

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **ชุดโครงการวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน
2. **โครงการวิจัย** : การวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน
- กิจกรรม** : กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน
3. **กิจกรรมย่อย** : กิจกรรมย่อยที่ 1.1 การจัดการธาตุอาหารและการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน
4. **ชื่อการทดลอง** : การทดลองที่ 1.1.4 ศึกษาการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่เหมาะสมในพื้นที่ดินร่วน-ดินร่วนปนทราย
- ชื่อการทดลอง** : Effect of Integrated Use of Fertilizers for Baby Corn Production on a Loamy and Sandy Loam Soil
5. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	นางสาวชัชชนพร เกื้อหนูน	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายสมปอง หมั่นแจ้ง	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายสมควร คล่องข้าง	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายพีระพงษ์ เซาวนพงษ์	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
	นายรัฐกร สืบคำ	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ การศึกษาการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่เหมาะสมในพื้นที่ดินร่วน-ดินร่วนปนทราย ณ แปลงข้าวโพดฝักอ่อนของเกษตรกร ต.ตะคร้ำเอน อ.ท่ามะกา จ. กาญจนบุรี ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen series: Ks; Fine-silty, mixed, superactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs) วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in RCB มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 มี 2 ระดับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (-PGPR) 2) ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (+PGPR) และ ปัจจัยที่ 2 มี 5 ระดับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (control) 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (RF) 3) ใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน+อามิ-อามิ (Ami-ami) 4) ใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน+น้ำล้างคอกวัวนม (Dairy slurry) 5) ใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน+กากตะกอนหมักกรองอ้อย (Filter cake) รวม 10 กรรมวิธี

การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรท ในช่วง 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35, 49, 63 และ 93 วัน ที่ความจุความชื้นสนาม พบว่าอามิ-อามีมีการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนสูงกว่าน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหมักกรองอ้อย ซึ่งอัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ย 8.54, 0.94 และ 0.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับและสูงกว่าอามิ-อามี น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหมักกรองอ้อยที่ใส่ฟิซีฟิอาร์ ปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ย 6.58,

0.64 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ผลการทดลองยังพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างฟิสิกส์กับการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆ แต่การใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งต่อชั่ง ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในฝัก ต่อชั่งและเปลือกไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ดังนั้น การใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนม จึงเป็นการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลง ทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) จากการใส่ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนสูงสุด

6. คำนำ การผลิตพืชด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่อาจจะไม่ทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้นและยังอาจมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ในยุคที่ปุ๋ยเคมีมีราคาแพงจะเป็นประโยชน์มากหากเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานทั้งในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี การปลูกพืชติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง จำเป็นจะต้องมีการใช้ปุ๋ยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว อาจไม่ทำให้ระบบการผลิตเกิดความยั่งยืน แม้ว่าปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชโดยตรง เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และพืชสามารถดูดน้ำไปใช้ได้ทันที แต่พืชสามารถดูดใช้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น การใส่ปุ๋ยที่มากเกินไปเป็น การเพิ่มต้นทุนการผลิต อีกทั้งอาจทำให้เกิดการเสียสมดุลธาตุอาหารในดิน ดังนั้น การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการจัดการธาตุอาหารพืชที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติช่วยในการดูดซับธาตุอาหารพืชในรูปคอลลอยด์ ซึ่งเป็นรูปที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอ จึงทำให้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากกว่า รวมทั้งการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพจะช่วยในการละลายธาตุอาหารที่ถูกตรึงในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดน้ำไปใช้ได้ การใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ เกษตรกรและภาคเอกชนสามารถนำเทคโนโลยีการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนไปใช้ในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนและสามารถผลิตในเชิงปริมาณที่หารายได้คุ้มค่าการลงทุนและช่วยลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ เกษตรกรสามารถผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น ทำให้มูลค่าการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนในภาพรวมของประเทศเพิ่มสูงขึ้น และทำให้ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลดลง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานระหว่างปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพที่เหมาะสมในการผลิต ข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในดินร่วน- ร่วนปนทราย

7. วิธีดำเนินการ

1) อุปกรณ์

1) ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen series: Ks) จัดอยู่ในวงศ์ Fine-silty, mixed, superactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs ณ แปลงข้าวโพดของเกษตรกร ต.ตะคร้อ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี

2) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานฝักอ่อน พันธุ์ดอกบัว

3) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K₂O)

4) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช เครื่องบดตัวอย่างพืชและตะแกรงร่อนดิน

5) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช เช่น Atomic absorption spectrophotometer

Spectrophotometer, Micro-Kjeldahl distillation apparatus, pH meter, Electrical Conductivity

- 6) สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช
- 7) สารกำจัดแมลงศัตรูพืช โรคพืชและวัชพืช
- 8) อุปกรณ์ให้น้ำชลประทาน

2. วิธีการ : การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ทดสอบบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาเปรียบเทียบบัพธิพลของปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิวเจอร์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ในชุดดินกำแพงแสน ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่แอมิ-อามี (ami-ami) 3) ใส่ น้ำล้างคอกวัวนม (dairy slurry-SL) 4) ใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อย (filter cake-FC) รวม 8 กรรมวิธี บ่มดินที่ความจุความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวด้วยน้ำ นำดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตร ผสมกับวัสดุอินทรีย์ดังนี้ แอมิ-อามีและน้ำล้างคอกวัวนมเจือจางด้วยน้ำ 1:5 และ 1:1 เท่า ตามลำดับ ชั่ง 2.6 กรัม ใส่ขวดพลาสติก ส่วนกากตะกอนหม้อกรองอ้อยชั่ง 1 กรัมและเติมน้ำ 2.6 กรัม นำดินที่ผสมดังกล่าวปิดฝาให้สนิท บ่มไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35, 49, 63 และ 93 วัน ชั่งตัวอย่างแล้วเติมน้ำเป็นระยะๆ เมื่อครบกำหนดเวลาแต่ละช่วง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรท โดยนำดินที่บ่มตามเวลาดังกล่าวมาสกัดโดยเติม 2N KCl ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรท โดยวิธี semi- micro Kjeldahl (Bremner, 1996)

2. ทดลองในสภาพแปลงทดลอง

1.วิธีการ : ทำแปลงทดลองที่แปลงข้าวโพดของเกษตรกร ต.ตะคร้ำเอน อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ในชุดดินชุดดินกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in RCB มี 10 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 มี 2 ระดับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิวเจอร์ (-PGPR) 2) ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิวเจอร์ (+PGPR) และ ปัจจัยที่ 2 มี 5 ระดับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (control) 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (RF) 3) ใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน+แอมิ-อามี (ami-ami) 4) ใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน+น้ำล้างคอกวัวนม (dairy slurry) และ 5) ใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน+กากตะกอนหม้อกรองอ้อย (filter cake)

2. การเตรียมพื้นที่ปลูก : ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนรวม 2 ปี (2554-2555) ในปีที่ 1 (2554) ปลูกในช่วงเดือนมิถุนายนและเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคม ในปีที่ 2 (2555) ปลูกในช่วงเดือนมกราคมและเก็บเกี่ยวช่วงเดือนมีนาคม ก่อนดำเนินการทดลองในปีที่ 1 ได้ขุดเจาะดินเพื่อจำแนกชั้นความอุดมสมบูรณ์ของดิน แล้วไถเตรียมแปลงพร้อมเก็บตัวอย่างดินรวมทั้งระดับลึก 0-20 เซนติเมตร วิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและกายภาพชั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ เตรียมแปลงย่อยขนาด 4.5x6.0 เมตร จำนวน 30 แปลงย่อย ซึ่งใช้ระยะปลูก 0.5x0.5 เมตร ก่อนปลูกข้าวโพดฝักอ่อนประมาณ 10 วัน ใส่แอมิ-อามีและกากตะกอนหม้อกรอง ซึ่งแอมิ-อามีเจือจางด้วยน้ำ 1:5 เท่า อัตรา 500 ลิตรต่อไร่ หรือคิดเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ใส่ลงไปในดินโดยเฉลี่ย 13.1-1.5-6.6 กิโลกรัมN-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ กากตะกอนหม้อกรองอ้อยใส่อัตรา 1,000 กิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้งต่อไร่ ซึ่งจะเท่ากับธาตุอาหารหลัก 10.0-21.0-15.5 กิโลกรัมN-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ วัสดุอินทรีย์ทั้งสองชนิดใส่ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรสำหรับการ

ปลูกพืชในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน-ร่วนปนทราย ส่วนน้ำล้างคอกวัวนมเจือจางด้วยน้ำ 1:1 เท่า อัตรา 12,450 ลิตรต่อไร่ ซึ่งจะเท่ากับธาตุอาหารหลัก 13.9-14.9-14.9 กิโลกรัมN-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง คือ 0, 10 และ 20 วันหลังปลูกข้าวโพด ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ดอกบัว จำนวน 3 เมล็ดต่อหลุม ปล่อยให้ต้นข้าวโพดโต ประมาณ 10 วัน ถอนแยกให้เหลือ 2 ต้นต่อหลุม แล้วใส่ปุ๋ยเคมีสองข้างของแถวปลูกพร้อมพรวนกลบดิน โดยปุ๋ยเคมีไนโตรเจนใส่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) แบ่งใส่สองครั้งในอัตราที่เท่ากัน โดยครั้งแรกใส่หลังปลูก 10 วัน ส่วนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่เหลือใส่หลังปลูก 20 วัน ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชใส่ครั้งเดียว 10 วันหลังปลูก ในรูปทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ข้าวโพดอายุประมาณ 45 วัน จึงเริ่มทำการถอดยอดและเริ่มทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักสดที่อายุประมาณ 55 วัน โดยใช้พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 17.5 ตารางเมตร

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน

เก็บตัวอย่างดินรวมที่ระดับลึก 0-20 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ย่อยดินผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์ขั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการหา ปฏิกริยาดิน (pH) อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (glass electrode) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) วัดโดยอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkey and Black, 1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Bray II และ วิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี colorimetric (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สกัดดินด้วย NH₄OAc pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณโดย Atomic Absorption Spectrophotometer (Pratt, 1965) ปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ NH₄OAc pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณโดย Atomic Absorption Spectrophotometer (Pratt, 1965) ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) โดยการชิมชะไอออนบวกด้วย สารละลาย NH₄OAc pH 7.0 และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ กลั่นหาแอมโมเนียม ไอออนแล้วคำนวณค่าความจุไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Peech, 1947) เปอร์เซ็นต์การอิมัตว์ด้วยเบส (%BS) ปริมาณไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรท โดยวิธี semi- micro Kjeldahl (Bremner, 1996) เนื้อดินวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer method (จักรพงษ์, 2546) ความหนาแน่นรวมของดิน (BD)

4. การวิเคราะห์อามิ-อามิ น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย

วัสดุอินทรีย์ทั้งสามแหล่งสามารถหาได้ง่ายในพื้นที่ น้ำล้างคอกวัวนมได้มาจากบ่อพักน้ำที่ฟาร์มเลี้ยงโคนมของเกษตรกร อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี มีส่วนประกอบของน้ำปัสสาวะ มูลวัวและน้ำล้าง ส่วนอามิ-อามิและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย ได้จากโรงงานผลิตผงชูรสของบริษัทอานีโนะโมะโตะ จำกัด และบริษัทน้ำตาลไทยท่าเรือ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหา pH, Total N, Total P, Total K, OC, C/N ratio, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni และ Moisture ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนด้วยวิธีของ Navarro *et al.*, (1993) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Micro-Kjeldahl method (AOAC, 1990) ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสมของ HClO₄+HNO₃ (อัตราส่วน 1:2) แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdate yellow color (AOAC, 1990) ปริมาณ โพแทสเซียม วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame Spectrophotometer (AOAC, 1990) ปริมาณโลหะหนัก As Cd Cr Cu Pb และ Ni โดยการย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสมของ HCl+HNO₃ (อัตราส่วน 3:1) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP

5. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

สุ่มเก็บต้นข้าวโพดฝักอ่อนกรรมวิธีละ 2 ต้น แยกเป็นส่วนฝัก เปลือกและต้นส่วนเหนือดิน (ลำต้น+ใบ) นำมาชั่งน้ำหนักสด อบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักแห้งหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น บดละเอียด แล้วย่อยสลายด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Micro-Kjeldahl method ปริมาณ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมโดยการย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดผสมของ $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ (อัตราส่วน 1:2) แล้ว วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanado-molybdate yellow color และปริมาณโพแทสเซียมแล้ววิเคราะห์ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

6. การวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการปลูก

หลังตัดต้นข้าวโพดฝักอ่อนในแต่ละแปลง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับลึก 0-20 เซนติเมตร นำดินมาผึ่งในที่ รมบดตัวอย่างดินผ่านตระแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ตัวอย่างดินผ่าน ตระแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร หาปฏิกริยาดิน (pH) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้

7. การบันทึกข้อมูล

- 1) ผลประเมินธาตุอาหารตามการจำแนกชั้นความอุดมสมบูรณ์ของดิน
- 2) ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพดฝักอ่อน
- 3) องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์อะมิ-อะมิ น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย
- 4) การทดลองในห้องปฏิบัติการวัดปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของ แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) เป็นเวลา 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35, 49, 63 และ 93 วัน
- 5) ความสูงต้นที่ข้าวโพดอายุ 25 และ 40 วันหลังหยอดเมล็ด โดยสุ่มตัวอย่างต้นจำนวน 21 ต้นต่อ แปลงย่อย
- 6) ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ใน ระดับลึก 0-20 เซนติเมตร ในช่วง 10, 20, 30, 40 และ 60 วัน หลังจากใส่วัสดุอินทรีย์
- 7) ผลผลิตฝักสดรวมเปลือก ผลผลิตฝักสดเปลือกเปลือก น้ำหนักแห้งฝัก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เปลือก น้ำหนักสดต้นและน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพด
- 8) ค่าความเข้มข้นและการดูดใช้ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝัก เปลือกและต่อชั่ง
- 9) การเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
- 10) บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝน

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและการทดลองปลูกในสภาพแปลง นำมาหาค่าความ แปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่น ๆ สำหรับการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRISTAT Version 3/93

9. เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2553 - กันยายน 2555

สถานที่

1. แปลงข้าวโพดของเกษตรกร ต.ตะคร้ำเอน อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี
2. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

I. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1.1 ทดลองบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ในระยะ 2 ปี (2554-2555) พบว่าอามิ-อามีมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) ที่เปลี่ยนอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียม โดยอัตราการปลดปล่อยจะเกิดขึ้นสูงในช่วง 3 วันแรก อามิ-อามีเพียงอย่างเดียวมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมโดยเฉลี่ย 9.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและสูงกว่าอามิ-อามีที่ใส่พีจีพีอาร์ (9.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อาจเนื่องจากในระยะแรกจุลินทรีย์ดินใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโต จึงมีผลให้ปริมาณแอมโมเนียมในดินลดต่ำลง หลังจากที่แอมโมเนียมลดลงพบว่ามีไนเตรทเพิ่มสูงขึ้นในช่วงวันที่ 5 และเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการบ่ม เนื่องจากอิทธิพลของกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ที่ออกซิไดซ์แอมโมเนียมไปเป็นไนเตรท อามิ-อามีปลดปล่อยไนเตรทโดยเฉลี่ย 0.19-3.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนอามิ-อามีที่ใส่พีจีพีอาร์ปลดปล่อยไนเตรทโดยเฉลี่ย 0.23-5.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาจเนื่องจากการแปรสภาพของแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรทโดยจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้นรวมทั้งอาจถูกปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว ส่วนน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยที่ไม่ใส่และใส่พีจีพีอาร์ มีแนวโน้มปลดปล่อยไนเตรทในรูปแบบคล้ายคลึงกันและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาของการบ่ม (ภาพที่ 1a, 1b, 2a และ 2b)

ในช่วง 93 วันของการบ่ม พบว่าอามิ-อามี น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ย 8.54, 0.94 และ 0.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับและสูงกว่าอามิ-อามี น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยที่ใส่พีจีพีอาร์ ปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ย 6.58, 0.64 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ อามิ-อามีมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงทำให้ปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนสูงตามไปด้วยและสูงกว่าน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย เพราะน้ำล้างคอกวัวนมมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำ ส่วนกากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีอัตราส่วนระหว่าง C:N สูง ทำให้การย่อยสลายและการปลดปล่อยไนโตรเจนเกิดขึ้นได้ช้า จึงส่งเสริมการเกิดกระบวนการอิมโมบิไลเซชัน (Immobilization) ของไนโตรเจนในดิน ดังนั้น น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยจึงมีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนไม่แตกต่างกับกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยเลย

1.2 สมบัติของดินก่อนการทดลอง

1. ผลประเมินธาตุอาหารตามการจำแนกชั้นความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จำแนกชั้นความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เป็น 7 ชั้นตามความลึกดินคือ 0-35, 35-60, 60-90, 90-120, 120-140/150, 150-170 และ 170-200+ เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) พบว่าปฏิกิริยาดิน (pH) อยู่ในช่วง 7.1-7.6 ค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นบนสูงและลดลงตามความลึกดินอยู่ในช่วง 0.11-0.06 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อินทรีย์วัตถุในดินชั้นบนสูงและลดลงตามความลึกดิน 1.40, 1.10, 0.94, 0.58, 0.40, 0.30 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นผล

ตกค้างของเศษซากพืชแล้วเกิดการย่อยสลาย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชั้นบนสูงและลดลงตามความลึกดิน 19-32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินชั้นบนสูงและลดลงตามความลึกของดิน อาจเป็นผลของอินทรีย์วัตถุที่มีการสะสมมากในดินชั้นบนซึ่งมีสารประกอบอินทรีย์ที่มีความสามารถในการดูดซับไอออนบวกได้สูงและจะค่อยๆปลดปล่อยสู่ดิน จึงทำให้มีการสะสมไอออนบวกในดินบน ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกในดินชั้นบนสูงมากและลดลงตามความลึกของดิน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในช่วง 61.8-5.8 มิลลิกรัมวาลูเลนส์ต่อดิน 100 กรัม อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในระดับสูงถึงสูงมากและเพิ่มขึ้นตามความลึกดิน 27.3-206.4 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากดินมีพัฒนาการไม่มากจึงมีเบสยังเหลืออยู่ (บรรณพิชญ์, 2551) ความหนาแน่นรวมของดินชั้นบนมีค่าต่ำ 1.58 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินชั้นล่างมีค่าสูงอยู่ในช่วง 1.60-1.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อาจเนื่องจากดินชั้นบนมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าและมีการเคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ดินชั้นล่าง ทำให้อุณหภูมิและความชื้นในช่องว่างในดินทำให้ดินแน่นขึ้น พบเกลือแร่ไม่กาทลดหน้าตัดดินและมีก้อนหินปูนขนาดเล็กสะสมอยู่ในดินชั้นล่าง

2. ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ชุดดินกำแพงแสนมีเนื้อดินเป็นดินร่วน (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่ 33 เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนตะกอนน้ำค่อนข้างใหม่หรือสัณดินริมน้ำ เป็นดินลึกมีการระบายน้ำดี ปฏิกริยาดินเป็นต่าง (pH 7.3-7.8) ค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำ 0.09-0.10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ 1.21-1.43 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก 53-81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง 61-65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง 2,326-2,367 และ 186-213 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมในดินปานกลาง (109-117 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ถือว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

3. สมบัติและปริมาณธาตุอาหารในวัสดุอินทรีย์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ ในระยะเวลา 2 ปี (ปี 2554-2555) ดังแสดงในตารางที่ 3 อามิ-อามิมีปฏิกริยาเป็นกรดจัด (pH 3.52-4.18) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด 2.56-2.68, 0.14-0.44 และ 1.19-1.45 เปอร์เซ็นต์N, P₂O₅ และ K₂O ตามลำดับ น้ำล้างคอกวัวนมมีปฏิกริยาเป็นกลาง-ต่างเล็กน้อย (pH 6.51-7.41) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด 0.09-0.12, 0.04-0.08 และ 0.15-0.69 เปอร์เซ็นต์N, P₂O₅ และ K₂O ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักสารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb) อยู่ในระดับต่ำมากไม่เป็นอันตรายต่อการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 0.39, 0.20, 5.93, 10.11 และ 4.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และไม่พบว่ามีสารปนเปื้อนของนิเกิล (Ni) ส่วนกากตะกอนหม้อกรองอ้อยที่ความชื้น 20.02-24.34 เปอร์เซ็นต์ มีปฏิกริยาเป็นต่างเล็กน้อย (pH 7.41-7.50) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด 0.99-1.01, 1.78-2.41 และ 1.30-1.80 เปอร์เซ็นต์N, P₂O₅ และ K₂O ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดและอินทรีย์วัตถุ 11.17-20.10 และ 42.03-43.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C:N) 10.31-11.06 จะเห็นได้ว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำอามิ-อามิ>กากตะกอนหม้อกรองอ้อย>น้ำล้างคอกวัวนม แต่ฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดในกากตะกอนหม้อกรองอ้อย>อามิ-อามิ>น้ำล้างคอกวัวนม น้ำล้างคอกวัวนมมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำสุด กล่าวได้ว่า น้ำล้างคอกวัวนมมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่

เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่าวัสดุอินทรีย์อื่นๆ แต่เพื่อป้องกันการลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องนำมาศึกษา เพื่อการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำแพนแสนในพื้นที่ดินร่วน-ดินร่วนปนทราย

II. การศึกษาในสภาพแปลงทดลอง

2.1 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน

ความสูงต้นที่อายุ 25 และ 40 วันหลังปลูก (ภาพที่ 3 และ 4) พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆกับพีจีพีอาร์ทำให้ข้าวโพดมีความสูงไม่แตกต่างกันทั้งสองระยะการเจริญเติบโต การจัดการปุ๋ยแบบต่างๆให้ความสูงต้นไม่แตกต่างกัน แต่ในปีที่ 1 (ปี 2554) ที่อายุ 25 วัน ข้าวโพดมีความสูงมากกว่าในปีที่ 2 (ปี 2555) เนื่องจากปลูกข้าวโพดในช่วงฤดูฝน กอปรกับในช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม ปริมาณน้ำฝน 44.9, 81.5 และ 145.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนปีที่ 2 ในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคมปริมาณน้ำฝน 4.3, 0.4 และ 66.0 มิลลิเมตร แม้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีของปีที่ 1 ต่ำกว่าปีที่ 2 (1067.0 และ 1146.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ) (ภาพที่ 5) ยังพบว่าหลังการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่สอง การตอบสนองของข้าวโพดไม่ทำให้ความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อผลผลิตฝักของข้าวโพดฝักอ่อน

เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อผลผลิตฝักข้าวโพดฝักอ่อน ในระยะ 2 ปี (2554-2555) พบว่าปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตฝัก ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับกากตะกอนหมักกรองอ้อยและน้ำล้างคอกวัวนมให้ผลผลิตเฉลี่ย (435.1 และ 424.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (375.0 กิโลกรัมต่อไร่) แต่สูงกว่าการใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับอามิ-อามิและที่ไม่ปุ๋ยเลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (345.6-356.8 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า ปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารแก่ข้าวโพดได้อย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโตและบางส่วนอาจสูญหายโดยการระเหยหรือชะละลาย เพราะพืชสามารถดูดใช้ไนโตรเจนที่ใส่ลงดินเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดเท่านั้น ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินลดน้อยลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต เพราะร้อยละของไนโตรเจนในดินมีค่อนข้างต่ำ ดินที่มีอินทรีย์วัตถุ 1-3 เปอร์เซ็นต์ จะให้ไนโตรเจนน้อยถึงปานกลางเท่านั้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

กากตะกอนหมักกรองอ้อยให้ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินถึง 10.0 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสามารถเพิ่มผลผลิตฝักไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน การย่อยสลายให้ไนโตรเจนที่พืชดูดใช้ได้ง่ายและมีสารอินทรีย์ช่วยดูดยึดธาตุอาหารพืชแล้วปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆแก่พืช จึงให้ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทในดินสูง (ภาพที่ 6 และ 7) แต่การบ่มดินในห้องปฏิบัติการพบว่าการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำดังเหตุผลที่กล่าวไว้ จากการศึกษาของวิวัฒน์ และคณะ (2008) พบว่าการใส่กากตะกอนหมักกรองอ้อยร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสม สามารถเพิ่มผลผลิตพืช 7-15 เปอร์เซ็นต์

น้ำล้างคอกวัวนมมีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำ แต่ในสภาพแปลงให้ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินถึง 13.9 กิโลกรัมต่อไร่ จึงส่งเสริมให้ข้าวโพดเจริญงอกงามดีในระยะแรกๆของการเจริญเติบโต เพราะมีไนโตรเจนไอออนที่ง่ายต่อการใช้ประโยชน์ของพืช โดยเฉพาะไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมที่มีปริมาณสูง (Chambers *et al.*, 2007) Powell *et al.*, (2011) รายงานว่า การใส่น้ำล้างคอกวัวนมสูญเสียไนโตรเจนถึง 27.1

เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียและไนเตรท 20.5 และ 6.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การสับกลบลงดินหรือใส่แบบ injector สูญเสียไนโตรเจน 23.3 และ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ผลผลิตและปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในข้าวโพดไม่แตกต่างกัน

การใส่แอมโมเนียที่มีไนโตรเจน 13.1 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตฝักเฉลี่ยไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ผลผลิตฝักเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยอย่างเด่นชัด

2.3 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อน้ำหนักต้นข้าวโพดฝักอ่อน

เปรียบเทียบน้ำหนักต้นข้าวโพดฝักอ่อน ในระยะ 2 ปี (2554-2555) พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์พีอาร์กับการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆ (ตารางที่ 5) ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเลยมีน้ำหนักต้นเฉลี่ยต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยอย่างเด่นชัด การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อยและน้ำล้างคอกวัวนมให้น้ำหนักต้นเฉลี่ย (3,129-3,364 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับแอมโมเนีย (3,002 กิโลกรัมต่อไร่) แม้จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง บางส่วนอาจสูญเสียโดยการชะละลายหรือการระเหย ทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง (ภาพที่ 6 และ 7) รวมทั้งข้อจำกัดด้านเคมีดินที่มีความเป็นกรดสูง ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณโซเดียมทั้งหมดที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในระยะแรกๆ และความสมบูรณ์ของข้าวโพดลดลงได้ (ธนสมณท์ และคณะ, 2555)

2.4 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวโพดฝักอ่อน

ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์พีอาร์ไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อชั่งและไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆ แต่การใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อย ให้น้ำหนักแห้งต่อชั่งเฉลี่ย (791.6 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าการจัดการปุ๋ยแบบอื่นๆอย่างเด่นชัด ให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 664.4-705.9 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยเลยน้ำหนักแห้งต่อชั่ง 623.5 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 6)

2.5 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝัก

จากการเปรียบเทียบปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในฝักข้าวโพดฝักอ่อน ในระยะเวลา 2 ปี (2554-2555) พบว่าปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์พีอาร์ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารและไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กับการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆ แต่การใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝักสูงสุดและไม่แตกต่างกับการใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับแอมโมเนียและปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ให้ค่าดังกล่าวสูงกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลย (ตารางที่ 7, 8 และ 9) เนื่องจาก ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝัก ได้จากปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบในฝักกับน้ำหนักแห้งฝัก ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวที่เป็นองค์ประกอบในฝักไม่แตกต่างกัน ชี้ให้เห็นว่า วัสดุอินทรีย์ทั้งสามแหล่งช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝักเพิ่มขึ้นและไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

2.6 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในตอชั่ง

พบว่าการใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในตอชั่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอยู่ในช่วง 24.02-

26.19 กิโลกรัมNต่อไร่ และ 4.14-4.58 กิโลกรัมPต่อไร่ ตามลำดับ แต่สูงกว่าการใส่0.5เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับอามิ-อามิและที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลย ให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 20.02-21.88 กิโลกรัมNต่อไร่ และ 3.71-3.92 กิโลกรัมPต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในต่อซึ่งทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 10.21-11.48 กิโลกรัมKต่อไร่ (ตารางที่ 10, 11 และ 12) อาจเนื่องจาก น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย ปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาทำให้เกิดสมดุลธาตุอาหารในดิน ข้าวโพดเจริญเติบโตและดูดธาตุอาหารเพิ่มขึ้น กอปรกับข้าวโพดเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนในระดับสูงเพื่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (Szymanek, 2009)

2.7 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเปลือก

จากการเปรียบเทียบปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในเปลือกของข้าวโพด ในระยะเวลา 2 ปี (2554-2555) (ตารางที่ 13, 14 และ 15) พบว่าปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆ แต่การใส่0.5เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเปลือกสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการใส่0.5เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับอามิ-อามิและการไม่ใส่ปุ๋ยเลย

2.8 ผลของการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

1. ปฏิกริยาดิน

จากข้อมูลตารางที่ 16 แสดงปฏิกริยาดินของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ในระยะ 2 ปี (2554-2555) พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์กับการจัดการปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกริยาดินหลังการเก็บเกี่ยว แต่กรรมวิธีปุ๋ยต่างๆมีแนวโน้มให้ปฏิกริยาดินของดิน (pH 7.5) ต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเลย (pH 7.6) อาจเนื่องจากอนุโมลซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่ได้จากปุ๋ยเคมีเข้าไปแทนที่แคลเซียมไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่กับอนุภาคคอลลอยด์ จึงมีผลทำให้ปฏิกริยาดินลดต่ำลง

2. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

พบว่ากากตะกอนหม้อกรองอ้อยร่วมกับการใส่0.5เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (1.53 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือการใส่0.5เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับอามิ-อามิและน้ำล้างคอกวัวนม ซึ่งให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 1.42-1.48 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 17) อาจเนื่องจากกากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจน (C:N) สูง การย่อยสลายจึงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้อินทรีย์ไนโตรเจนยังคงมีการสะสมอยู่ในดิน ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทในดิน

3. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

การจัดการปุ๋ยแบบต่างๆมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แต่ไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (ตารางที่ 18) การใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อยร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (92.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สูงสุดซึ่งสูงกว่าการใส่อามิ-อามิและน้ำล้างคอกวัวนมร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 68.4-70.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (81.5

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อาจเนื่องจาก กากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสูง (เฉลี่ย 2.09 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) หรือเท่ากับฟอสฟอรัส 20.9 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ สอดคล้องกับวัลย์กานต์ และคณะ (2549) รายงานว่า การใส่กากอ้อยดำอัตราต่างๆกันให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่เพิ่ม และสูงกว่าที่ไม่ใส่เลย จงรักษ์ และคณะ (2529) รายงานว่า ฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบในกากตะกอนหม้อกรองอ้อย สามารถนำมาใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาและเพิ่มผลผลิตพืชได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีฟอสเฟต

4. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

การจัดการปุ๋ยแบบต่างๆมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แต่ไม่พบว่ามีการสัมพันธ์กับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือที่ใส่กากตะกอนหม้อกรองอ้อยร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่แตกต่างกัน (75.4 และ 71.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่แอมโมเนียและน้ำล้างคอกวัวนมร่วมกับปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยเลย (65.8-69.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 19)

2.9 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ข้าวโพดที่ใส่ปุ๋ยครั้งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อย มีรายได้เพิ่มสูงสุด 1,611 บาทต่อไร่ แต่ให้ผลตอบแทนในค่า $VCR < 2$ ส่วนการใส่ปุ๋ยอัตราดังกล่าวร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนมมีรายได้เพิ่ม 1,424 บาทต่อไร่ ให้ผลตอบแทนในค่า $VCR = 2$ ถ้าหากไม่คิดค่าใช้จ่ายของน้ำล้างคอกวัวนมหรือหากเกษตรกรที่มีฟาร์มเลี้ยงโคนมนำมาใช้ในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเอง ดังนั้น ในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วนสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินได้หากมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนม (ตารางที่ 20)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1) ชุดดินกำแพงแสนมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ปฏิกริยาดินเป็นต่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง ถือว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

2) น้ำล้างคอกวัวนมมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่าแอมโมเนียและกากตะกอนหม้อกรองอ้อย แอมโมเนียมีสมบัติเป็นกรด (pH 3.52-4.18) มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 2.56-2.68 เปอร์เซ็นต์ น้ำล้างคอกวัวนมมีสมบัติเป็นกลาง-ด่างเล็กน้อย (pH 6.51-7.41) มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบต่ำ 0.09-0.12 เปอร์เซ็นต์ กากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีสมบัติเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.41-7.50) มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 0.99-1.01 เปอร์เซ็นต์ และมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสูงถึง 1.78-2.41 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5

3) ผลการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ แอมโมเนีย น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ย 8.54, 0.94 และ 0.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และสูงกว่าแอมโมเนีย น้ำล้างคอกวัวนมและกากตะกอนหม้อกรองอ้อยที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ให้อินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ย 6.58, 0.64 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

4) ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการจัดการปุ๋ยแบบต่างๆ เช่นเดียวกันกับการใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ การตอบสนองของข้าวโพดฝักอ่อนไม่ทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งต่อซัง ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมฝัก ต้นและเปลือกแตกต่างกัน อาจเนื่องจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูง ข้าวโพดฝักอ่อนจึงไม่แสดงการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

5) การใส่ 0.5 เท่าปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับกากตะกอนหม้อกรองอ้อยและน้ำล้างคอกวัวนม ทำให้ข้าวโพดมีผลผลิตฝัก น้ำหนักแห้งต่อชั่ง ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในฝัก ต่อชั่งและเปลือกไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ดังนั้น ในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วน การใช้ปุ๋ยร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนมทำให้ลดปุ๋ยเคมีในโตรเจนลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ผลตอบแทนในค่า VCR สูงสุด

6) สมบัติดินหลังการปลูก พบว่ากากตะกอนหม้อกรองอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนในดิน ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแต่สูงกว่าอามิ-อามิและน้ำล้างคอกวัวนม

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) ได้ข้อมูลว่าการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วนสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีในโตรเจนได้ โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากน้ำล้างคอกวัวนม เพื่อเป็นการลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

2) ได้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วน คือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับน้ำล้างคอกวัวนม ที่ให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก 13.9-14.9-14.9 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

ตารางที่ 1 สมบัติและปริมาณธาตุอาหารตามการจำแนกชั้นความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Profile Depth (cm)	pH	EC (dSm ⁻¹)	OM (%)	P K Na Ca Mg						CEC meq/100g	BS (%)	BD (g/cm ³)
				(mgkg ⁻¹)								
0-35	7.6	0.11	1.40	32	63	129	3080	213	61.8	27.3	1.58	
35-60	7.5	0.09	1.10	28	64	140	2650	203	15.5	93.7	1.74	
60-90	7.5	0.07	0.94	27	71	162	2490	309	17.5	83.8	1.73	
90-120	7.3	0.08	0.58	29	75	163	1930	325	15.2	78.7	1.72	
120-140/150	7.1	0.08	0.40	27	43	118	1690	281	14.2	75.3	1.72	
150-170	7.2	0.06	0.30	21	28	77	1060	165	5.7	123.5	1.60	
170-200+	7.3	0.06	0.25	19	29	76	1090	188	6.8	206.4	-	

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินที่นำมาศึกษา

Year	pH	EC (dSm ⁻¹)	OM (%)	P K Na Ca Mg					
				(mgkg ⁻¹)					
2554	7.8	0.09	1.21	81	81	117	2367	186	
2555	7.3	0.01	1.43	53	53	109	2326	213	

ตารางที่ 3 สมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาศึกษา

Properties	2554	2555
------------	------	------

	Ami-ami	SL	FC	Ami-ami	SL	FC
pH	3.52	7.41	7.50	4.18	6.51	7.41
Total N (%)	2.68	0.12	1.01	2.56	0.09	0.99
Total P (%P ₂ O ₅)	0.14	0.08	5.05	0.44	0.04	1.78
Total K (%K ₂ O)	1.19	0.15	1.30	1.45	0.09	1.80
OC (%)	-	-	11.17	-	-	20.10
OM (%)	-	-	42.03	-	-	34.65
C/N ratio	-	-	11.06	-	-	10.31
Moisture (%)	-	-	24.34	-	-	20.02

หมายเหตุ : SL = Dairy slurry, FC = Filter cake

ตารางที่ 4 ผลผลิตฝักสด

Treatment (T)	Yield (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	355.6	335.7	345.6c	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	345.5	404.5	375.0bc	Treatment (T) = **
0.5RF + Ami-ami	371.8	341.9	356.8c	PX T = ns
0.5RF + Dairy slurry	455.2	394.1	424.7ab	cv (a) = 17.8%
0.5RF + Filter cake	407.7	460.5	435.1a	cv (b) = 10.8%
P-mean	387.5	387.3	387.4	

หมายเหตุ ^{1L} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 5 น้ำหนักต้นข้าวโพด

Treatment (T)	Plant Weight (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	2,826	2,800	2,813c	PGPR (P) = ns
Recommended Fertilizer	2,944	3,315	3,129ab	Treatment (T) = **

0.5RF + Ami-ami	3,068	2,936	3,002bc	PXT	= ns
0.5RF + Dairy slurry	3,378	3,204	3,291ab	cv (a)	= 9.9%
0.5RF + Filter cake	3,118	3,609	3,364a	cv (b)	= 10.9%
P-mean	3,067	3,173			

หมายเหตุ ^{1/4} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 6 น้ำหนักแห้งต่อชั่ง

Treatment (T)	Plant Dry Matter (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	623.7	623.5	623.6b	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	694.5	713.3	703.9b	Treatment (T) = **
0.5RF + Ami-ami	689.2	639.7	664.4b	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	736.6	675.3	705.9b	cv (a) = 17.0%
0.5RF + Filter cake	724.6	858.6	791.6a	cv (b) = 13.5%
P-mean	693.7	702.1		

หมายเหตุ ^{1/4} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 7 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในฝัก

Treatment (T)	Nitrogen uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	1.26	1.28	1.27b	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	1.36	1.63	1.49ab	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	1.52	1.34	1.43ab	PXT = <1
0.5RF + Dairy slurry	1.68	1.73	1.71a	cv (a) = 15.7%
0.5RF + Filter cake	1.53	1.75	1.64a	cv (b) = 23.0%
P-mean	1.47	1.55		

หมายเหตุ ^{1/4} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในฝัก

Treatment (T)	Phosphorus uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	0.15	0.16	0.15b	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	0.16	0.19	0.17ab	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	0.18	0.17	0.17ab	PXT = <1
0.5RF + Dairy slurry	0.21	0.20	0.21a	cv (a) = 24.4%
0.5RF + Filter cake	0.18	0.22	0.20a	cv (b) = 23.0%
P-mean	0.17	0.19		

หมายเหตุ ^{LC} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 9 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในฝัก

Treatment (T)	Potassium uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	0.66	0.64	0.65	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	0.70	0.84	0.77	Treatment (T) = ns
0.5RF + Ami-ami	0.74	0.67	0.71	PXT = <1
0.5RF + Dairy slurry	0.94	0.88	0.91	cv (a) = 38.8%
0.5RF + Filter cake	0.76	0.95	0.85	cv (b) = 29.6%
P-mean	0.76	0.80		

หมายเหตุ ^{LC} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 10 ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในตอซัง

Treatment (T)	Nitrogen uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	19.16	20.88	20.02c	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	25.01	23.04	24.02ab	Treatment (T) = **

0.5RF + Ami-ami	23.30	20.45	21.88bc	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	25.41	23.51	24.46ab	cv (a) = 21.4%
0.5RF + Filter cake	24.54	27.85	26.19a	cv (b) = 17.0%
P-mean	23.48	23.15		

หมายเหตุ ¹ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 11 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซัง

Treatment (T)	Phosphorus uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	3.74	3.68	3.71c	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	4.20	4.07	4.14abc	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	4.13	3.70	3.92bc	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	4.63	4.26	4.44ab	cv (a) = 19.0%
0.5RF + Filter cake	4.00	5.17	4.58a	cv (b) = 17.7%
P-mean	4.14	4.18		

หมายเหตุ ¹ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 12 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซัง

Treatment (T)	Potassium uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	10.74	10.31	10.52	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	10.89	11.20	11.05	Treatment (T) = <1
0.5RF + Ami-ami	11.05	9.37	10.21	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	12.24	10.72	11.48	cv (a) = 30.7%
0.5RF + Filter cake	10.46	12.27	11.37	cv (b) = 20.3%
P-mean	11.07	10.77		

หมายเหตุ ¹ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 13 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเปลือก

Treatment (T)	Nitrogen uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	4.74b	4.31b	4.52	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	4.72b	5.66ab	5.19	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	5.39ab	4.94b	5.16	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	6.70a	5.01b	5.85	cv (a) = 31.1%
0.5RF + Filter cake	5.39ab	6.50a	5.95	cv (b) = 20.9%
P-mean	5.39	5.28		

หมายเหตุ ^{1/2} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 14 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเปลือก

Treatment (T)	Phosphorus uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	0.88	0.85	0.86c	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	0.85	1.03	0.95bc	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	0.96	0.89	0.92bc	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	1.22	0.93	1.07ab	cv (a) = 19.6%
0.5RF + Filter cake	1.04	1.25	1.15a	cv (b) = 23.3%
P-mean	0.99	0.99		

หมายเหตุ ^{1/2} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 15 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเปลือก

Treatment (T)	Potassium uptake (kg/r)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	3.50b	3.33b	3.42	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	3.42b	4.27ab	3.85	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	3.90b	3.37b	3.64	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	5.03a	3.67b	4.35	cv (a) = 62.9%
0.5RF + Filter cake	4.24ab	4.94a	4.59	cv (b) = 22.4%
P-mean	4.02	3.92		

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 16 ปฏิกริยาดิน (pH) ของดินปลูกข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยว

Treatment (T)	pH		T-mean
	-PGPR	+PGPR	
Control	7.6	7.6	7.6
Recommended Fertilizer	7.5	7.5	7.5
0.5RF + Ami-ami	7.5	7.5	7.5
0.5RF + Dairy slurry	7.5	7.5	7.5
0.5RF + Filter cake	7.5	7.5	7.5
P-mean	7.5	7.5	

ตารางที่ 17 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยว

Treatment (T)	Organic Matter (%)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	1.38	1.38	1.38	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	1.41	1.44	1.42	Treatment (T) = ns
0.5RF + Ami-ami	1.35	1.49	1.42	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	1.45	1.51	1.48	cv (a) = 5.9%
0.5RF + Filter cake	1.58	1.48	1.53	cv (b) = 9.1%
P-mean	1.44	1.46		

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

Treatment (T)	Available P (mg/kg)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	67.8	62.5	65.2c	PGPR (P) = ns
Recommended Fertilizer	81.9	81.0	81.5ab	Treatment (T) = **

0.5RF + Ami-ami	62.4	74.4	68.4c	PXT	= <1
0.5RF + Dairy slurry	64.8	75.6	70.2bc	cv (a)	= 12.8%
0.5RF + Filter cake	90.9	93.5	92.2a	cv (b)	= 18.9%
P-mean	73.6	77.4			

หมายเหตุ ^{1/4} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

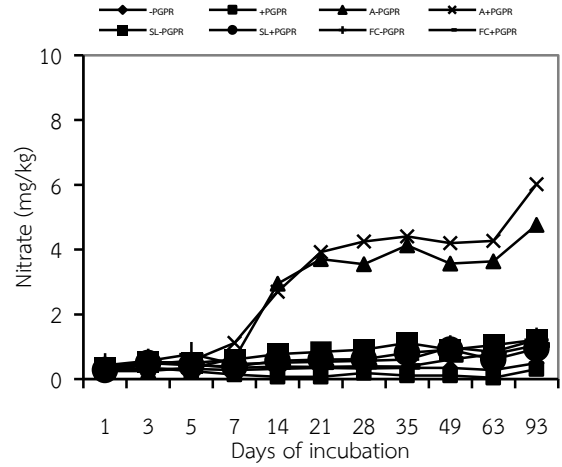
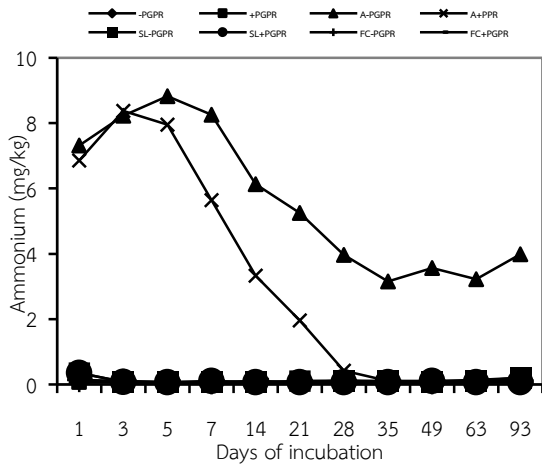
ตารางที่ 19 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

Treatment (T)	Exchangeable K (mg/kg)		T-mean	Statistics
	-PGPR	+PGPR		
Control	67.1	64.5	65.8b	PGPR (P) = <1
Recommended Fertilizer	77.7	73.1	75.4a	Treatment (T) = *
0.5RF + Ami-ami	65.9	73.9	69.9ab	PXT = ns
0.5RF + Dairy slurry	66.9	69.9	68.4b	cv (a) = 31.5%
0.5RF + Filter cake	71.8	71.2	71.5ab	cv (b) = 10.5%
P-mean	69.9	70.5		

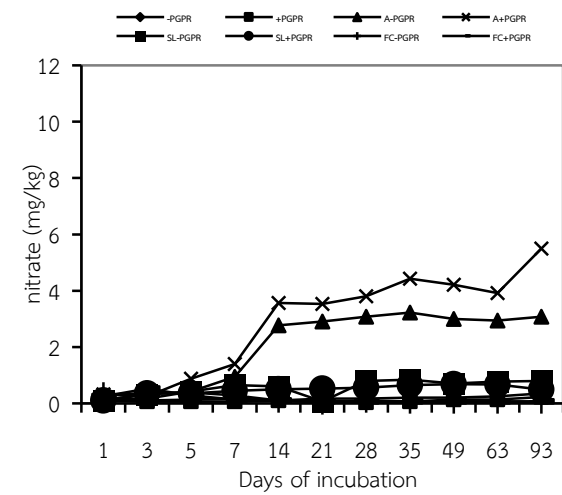
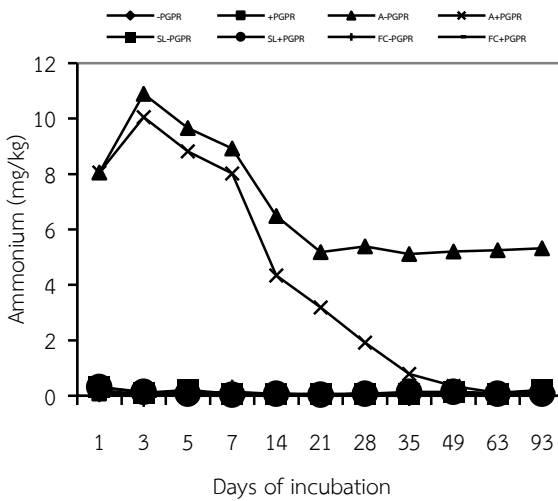
หมายเหตุ ^{1/4} ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

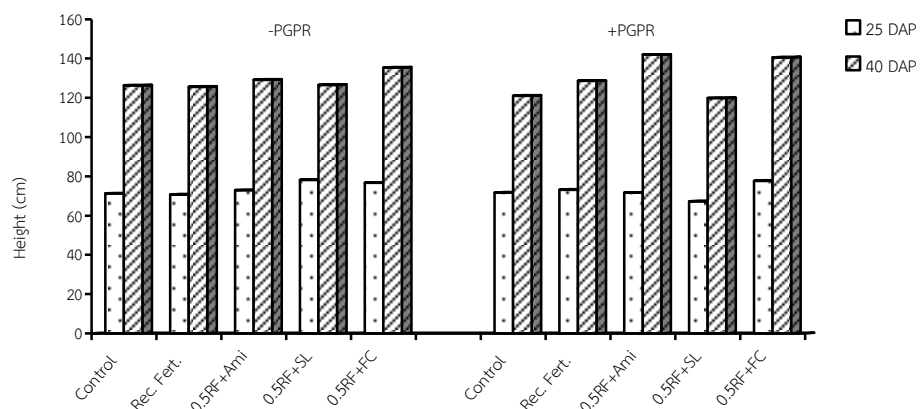
Treatment (T)	ผลผลิต	ผลผลิต	มูลค่า	มูลค่า	VCR
	(กิโลกรัมต่อไร่)	เพิ่ม (กิโลกรัมต่อไร่)	ผลผลิตเพิ่ม (บาทต่อไร่)	ปุ๋ยที่ใช้ (บาทต่อไร่)	
Control	345.6	-	-	-	-
Recommended Fertilizer	375.0	29.4	529	1,077	-0.5
0.5RF + Ami-ami	356.8	11.2	202	755	-0.3
0.5RF + Dairy slurry	424.7	79.1	1,424	729	2.0
0.5RF + Filter cake	435.1	89.5	1,611	1,258	1.3



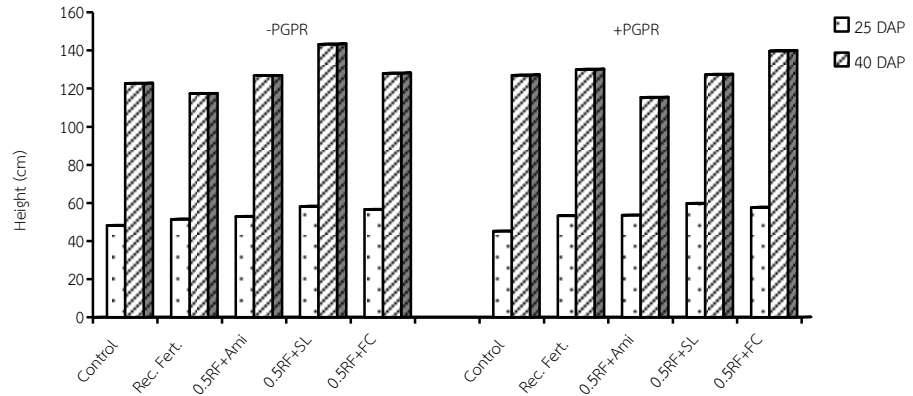
ภาพที่ 1a และ 1b การปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระยะเวลา 1-93 วันในปี 2554



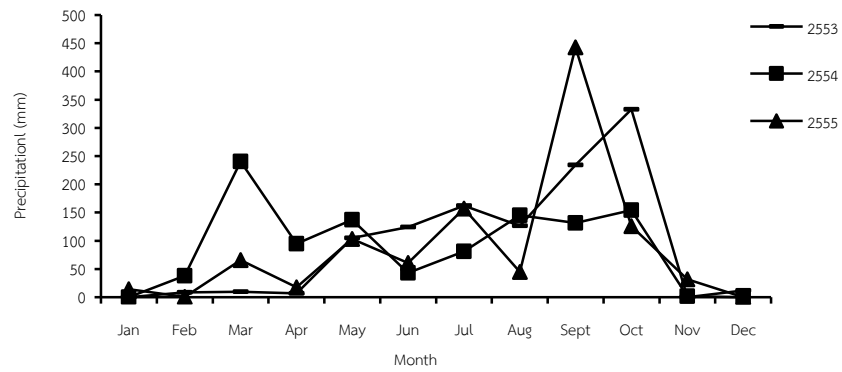
ภาพที่ 2a และ 2b การปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระยะเวลา 1-93 วันในปี 2555



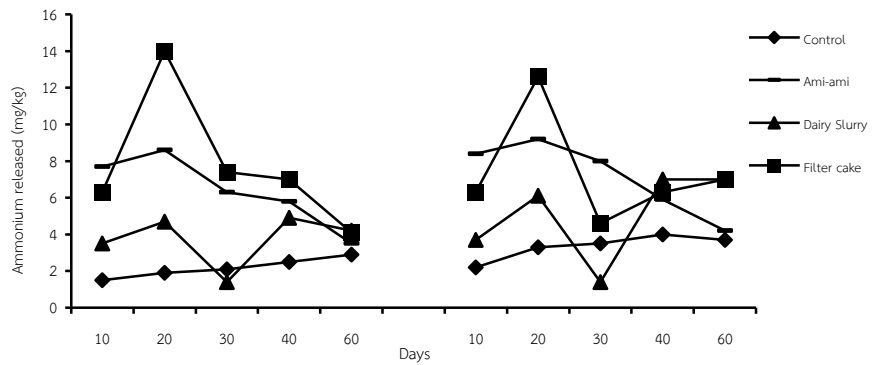
ภาพที่ 3 ความสูงต้นข้าวโพดที่ระยะ 25 และ 40 วันหลังปลูก ในปี 2554



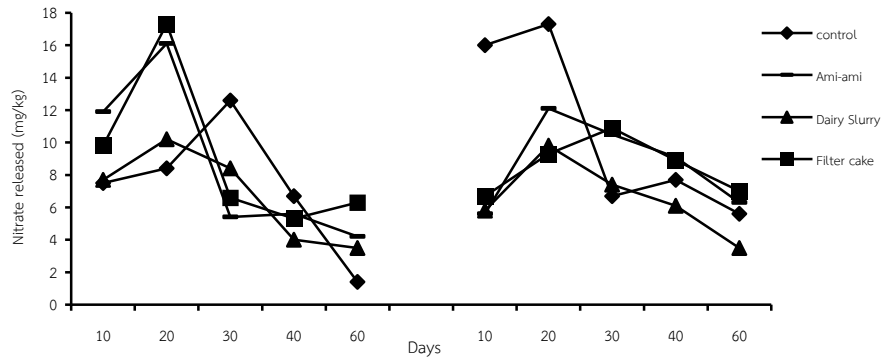
ภาพที่ 4 ความสูงต้นข้าวโพดที่ระยะ 25 และ 40 วันหลังปลูก ในปี 2555



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตร) ของจังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับลึก 0-20 เซนติเมตร



ภาพที่ 7 ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระดับลึก 0-20 เซนติเมตร

12. เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 547 หน้า.

จรงค์ษ์ จันท์เจริญสุข ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ วัลลีย์ ปัญญารินทร์ และสุเทพ ทองแพ. 2533. การใช้วัสดุเหลือใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. หน้า 6-34 ใน: รายงานการวิจัยการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินเขตร้อน ปี 2533. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2551. ลักษณะและสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนสมนต์ กุลการ์ณย์เลิศ ชัยสิทธิ์ ทองจุก และศุภชัย อ่ำคา. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเมนต์ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่1 ฉบับที่1

วัลย์กานต์ เจียมเจตจรรยา วิรัช สุขสรายุและสมศักดิ์ เกาทอง. 2549. การศึกษาวิจัยการจัดการเพิ่มผลผลิตพืชอาหารสัตว์ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมตำบลเขาชะงุ้ม I. การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของพืชอาหารสัตว์ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม. รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 14 - 40

วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์ จัตุรงค์ พิพัฒน์พิริยานนท์ วิญญู วงศ์อุบล. 2008. การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาในการผลิตข้าวโดยใช้ปุ๋ยเคมีและวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลทราย. Thai Rice Research Journal (2): 26-34.

AOAC. 1990. Official method of analysis of the association of official analytical chemists. Virginia, USA. 684 pp.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Bremner, J.B. (1996). Nitrogen-total In: Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods-

SSSA book series on 5. Chapter 37: 1085-1121.

- Chambers, B., N. Nicholson, K. Smith, B. Pain, T. Cumby and I. Scotford. 2007. Managing livestock manures. Spreading systems for slurries and solid manures.
<http://archive.defra.gov.uk/foodfarm/landmanage/landsoil/nutrient/documents/manure/livemanure3pt1.pdf> Accessed 2/8/2011.
- Navarro, A.F., J. Cegarra, A. Roig and D. Garcia. 1993. Relationships between organic matter and carbon contents of organic waste. *Bio-resource Technology*. 44:203-207.
- Peech, M. 1947. *Methods of Soil Analysis for Soil Fertility Investigation*. Circ. No.757. USDA. 1572p.
- Peech, M. 1965. Hydrogen Ion Activity. pp. 914-926. In C.A. Black, D. D. Evans, L. E. Ensminger, and F.E. Clark (eds.). *Method of Soil Analysis*. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. USA.
- Powell, J. M., W. E. Jokela, and T. H. Misselbrook. 2011. Dairy slurry application method impacts ammonia emission and nitrate leaching in no-till corn silage. *J. Environ. Qual.* 40:383–392.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin
- Meisinger J.J. and W.E. Jokela. 2000. Ammonia volatilization from dairy and poultry manure. *Managing nutrient and Pathogens from Animal Agriculture .In* Stevens R.J. and R.J. Laughlin . 1997. The impacts of cattle slurry and their management on ammonia and nitrous oxide emissions from grass land. *Gaseous nitrogen emissions from grassland .(Eds)* S.C. Jarvis and B.f. Pain. Pp. 233-256 CAB Internat. Oxon UK.
- Walkey 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.