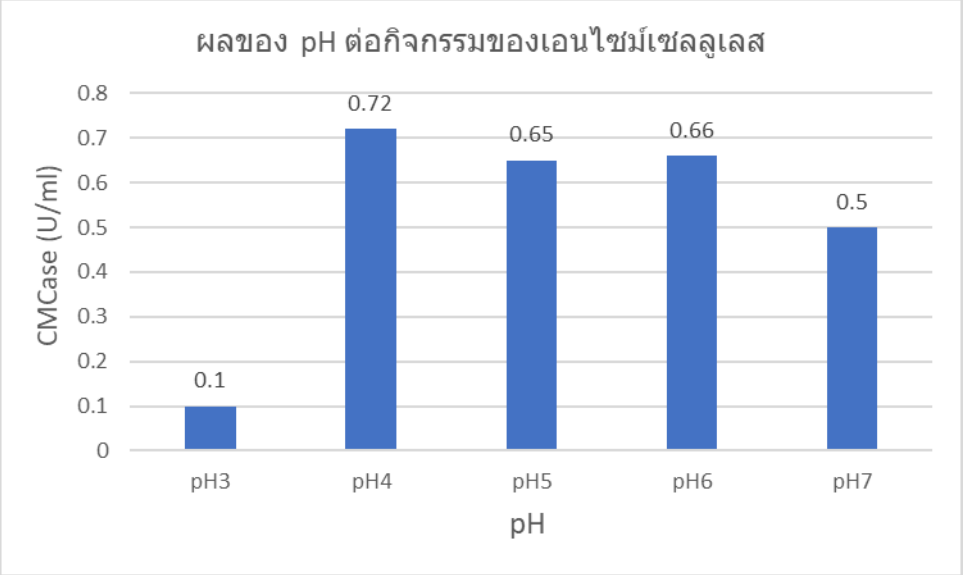
กรมวิชาการเกษตร

แหล่งคาร์บอน โดยชั่วโมงที่ 96 ถึง 120 การเจริญของจุลินทรีย์คงที่ ซึ่งพบว่าแหล่งคาร์บอนที่ส่งผลให้มีการเจริญของจุลินทรีย์ดีที่สุดคือ กลูโคส ซูโครส และเซลลูโลส ตามลำดับ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ผลของแหล่งคาร์บอนต่อการเจริญของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

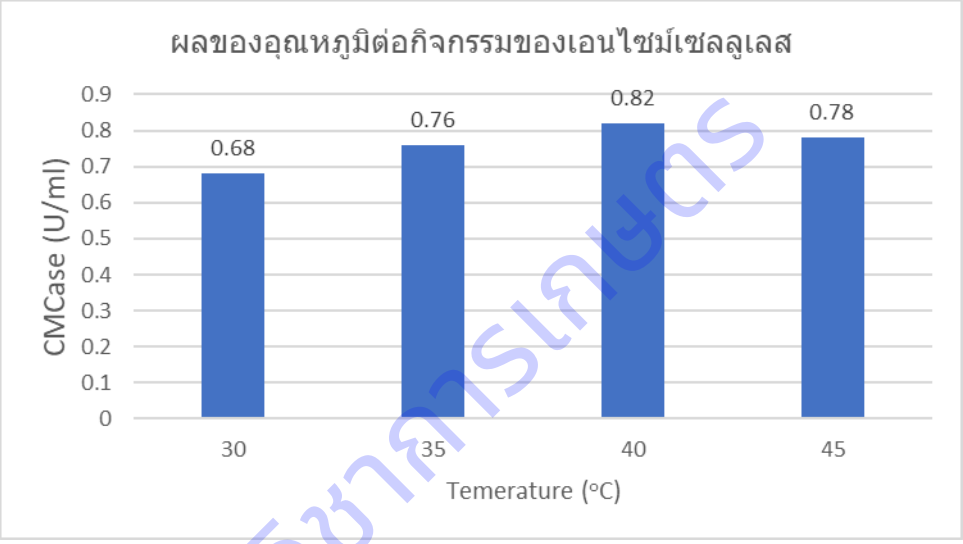
1.2 ศึกษาผลของ pH ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ GY medium ที่ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 3 4 5 6 และ 7 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ตรวจสอบกิจกรรมของเซลลูเลสในการย่อยสลาย carboxymethyl cellulose (CMC) ณ เวลา 5 วัน พบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 3 ซึ่งสภาพที่เป็นกรดมาก กิจกรรมของเซลลูเลสมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 0.1 unit/ml ค่า pH เริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นในช่วง 4 5 และ 6 กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสมีค่าสูงที่สุดคือ 0.72 0.65 และ 0.66 unit/ml ตามลำดับ และลดลงเมื่อ pH เริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 7 คือ 0.5 unit/ml



ศูนย์วิทยทรัพยากร

ภาพที่ 2 ผลของ pH ต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

1.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยใช้กลูโคสความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ GY medium เติม yeast extract ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH เริ่มต้นเท่ากับ 4 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นในช่วง 10^6 – 10^7 cfu/ml ในอุณหภูมิ 30 35 40 และ 45 องศาเซลเซียส ตรวจสอบกิจกรรมของเซลลูเลสในการย่อยสลาย carboxymethyl cellulose (CMC) ณ เวลา 5 วัน



ภาพที่ 3 ผลของอุณหภูมิต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 30 ถึง 40 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเซลลูเลสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือเท่ากับ 0.68 0.76 และ 0.82 unit/ml ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิสูง 45 องศาเซลเซียส กิจกรรมของเซลลูเลสมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย คือเท่ากับ 0.78 unit/ml

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ พบว่าแหล่งคาร์บอนที่ส่งผลให้มีการเจริญของจุลินทรีย์ดีที่สุดคือ กลูโคส ซูโครส และเซลลูโลส ตามลำดับ ค่า pH เริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นในช่วง 4 5 และ 6 และ อุณหภูมิ 30 ถึง 40 องศาเซลเซียส เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 5 วันกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสมีค่าสูงที่สุด สอดคล้องกับ Rossi-Rodrigues *et al*. (2009) ซึ่งพบว่ากลูโคสคือแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* มากกว่าซูโครส แต่อย่างไรก็ตามแม้จะเป็นเชื้อ *Trichoderma harzianum* เหมือนกัน แต่ไอโซเลทต่างกันในแต่ละที่ก็ให้ผลการ

กรมวิชาการเกษตร

ทดลองที่แตกต่างกัน Naseripou *et al*. (2017) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเซลลูเลสของเชื้อ *T. harzianum* คือ เพาะเลี้ยง 120 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยปรับ pH เท่ากับ 6.5 แต่ Attitalla and Salleh (2010) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเซลลูเลส (CMC-ase) ของเชื้อ *T. harzianum* คือ เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยค่า pH ที่เหมาะสมเท่ากับ 5-7

ซึ่งในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในแปลงทดสอบจริง จุลินทรีย์อาจมีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีเท่ากับที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพราะใบอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ในสภาพแปลงปลูกจริงค่า pH ของดิน หรือของใบอ้อย ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะแวดล้อม ตลอดจนอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงในแปลงทดลอง ย่อมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญและการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสในการย่อยสลายใบอ้อยในแปลงปลูกอ้อยได้

จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีความสามารถในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ขั้นตอนต่อไปคือ การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ดังกล่าวนี้ในการย่อยสลายใบอ้อยในสภาพแปลงทดลอง เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมต่อการใช้ในแปลงเพาพปลูกอ้อยต่อไป

2. ศึกษาการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการจัดการใบอ้อยในแปลงเพาะปลูกอ้อย

2.1 ศึกษาการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการจัดการใบอ้อยในแปลงเพาะปลูกอ้อยตอ 1

ดำเนินการทดสอบการย่อยสลายใบอ้อยในแปลงทดลอง ตามกรรมวิธีที่กำหนด ในพื้นที่ปลูกอ้อยของของคุณตุ๊กตา ตาทิพย์ ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว

ตารางที่ 1 ค่าวิเคราะห์ดินในแปลงอ้อยก่อนการทดลอง

ค่าที่วิเคราะห์	ผลวิเคราะห์	หน่วย
pH	5.5	
EC	0.25	dS/m
Total Nitrogen	0.11	%
Available Phosphorus	14.12	mg/kg
Exchangeable K^+	128	mg/kg
Soil Organic Carbon	0.88	%

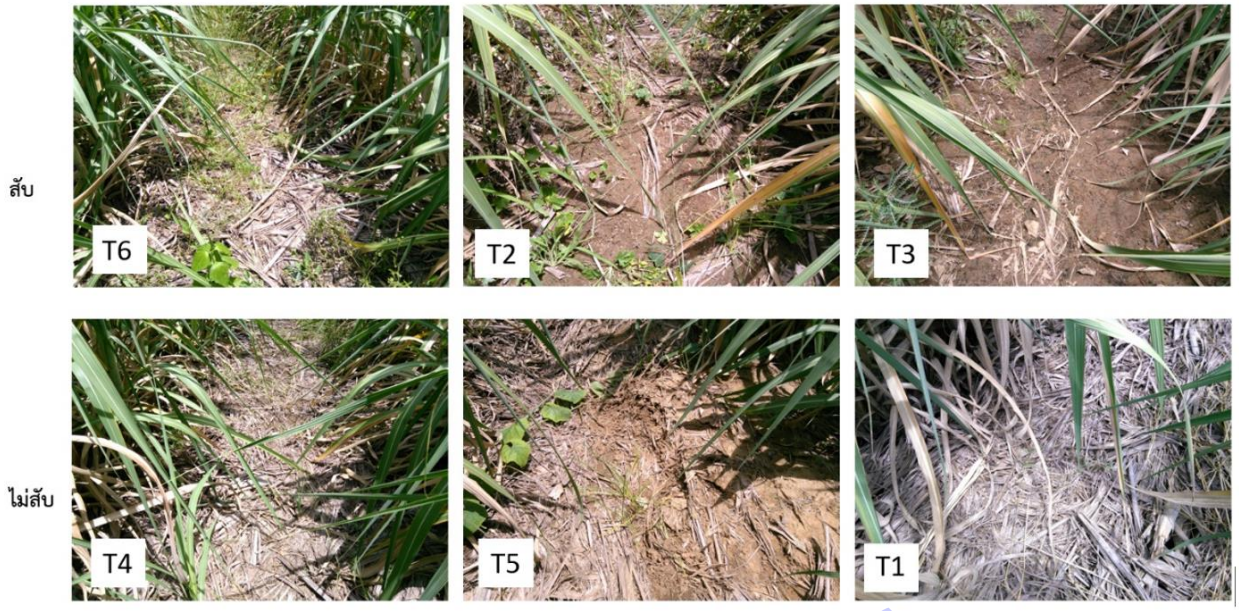
กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ผลผลิตอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ตอที่ 1 และคุณลักษณะของใบอ้อยในแปลง ณ เวลา 12 เดือน (มีนาคม 2560-กุมภาพันธ์ 2561)

	กรรมวิธี	อ้อย			ใบอ้อยบนดิน		
		ความสูง (ซม.)	ความกว้างของลำต้น (ซม.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ตารางเมตร)	C/N	เยื่อใย (%w/w)
1	ไม่ไถ+ไม่ใส่เชื้อ	187b	2.75	15.55a	1856.91a	49.36b	29.48a
2	ไถ+ใส่เชื้อ 3.2 กก/ไร่	194ab	2.66	14.87ab	496.85e	38.18d	21.01b
3	ไถ+ใส่เชื้อ 6.4	204a	2.77	14.91ab	518.93e	41.11c	24.68ab
4	ไม่ไถ+ใส่เชื้อ 3.2 กก/ไร่	193ab	2.72	14.56b	1285.83c	40.82c	27.68a
5	ไม่ไถ+ใส่เชื้อ 6.4 กก/ไร่	185b	2.71	15.55ab	1462.08b	37.81d	26.70a
6	ไถ+ไม่ใส่เชื้อ	185b	2.72	15.19ab	805.58d	57.41a	28.50a
	CV (%)	3.50	1.27	2.40	47.02	16.01	10.69

ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 4 การไถสับกลบใบอ้อยในแปลงทดลอง



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะใบอ้อยที่เหลืออยู่ในแปลงเพาะปลูกอ้อย ณ เวลา 120 วัน หลังการทดสอบด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ (เมื่อ T คือ กรรมวิธีที่)

เมื่อพิจารณาใบอ้อยที่เหลืออยู่บนดินในแปลง จากตารางที่ 2 พบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ (กรรมวิธีที่ 1) จะมีมวลใบอ้อยเหลืออยู่มากที่สุด (ประมาณ 1.8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใส่หัวเชื้อแต่ไม่มีการไถสับใบอ้อย (กรรมวิธีที่ 4 และ 5) จะมีปริมาณใบอ้อยรองลงมา (ประมาณ 1.2-1.4 กิโลกรัม) และกรรมวิธีที่มีการใส่หัวเชื้อร่วมกับมีการไถสับใบอ้อย (กรรมวิธีที่ 2 และ 3) จะมีปริมาณใบอ้อยน้อยที่สุด (น้อยกว่า 0.6 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) จะเห็นได้ว่าการไถสับใบอ้อยลงดินจะช่วยให้มวลใบอ้อยหลงเหลือน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม จากภาพที่ 4 จะพบว่าแม้จะมีการไถสับกลบใบอ้อย แต่เมื่อไม่ได้ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ร่วมด้วย (กรรมวิธีที่ 6) ใบอ้อยจะยังคงมีปริมาณเหลืออยู่มากกว่ากรรมวิธีที่มีการไถสับกลบใบอ้อย ร่วมกับใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

เพื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของใบอ้อยที่หลงเหลืออยู่บนดิน พบว่ากรรมวิธีที่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จะมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการย่อยสลายสลายใบอ้อยโดยการทำงานของจุลินทรีย์ที่จะสามารถลดค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลงได้ ด้วยเหตุนี้ค่าปริมาณเยื่อใยของใบอ้อยในกรรมวิธีที่ไถสับกลบร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์มีแนวโน้มต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งอาจเกิดจากเซลลูโลสในใบอ้อยในกรรมวิธีที่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายไปโดยการทำงานของจุลินทรีย์ การไถช่วยให้ใบอ้อยบนดินมีปริมาณลดลง การถ่ายเทอากาศเกิดได้มากขึ้น จุลินทรีย์เจริญเติบโตและทำงานได้มากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ไถสับกลบใบอ้อย เพราะในสภาพดินที่มีอากาศการย่อยสลายจะดำเนินไปได้

กรมวิชาการเกษตร

ดีกว่าในสภาพดินที่ไม่มีอากาศ เนื่องจากกระบวนการหายใจโดยการใช้ก๊าซออกซิเจน (O_2) นับเป็นกระบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดของจุลินทรีย์ (วัชรพันธ์ และคณะ, 2559)

ในด้านผลผลิตอ้อยพบว่ามีเพียงกรรมวิธีที่ไม่ไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ ที่แตกต่างกับกรรมวิธีการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเท่ากับ 14.56 ตันต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยกรรมวิธีอื่นๆ มีผลผลิตอ้อยใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 14.7-15.55 ตันต่อไร่ โดยขนาดลำของอ้อยในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน แต่ในด้านความสูง กรรมวิธีที่มีการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ มีแนวโน้มที่มีความสูงมากกว่ากรรมที่ไม่มีการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

สำหรับผลของการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ใบการย่อยสลายใบอ้อยในครั้งนี้ อาจไม่ส่งผลต่อการเจริญและผลผลิตอ้อยชัดเจนนัก แต่ในแง่การจัดการใบอ้อย การไถช่วยให้ใบอ้อยบนดินลดปริมาณลดได้มาก การไม่ไถสับกลบส่งผลให้เหลือใบอ้อยบนดิน มากกว่า 0.8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งไม่ช่วยให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารจากใบอ้อยลงสู่ดิน นอกจากนี้การใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ มีแนวโน้มทำให้ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลง การไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ช่วยให้ปริมาณเยื่อใยของใบอ้อยบนดินมีค่าลดลง Miura *et al*. (2013) พบว่าการไถและวางเศษซากใบอ้อยคลุมดินช่วยให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินดีเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ไถ หรือไถแต่ไม่วางใบอ้อยในแปลง วิมล และวรรณวิภา (2561) พบว่า กรรมวิธีการไถกลบใบอ้อย ช่วยให้มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนในดินสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีใช้ใบอ้อยคลุมแปลง อีกทั้งช่วยให้มีการย่อยสลายเศษซากใบอ้อยได้เร็วที่สุด ด้วยเหตุนี้การไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จึงเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมต่อการจัดการใบอ้อยที่เหลืออยู่ในแปลงเพาะปลูกอ้อย

2.2 ทดสอบผลของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ต่อการย่อยสลายใบอ้อย ณ ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว ในแปลงทดสอบขนาด 7X6 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ในพื้นที่ปลูกอ้อยของของคุณตุ๊กตา ตาทิพย์ ตำบลห้วยโจด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยการไถสับกลบใบอ้อยร่วมกับการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 0 3.2 6.4 และ 12.8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ค่าวิเคราะห์ดินในแปลงอ้อยก่อนการทดลอง

ค่าที่วิเคราะห์	ผลวิเคราะห์	หน่วย
pH	5.4	
EC	0.29	dS/m
Total Nitrogen	0.09	%
Available Phosphorus	16.25	mg/kg
Exchangeable K^+	141	mg/kg
Soil Organic Carbon	0.91	%

ตารางที่ 4 ผลผลิตอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 (ปลูกใหม่) ในแปลง ณ เวลา 12 เดือน (มีนาคม 2561-กุมภาพันธ์ 2562)

	กรรมวิธี	ผลผลิตอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3					
		ความสูง (ซม.)	ความกว้างของลำต้น (ซม.)	น้ำหนัก 10 ต้น (กก.)	จำนวนลำต่อไร่	บริกซ์	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
1	ไถ+ไม่ใส่เชื้อ	266	2.66b	17.21b	9939b	17.63b	17.1
2	ไถ+ใส่เชื้อ 3.2 กก/ไร่	273	2.74a	17.04b	10150a	18.11a	17.29
3	ไถ+ใส่เชื้อ 6.4 กก/ไร่	269	2.68ab	18.19a	9463d	17.67b	17.21
4	ไม่ไถ+ใส่เชื้อ 12.8 กก/ไร่	267	2.74a	17.39b	9741c	17.88ab	16.94
	CV (%)	13.60	2.57	13.01	13.00	11.99	11.92

ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า และอินทรียวัตถุในแปลง ณ เวลา 6 และ 12 เดือน (มีนาคม 2561-กุมภาพันธ์ 2562)

	กรรมวิธี	การเปลี่ยนแปลงในดิน					
		pH		ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)		อินทรียวัตถุ (%)	
		6 เดือน	12 เดือน	6 เดือน	12 เดือน	6 เดือน	12 เดือน
1	ไถ+ไม่ใส่เชื้อ	5.00	4.84	30.79c	36.88d	1.26b	1.14c
2	ไถ+ใส่เชื้อ 3.2 กก/ไร่	4.95	4.75	35.76b	44.48c	1.47a	1.28b
3	ไถ+ใส่เชื้อ 6.4 กก/ไร่	5.01	4.88	37.64a	47.47b	1.53a	1.31b
4	ไม่ไถ+ใส่เชื้อ 12.8 กก/ไร่	5.11	4.82	35.06b	49.73a	1.47a	1.38a
	CV (%)	3.72	4.35	7.72	11.33	7.97	7.38

ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

จากการทดลองพบว่าอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 มีความสูงที่ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ในด้านความกว้างของลำต้น พบว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์มีค่าความกว้างของลำต้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น คือ มีค่า 2.66 เซนติเมตร แต่กรรมวิธีอื่นๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.68-2.74 เซนติเมตร ในด้านน้ำหนักลำซึ่งวัดจากน้ำหนักอ้อย 10 ต้น พบว่ากรรมวิธีไถสับกลบใบอ้อย ร่วมกับใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ อ้อยมีน้ำหนักมากที่สุดคือ 18.19 กิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 17.04-17.39 กิโลกรัม ด้านจำนวนลำต่อไร่กรรมวิธีไถสับกลบร่วมกับใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่สูงที่สุด คือ 10,150 ลำต่อไร่ โดยกรรมวิธีอื่นๆ มีค่าระหว่าง 9,463-9,939 ลำต่อไร่ ด้านค่าบริกซ์ของอ้อยมีค่าอยู่ระหว่าง 17.63-18.11 ทุกกรรมวิธีมีผลผลิตอ้อยไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 16.94-17.29 ตันต่อไร่ แม้ว่าผลผลิตอ้อยที่ได้ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าความกว้างของลำต้น น้ำหนัก จำนวนลำต่อไร่ และค่าบริกซ์ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ลงไปเพื่อช่วยในการย่อยสลายใบอ้อย

การเปลี่ยนแปลงของดินในแปลง ณ เวลา 6 และ 12 เดือนนั้น พบว่าทุกกรรมวิธี ค่า pH มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าทุกกรรมวิธี มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 30.79 dS/m แต่กรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 35.06-37.64 dS/m ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินมีการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์หรือใบอ้อยที่มากกว่า จึงเกิดการปลดปล่อยสารต่างๆ จากใบอ้อยออกมาได้มากกว่า จึงมีค่าการนำไฟฟ้าที่มาก และมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น ในด้านอินทรียวัตถุในดินนั้น ณ เวลา 6 เดือน กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุน้อยที่สุด คือ 1.26 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 1.47-1.53 เปอร์เซ็นต์ และ ณ เวลา 12 เดือน กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุน้อยที่สุด คือ 1.14 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 1.28-1.38 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเกิดจากดินที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เกิดการย่อยสลายของใบอ้อยออกมาเป็นอินทรียวัตถุได้มากกว่าดินที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ โดยวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายช้ากว่า ย่อมสูญเสียคาร์บอนในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้อยกว่าวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายเร็วกว่า ดังนั้น จึงมีผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเหลืออยู่ในดินค่อนข้างมากกว่า (วัชรพันธ์ และคณะ, 2559) แต่กระบวนการนี้อาจเกิดขึ้นอย่างช้า แม้แต่กรรมวิธีที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ จุลินทรีย์ประจำถิ่นในดินก็สามารถย่อยสลายใบอ้อยได้เช่นกันแต่เป็นอัตราที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ด้วยเหตุนี้จึงพบการเปลี่ยนแปลงภายในดิน แต่ในด้านการการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยจึงไม่พบ

กรมวิชาการเกษตร

ความแตกต่างมากนัก ซึ่งการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการหมุนเวียนธาตุอาหารจากใบอ้อยลงสู่ดิน อาจเป็นกระบวนการที่ช่วยปรับปรุงดินในระยะยาวมากกว่าการหวังผลในครั้งแรกที่มีการใช้

2.3 ทดสอบผลของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ต่อการย่อยสลายใบอ้อย และผลต่ออ้อยตอ 1 ณ แปลงทดลองเดิมและกรรมวิธีเช่นเดียวกับที่ปฏิบัติในข้อ 2.2 เพื่อศึกษาผลต่ออ้อยตอ

ตารางที่ 6 ผลผลิตอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 (ตอที่ 1) ในแปลง ณ เวลา 12 เดือน (มีนาคม 2562-กุมภาพันธ์ 2563)

กรรมวิธี		ผลผลิตอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3					
		ความสูง (ซม.)	ความกว้างของลำต้น (ซม.)	น้ำหนัก 10 ต้น (กก.)	จำนวนลำต่อไร่	บริกซ์	ผลผลิต (ตัน/ไร่)
1	ไถ+ไม่ใส่เชื้อ	215b	2.52	15.85b	10351ab	16.99b	16.41b
2	ไถ+ใส่เชื้อ 3.2 กก/ไร่	232a	2.57	15.82b	10238b	17.01b	16.2b
3	ไถ+ใส่เชื้อ 6.4 กก/ไร่	227ab	2.6	16.37a	10546a	17.89a	17.27a
4	ไม่ไถ+ใส่เชื้อ 12.8 กก/ไร่	221ab	2.56	15.93b	10513a	17.02b	16.75ab
	CV (%)	14.58	2.96	12.24	12.01	2.65	13.75

ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า และอินทรียวัตถุในแปลง ณ เวลา 6 และ 12 เดือน (มีนาคม 2562-กุมภาพันธ์ 2563)

กรรมวิธี		การเปลี่ยนแปลงในดิน					
		pH		ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)		อินทรียวัตถุ (%)	
		6 เดือน	12 เดือน	6 เดือน	12 เดือน	6 เดือน	12 เดือน
1	ไถ+ไม่ใส่เชื้อ	5.18	5.09	33.28c	39.33c	1.21b	1.03c
2	ไถ+ใส่เชื้อ 3.2 กก/ไร่	5.19	4.91	36.82a	42.07b	1.27ab	1.07b
3	ไถ+ใส่เชื้อ 6.4 กก/ไร่	5.22	4.93	34.42bc	46.31a	1.28ab	1.13a
4	ไม่ไถ+ใส่เชื้อ 12.8 กก/ไร่	5.3	4.91	35.64ab	41.95b	1.33a	1.15a
	CV (%)	4.24	3.62	5.15	6.81	5.07	4.97

ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดลองพบว่าอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ตอ 1 กรรมวิธีที่ไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์มีความสูงที่น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น คือ สูง 215 เซนติเมตร ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อย

กรมวิชาการเกษตร

สลายวัสดุอินทรีย์มีความสูงระหว่าง 221-232 เซนติเมตร ในด้านความกว้างของลำต้น พบว่าไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธีคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.52-2.60 เซนติเมตร ในด้านน้ำหนักลำซึ่งวัดจากน้ำหนักอ้อย 10 ต้น พบว่ากรรมวิธีไถสับกลบใบอ้อย ร่วมกับใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ อ้อยมีน้ำหนักมากที่สุดคือ 16.37 กิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 15.82-15.93 กิโลกรัม ด้านจำนวนลำต่อไร่กรรมวิธีไถสับกลบร่วมกับใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่น้อยที่สุด คือ 10,238 ลำต่อไร่ โดยกรรมวิธีอื่นๆ มีค่าระหว่าง 10,351-10,315 ลำต่อไร่ ด้านค่าบริกซ์ของอ้อย พบว่ากรรมวิธีไถสับกลบใบอ้อย ร่วมกับใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ อ้อยมีค่าบริกซ์มากที่สุดคือ 17.89 ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีมีค่าอยู่ระหว่าง 16.99-17.02 ทั้งนี้ทุกกรรมวิธีมีผลผลิตอ้อยไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 16.94-17.29 ตันต่อไร่ แม้ว่าผลผลิตอ้อยที่ได้ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าความกว้างของลำต้น น้ำหนัก จำนวนลำต่อไร่ และค่าบริกซ์ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีการใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ลงไปเพื่อช่วยในการย่อยสลายใบอ้อย

การเปลี่ยนแปลงของดินในแปลง ณ เวลา 6 และ 12 เดือนนั้น พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกันกับในการทดลองในอ้อยปลูก คือทุกกรรมวิธี ค่า pH มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าทุกกรรมวิธี มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 33.28 dS/m แต่กรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 34.42-36.82 dS/m ในด้านอินทรียวัตถุในดินนั้น ณ เวลา 6 เดือน กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุน้อยที่สุด คือ 1.21 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 127-1.33 เปอร์เซ็นต์ และ ณ เวลา 12 เดือน กรรมวิธีที่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 12.8 และ 6.4 ดินมีอินทรียวัตถุมากที่สุด คือ 1.15 และ 1.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ดินมีอินทรียวัตถุน้อยที่สุด คือ 1.03 เปอร์เซ็นต์

การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการย่อยสลายใบอ้อยตั้งแต่เริ่มปลูกอ้อยใหม่ แม้ในการปลูกครั้งแรกนี้ ผลผลิตอ้อยที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่จากค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ที่มีมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ แสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินที่มากกว่า เพราะการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์อาจปลดปล่อยไอออนต่างๆออกมาร่วมด้วย จึงอาจมีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นได้ (Thongjoo *et al*., 2006) ซึ่งอาจไม่ส่งผลชัดเจนนักในปีแรกที่มีการปลูกอ้อย เมื่อดำเนินการทดลองด้วยกรรมวิธีเดิมในการปลูกอ้อยตอในพื้นที่เดิมเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอ้อยและดินอย่างต่อเนื่อง พบว่าการเปลี่ยนแปลงยังคงมีลักษณะเช่นเดิม คือ ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ในกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์มีมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์

กรมวิชาการเกษตร

การเพิ่มปริมาณการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการย่อยสลายใบอ้อยเห็นผลไม่ชัดเจนนักในการปลูกอ้อยครั้งแรก แต่เมื่อทดลองด้วยกรรมวิธีเดิมอีกครั้งในอ้อยอ้อยตอ 1 ในแปลงทดสอบเดิมพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้ง 6 เดือน และ 12 เดือน ของการปลูกอ้อย มีมากขึ้นเมื่อมีการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มากขึ้น และผลผลิตอ้อยตอ 1 เริ่มพบความแตกต่าง คือ สูงที่สุด เท่ากับ 17.27 และ 16.75 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เท่ากับ 6.4 และ 12.8 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ดังนั้นการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ อัตรา 6.4 กิโลกรัมต่อไร่จึงมีความเพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในการย่อยสลายใบอ้อยนั้น เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นช้า จึงไม่เห็นผลชัดเจนในช่วงปีแรกของการใช้งาน Robertson และ Thorburn (2007) รายงานว่าในช่วง 1-2 ปีแรกของการคลุมเศษใบอ้อยปริมาณไนโตรเจนในดิน ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักแต่จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นในช่วงปีที่ 3-6 และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบอาจเป็นปัจจัยหนึ่งในการจัดการใบอ้อยให้มีการย่อยสลายที่ดีโดยช่วงเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบใบอ้อยคือ ระยะเวลาที่ 4 เดือนหลังคลุมเศษเหลือใบอ้อย ซึ่งเป็นการเติมไนโตรเจนลงไปในช่วงที่ดินเริ่มขาดไนโตรเจนซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ที่ผลิตจาก *Trichoderma harzianum* มีความสามารถในการย่อยสลายใบอ้อยในแปลงปลูกอ้อยในระบบชลประทาน โดยวิธีการใช้งานที่เหมาะสมคือ โรยหัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์บนใบอ้อยแล้วจึงทำการไถสับกลบใบอ้อยลงดิน ซึ่งช่วยให้ในระยะยาวปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ช่วยลดปัญหาการเผาทำลายใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ปริมาณการใช้งานสามารถใช้ได้ตั้งแต่ อัตรา 3.2 6.4 และ 12.8 กิโลกรัมต่อไร่ ตามความพร้อมในการจัดหาของเกษตรกร
2. หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ช่วยในการสะสมอินทรียวัตถุในดินในระยะยาว หากต้องการผลผลิตอ้อยที่มากขึ้น ต้องดำเนินการร่วมกับกรรมวิธีที่มีการจัดการด้านอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น การจัดการน้ำ และธาตุอาหาร
3. การศึกษาเพิ่มเติมเรื่องช่วงเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบ จะเป็นอีกแนวทางที่ช่วยให้มีการจัดการการย่อยสลายใบอ้อย และการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่ปลดปล่อยจากใบอ้อยได้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

11. คำขอบคุณ (-)

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2556. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตร. เข้าถึงได้จาก: http://www.sugarzone.in.th/cane/cane_machine56.pdf [เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563].

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2541. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. นครปฐม: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเป็น อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิมล ภูกองไชย และ วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2561. การจัดการเศษซากใบอ้อยที่ส่งผลต่อการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจน. แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1. หน้า 25-29.

วัชรพันธ์ พิทักษ์ภากร, กนกกร สินมา, ศุภชัย อ้าคา, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้าชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2559. ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อการย่อยสลายของซากใบอ้อยในสภาพไร่และสภาพน้ำขังในชุดดินก้าแพงแสน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 (เมษายน-มิถุนายน): หน้า 28-38.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Attitalla, I.H. and B. Salleh. 2010. Improvement of carboxymethyl cellulase and xylanase production by alginate immobilized Trichoderma harzianum. Biotechnology, 9: 529-532.

Jeong, C.Y., A. DeRamus, J.J. Wanga and L.L. Goodeaux. 2014. Effects of residue management on nitrogen losses in surface and sub-surface water from sugarcane fields. Arch. Agron. Soil Sci. 60: 103-118.

กรมวิชาการเกษตร

Miura, T., A. Niswati, I.G. Swibawa, S. Haryani, H. Gunito, and N. Kaneko. 2013. No tillage and bagasse mulching alter fungal biomass and community structure during decomposition of sugarcane leaf litter in Lampung Province, Sumatra, Indonesia. Soil Biol. & Biochem. 58: 27-35.

Naseripou T., Nasrollah S., Shahbaz N., and Rahnama K. 2017. Investigation and Optimization of Extracellular Cellulase Production by *Trichoderma harzianum*. Medical Laboratory Journal. Vol 11(1): 28-32.

Patil, R. A. and Deshannavar U. B. D. 2017. Dry Sugarcane Leaves: Renewable Biomass resources for Making Briquettes. International Journal of Engineering Research and Technology. Vol 10, Number 1. P232-235.

Robertson F.A. and P.J. Thorburn. 2007. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. Aust. J. Soil Res. 45: 13–23.

Rossi-Rodrigues, Bianca C., Brochetto-B., Márcia R., Tauk-T., Sâmia Maria, C., Eleonora C. A., Valeska M., and Chaud N.J. 2009. Comparative growth of Trichoderma strains in different nutritional sources, using bioscreen c automated system. Brazilian Journal of Microbiology, 40(2), 404-410.

Sanjuan R, Anzaldo J, Vargas J, Turrado J, and Patt, R. 2011. Morphological and chemical composition of pith and fibers from Mexican sugarcane bagasse. Holz als Roh- und Werkstoff. 59:447–450.

Schollerger, C.J. and R.H. Simmon. 1945. Determinate of exchange capacity and exchangeable bases in soil ammonium acetate method. Soil Sci. 59: 13 24.

Thongjoo, C., S. Miyagawa and N. Kawakubo. 2006. Soil productivity after decomposition of waste materials under different soil moisture and temperature. Plant Prod. Sci. 9 : 106-114.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

Yessirita, Nita Y., and Sunadi. 2018. The nutritive value of lamtoro leaf meal (leucaena Leucocephala) fermented by Trichoderma Viride with variation of dose and fermentation time as poultry feed. INA-Rxiv. December 30.

กรมวิชาการเกษตร