

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาแบบการจัดการดิน ปุ๋ยเพื่อการผลิตพืช กรณีศึกษา : ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
กิจกรรม : การศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ย เพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือ
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ เพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มดินร่วน จังหวัดเพชรบูรณ์
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Study on Cropping Systems with Fertilizer and Organic Material Management for Corn Production on Loam Soil in Phetchabun Province
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวสายน้ำ อุดพ้วย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน : นางสาวปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายพีรพงษ์ เชาวนพงษ์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวรมิดา ชันตรีกรม กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวเพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์

5. บทคัดย่อ

แนวทางการปรับปรุงบำรุงดิน โดยการจัดการดินและปุ๋ยให้เหมาะสม จะช่วยฟื้นฟูสมบัติดิน เมื่อมีการปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน มีการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากพื้นที่ในรูปผลผลิต จำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยผสมผสานกับการจัดการดินด้วยการปลูกพืชหมุนเวียน เช่น การปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมด้วย เพื่อปรับปรุงสมบัติดิน รักษาดินไม่ให้เสื่อม และส่งเสริมให้ดินมีคุณภาพดี เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่กลุ่มดินร่วน ดำเนินการทดลองที่ไร่นาเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์ ภายใต้สภาวะอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 – กันยายน พ.ศ. 2561 วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 6 ซ้ำ เลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3 เป็นพันธุ์ทดลองประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ รูปแบบการจัดการดิน ได้แก่ 1) ไม่ปลูกถั่วเขียว ปลูกข้าวโพดและสับกลบต้นใบข้าวโพด และ 2) ปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วสับกลบ ปลูกข้าวโพดและสับกลบต้นใบข้าวโพด ร่วมกับปัจจัยรอง คือ

รูปแบบการจัดการปุ๋ย มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน ในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์

ผลการศึกษา พบว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบและการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีต่าง ๆ ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงต้นแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกันกับผลผลิต พบว่า ในฤดูปลูกที่ 1 กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์ ให้ผลผลิตมากที่สุด เฉลี่ย 941 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ ให้ผลผลิต เฉลี่ย 837 และ 824 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตต่ำสุด เฉลี่ย 543 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับฤดูปลูกที่ 2 กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 826 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุนในรูปอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (Benefit to Cost Ratio : BCR) ทั้งสองฤดูปลูก ปี 2560/2561 พบว่า การจัดการดินที่มีการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ฤดูปลูกที่ 1 มีค่า BCR มากที่สุด เท่ากับ 2.25 ส่วนฤดูปลูกที่ 2 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียวร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด มีค่า BCR เท่ากับ 2.07 สำหรับสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวนั้น รูปแบบการจัดการดินทั้งสองรูปแบบและการใช้ปุ๋ยทำให้สมบัติทางเคมีของดินแตกต่างกันเล็กน้อย โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวยังทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง (6.6 เป็น 6.3) และการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานร่วมกับวัสดุอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้ จาก 1.40 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นระบบการปลูกพืชหมุนเวียนถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน จึงเป็นวิธีการลดการสูญเสียของธาตุอาหารในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่อการผลิตพืชมีความยั่งยืน

Abstract

This research aims to study and find out the suitable cropping system and fertilizer applications with organic materials to increase corn production and maintain soil productivity in a farmer's field. The trial was done on clay loam soil at Phetchabun province, during 2017 - 2018 (two years) which was cultivated on field crop with various cropping systems under rain-

fed condition. The experimental design was split plot in a randomized complete block with six replications and Nakhon Sawan 3 variety as a selective variety for this trial. Main plot as two cropping systems were a monoculture as a corn planting (M1) and a sequential cropping as mung bean - corn planting (M2). Sub plot as a fertilizer applications with 4 levels were 1.) control (Without fertilization) 2.) 15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai as 100% of the fertilizer recommended rate based on soil analysis 3.) 7.5-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai+ chicken manure 700 kg Dry weight/rai and 4.) 7.5-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai+ chicken manure 700 kg Dry weight/rai + PGPR bio fertilizer.

The results showed that both types of soil management as cropping systems and fertilizer applications in different methods was effected the growth of maize which yield has similar results. It was found that in the first growing season, fertilizer rate at 7.5-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai + chicken manure + PGPR bio fertilizer gave the highest yield at 941 kg/rai followed by the fertilizer application according to soil analysis rate at 15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai and at 7.5-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai+ chicken manure gave an average yield of 837 and 824 kg/rai, respectively. The lowest yield is 543 kg/rai without fertilization. As for the second growing season, fertilizer rate at 15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai gave the highest yield of 826 kg/rai. However, when analyzing the value for investment in form of Benefit to Cost Ration (BCR) for both planting seasons 2017/2018. It was found that the management of soil with sequential cropping (mung beans - corn) with fertilizer rate at 15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai gave the highest return on investment is BCR equal to 2.25 in the first year while the second year was different. It found that monoculture with fertilizer rate at 15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai gave the highest return on investment is BCR equal to 2.07. For the soil chemical properties after harvested was found that cropping system and fertilizer applications was caused slightly different on soil properties. Applying only chemical fertilizer (15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai) decreased the soil pH (6.6 to 6.3) and using integrated fertilizer as chemical fertilizer with organic materials and bio fertilizer increased the amount of organic matter in soil (1.40 percent to 1.70 percent) when have suitable managed on cropping system and fertilizer application for corn production in long-term study. It should be more concerned.

6. คำนำ

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ข้าวโพด (*Zea mays* L.) ปลูกได้ในดินหลายชนิด แต่เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และดินร่วนเหนียว มีความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.0 – 8.0 ที่มีการระบายน้ำดี และมีความเค็มต่ำ การขาดน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดลดลง การขาดน้ำในระยะการเติบโตไม่อาศัยเพศ (vegetative stage) ทำให้ใบเล็ก ลำต้นเล็กเตี้ย และรากสั้น และการขาดน้ำในระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stage) เมื่อเริ่มออกไหมได้ประมาณ 2 สัปดาห์ จะกระทบต่อการถ่ายเรณู ทำให้จำนวนเมล็ดในฝักน้อย หากขาดน้ำในช่วงพัฒนาเมล็ด ทำให้เมล็ดเล็กและปลายฝักไม่มีเมล็ด (ยงยุทธ, 2556) เมื่อการเพาะปลูกพืชในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงสูงต่อเนื่องเป็นเวลานาน ขาดการจัดการดินที่เหมาะสมกับดินแต่ละชนิด มีการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน หรือธาตุอาหารถูกนำออกไปกับผลผลิต ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเสื่อมลง ศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินต่ำ ทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยในปริมาณมากขึ้น ย่อมทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลง เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ได้ผลผลิตเหมาะสม ควรมีการจัดการดินและปุ๋ยให้เหมาะสมบนพื้นฐานการเลือกใช้ทรัพยากร วัสดุอินทรีย์ที่มีในท้องถิ่น ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ ผสมผสานผลิตพืช ช่วยทำให้สมบัติของดินดีขึ้น (Zublena, 1991) การปกป้องดินไม่ให้เสื่อมและส่งเสริมให้ดินมีคุณภาพดี เป็นกุญแจสำคัญนำไปสู่ความสำเร็จในการจัดการทรัพยากรทุกอย่าง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง สามารถตอบสนองธาตุอาหารพืชที่มาจากดินได้ครบทุกธาตุ เพียงพอและสมดุลตามความต้องการพืช และการเพิ่มผลผลิตภาพดิน ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อผลิตอาหารคุณภาพดีอย่างเพียงพอแก่ประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2557) ซึ่งพืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ดี ดินมีผลผลิตภาพสูง (ยงยุทธ, 2556) แต่โดยทั่วไปพืชปลูกในพื้นที่การเกษตรมักขาดธาตุอาหาร หากใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องจะแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารตรงจุด โดยการจัดการธาตุอาหารในการผลิตพืชนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะดินและสภาพภูมิอากาศในแต่ละแหล่ง (ประพิศ และคณะ, 2549) สำหรับการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนใหญ่ปลูกในดินเขตร้อน (tropical soils) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดิน ธาตุอาหารในปุ๋ยมีโอกาสสูญเสียได้หลายทาง ทั้งการระเหยเป็นก๊าซ การชะล้างลงไปในดิน เปลี่ยนรูปไปเป็นอย่างอื่นที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ และถูกตรึงไว้ในดิน ประกอบกับต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น เช่น ปัจจัยการผลิตด้านปุ๋ย ทำให้กำไรที่ได้จากเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง เพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว การจัดการธาตุอาหารแบบผสมผสานร่วมกับระบบการปลูกพืชตามกัน (Sequential cropping) ร่วมกับการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อลดความเสื่อมโทรมด้านธาตุอาหารในดิน และยับยั้งความต่อเนื่องของวงจรชีวิตศัตรูพืช (Kanna et al., 2013) ระบบการปลูกถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นระบบการปลูกพืชที่ค่อนข้างเหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการปลูกพืชชนิดเดียว (Monoculture) เพราะถั่วเขียวมีเชื้อไรโซเบียมอาศัยอยู่บริเวณราก ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ในการสร้างชีวมวลได้ เมื่อมีการไถกลบเศษซากต้นถั่วเขียว ทำให้มีไนโตรเจนเพิ่มเติมลงไปในดิน

จึงอาจทำให้ลดปริมาณการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ จึงน่าจะเป็นทางเลือกแนะนำเกษตรกรให้สามารถผลิตในสภาพดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ Bationo et al. (1998) พบว่าการปลูกพืชตระกูลถั่วแซมและปลูกหมุนเวียนกับการปลูกธัญพืชให้ประสิทธิภาพการผลิตดีกว่าการปลูกธัญพืชเพียงอย่างเดียว

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาดูการจัดการดินในรูปแบบของระบบการปลูกพืช 2 ชนิดในพื้นที่เดียวกันในรอบปี และการจัดการปุ๋ยจากการใช้ปุ๋ยผสมผสาน ดำเนินการทดลองในพื้นที่เนื้อดินร่วนเหนียว โดยปลูกถั่วเขียวเป็นพืชแรกในต้นฤดูฝน แล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากฤดูฝนปกติเริ่มกลางเดือนพฤษภาคม ถึง กลางเดือนตุลาคม ทำให้มีเวลานานประมาณ 5 เดือน (อุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.) ดังนั้นเพื่อให้ได้รับผลประโยชน์ นอกจากจะได้ผลผลิตของถั่วเขียวแล้ว เศษซากต้นถั่วสามารถเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดิน สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่จะปลูกตามมา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียว เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว รักษาศักยภาพ และความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตพืชและลดต้นทุนการผลิตพืชเฉพาะพื้นที่

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3
2. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ทดลอง ได้แก่
 - 2.1 ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)
 - 2.2 ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0)
 - 2.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
3. วัสดุอินทรีย์ ได้แก่ มูลไก่เกลบ
4. ปุ๋ยชีวภาพ ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 1 (PGPR 1)
5. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและกำจัดวัชพืช ได้แก่ แลมบ์ดา ไซฮาโลทริน อะลาคลอร์และพาราควอต
6. อุปกรณ์ภาคสนาม สำหรับเก็บตัวอย่างดินและพืช ได้แก่ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแบบ Undisturbed core sample สว่านเก็บตัวอย่างดิน ถังพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน ถังกระดาษ ถังตาข่าย มีด กรรไกรตัดตัวอย่างพืช และเครื่องชั่ง
7. วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์ดินและพืชในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) เครื่องกลั่นไนโตรเจน เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (Atomic absorption spectrophotometer) เครื่องเขย่า และเตาย่อย (Digestion block)

8. สารเคมี สำหรับวิเคราะห์ดินและพืชในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดเปอร์คลอริก กรดไนตริกเพอร์สแอมโมเนียมซัลเฟต และโพแทสเซียมไดโครเมทแอมโมเนียมอะซิเตต

- วิธีการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot มีจำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยหลัก เป็น การจัดการดิน ได้แก่

- 1) ไม่ปลูกถั่วเขียว ปลูกข้าวโพดและสับกลบต้นใบข้าวโพด และ
- 2) ปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วสับกลบ ปลูกข้าวโพดและสับกลบต้นใบข้าวโพด

ปัจจัยรอง เป็น การจัดการปุ๋ย มี 4 กรรมวิธี ได้แก่

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (กรรมวิธีควบคุม)
- 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
- 3) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่
- 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

2. วิธีปฏิบัติงาน

สำรวจเลือกพื้นที่ ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ดำเนินการทดลองในไร่นาเกษตรกรรม อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ พิกัดที่ตั้งแปลง 47Q 745441^E 1846192^N ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 177 เมตร เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มรวมก่อนปลูก (Composite sample) ที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เนื้อดิน วิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) วัดค่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) ค่าการนำไฟฟ้า ใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 อินทรีย์วัตถุในดิน วิเคราะห์ด้วยวิธี Walkley and Black (Jackson, 1967) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ วิเคราะห์โดยการสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) วัดการเกิดสีตามวิธี molybdenum blue วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ วิเคราะห์โดยการสกัดดินด้วย 1N Ammonium Acetate, pH 7.0 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Chapman, 1965) เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2553) เตรียมแปลงทดลอง โดยมีขนาดแปลงย่อย

4.5 x 5 เมตร จำนวน 48 แปลงย่อย เตรียมพื้นที่ปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ก่อนปลูกคลุมเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำการปลูกถั่วเขียว ระยะปลูกถั่วเขียว 0.5 x 0.2 เมตร แปลงละ 9 แถว ๆ ละ 25 หลุม จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ปลูกถั่วเขียว ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยโรยกันร่อนพร้อมปลูก และเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในระยะเมล็ดเต่งเต็มที่อายุ 65 วัน ทำการไถสับกลบซาก พร้อมสูมเก็บดินวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดินหลังปลูกถั่วเขียว

ไถเตรียมดิน สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ใส่วัสดุอินทรีย์มูลไก่เกลบในกรรมวิธีทดลองที่ใช้มูลไก่เกลบ โดยทำการหว่านมูลไก่ก่อนปลูก 2 สัปดาห์ แล้วสับกลบคลุมเคล้าให้เข้ากับดิน เก็บตัวอย่างมูลไก่มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551) ก่อนปลูกคลุมเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในกรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระยะปลูก 0.75 x 0.2 เมตร แปลงละ 6 แถว ๆ ละ 25 หลุม จำนวน 1 ต้นต่อหลุม เกณฑ์กำหนดอัตราปุ๋ยได้จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ย สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร (2552) แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ใส่ครั้งแรกพร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยในโตรเจนครึ่งอัตราพร้อมกับปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมอัตรา รอกันร่อนตอนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามกรรมวิธีที่กำหนด และใส่ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีในโตรเจนที่เหลือครึ่งอัตรา เมื่อข้าวโพดอายุได้ 30 วัน โดยโรยทั้งสองข้างของแถวข้าวโพดแล้วพรวนดินกลบพร้อมพูนโคน กำจัดวัชพืช และหมั่นตรวจดูศัตรูข้าวโพดและโรคต่าง ๆ เก็บเกี่ยวผลผลิต ข้าวโพดที่อายุประมาณ 110 - 120 วัน พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 12 ตารางเมตร (เก็บเกี่ยวจากแถวกลาง 4 แถว เว้นแถวริม ข้างละ 1 แถว และหัวแปลงท้ายแปลง ข้างละ 2 และ 3 ต้น) นับจำนวนต้น ชั่งน้ำหนักต้นสด น้ำหนักฝักสด และสูมกะเทาะเมล็ดจากฝัก 10 ฝัก แล้ววัดความชื้นของเมล็ดด้วยเครื่องวัด หาเปอร์เซ็นต์กะเทาะ โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์กะเทาะ (\% Shelling)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด}}{\text{น้ำหนักฝัก}}$$

พร้อมทั้งสูมเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อย ที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT version 4.0 for Windows

คำนวณความคุ้มค่าต่อการลงทุน จากการวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (Benefit to Cost Ratio: BCR หรือ B/C) เป็นการวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับจากการเข้าดำเนินการทดลอง โดยคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างรายได้ต่อต้นทุนรวม ค่าวิกฤติของ BCR อยู่ที่ 1.0 ซึ่งหมายความว่า ถ้าค่า BCR มีค่ามากกว่า 1.0 แสดงว่า มีรายได้มากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นจากวิธีการนั้น กล่าวคือ มีกำไรเกิดขึ้น

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึก 0 – 20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าอินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เป็นต้น
2. ข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงของข้าวโพดที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว และความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน 60 วันและที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว
3. ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพด ได้แก่ จำนวนต้น น้ำหนักต้นสด น้ำหนักฝักสด เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด (% shelling) และผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (grain yield)
4. ผลวิเคราะห์พืช ปริมาณความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิต เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิต

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลาของผลงาน ตุลาคม 2559 – กันยายน พ.ศ. 2561

สถานที่ ไร่เกษตรกร จ.เพชรบูรณ์ และห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา
รูปแบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ย กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 สมบัติของดินก่อนการทดลอง

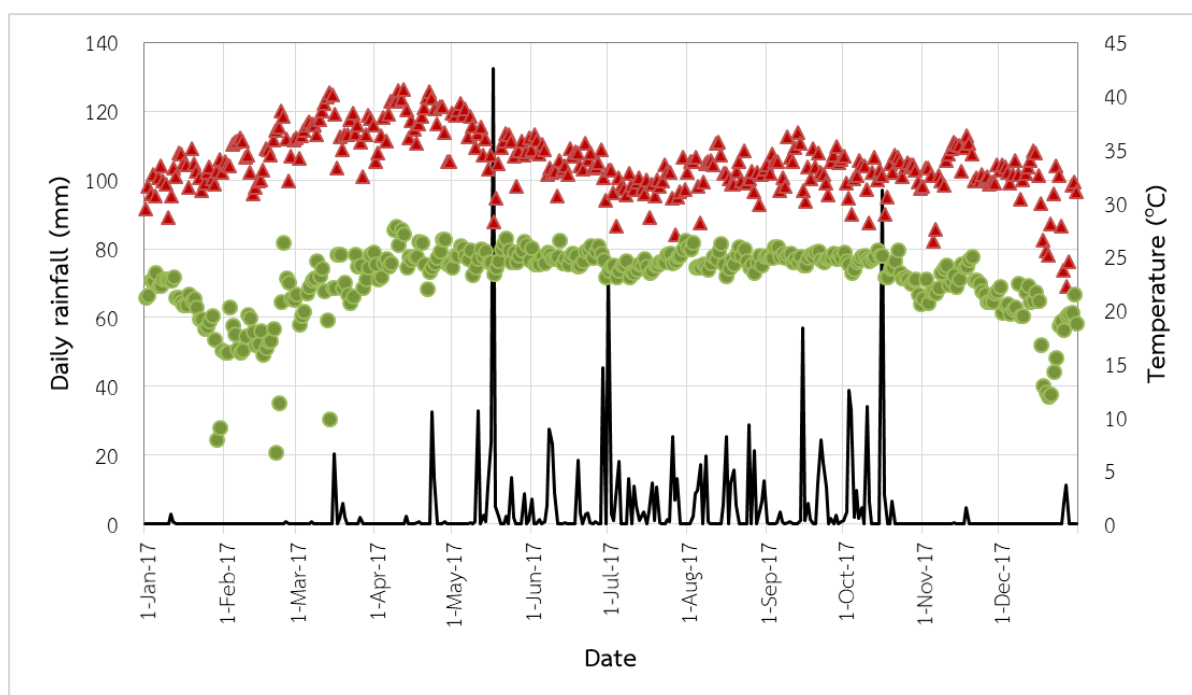
ผลวิเคราะห์สมบัติดินที่ใช้ทำการทดลองก่อนปลูก พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (Clay Loam) ความหนาแน่นรวมของดิน 1.58 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 6.6 เป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) 0.06 เดซิซีเมนต่อเมตร อยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 1.40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก สามารถประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวโพด อัตรา 0-3-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ จะเห็นว่า สมบัติของดินก่อนปลูก มีเนื้อดิน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนจัดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (กรมวิชาการเกษตร, 2552) (Table 1)

Table 1 Soil properties before planting corn at 0 – 20 cm depth

pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Texture	BD (g/cm ³)
6.6	0.06	1.40	25.0	120.0	Clay Loam	1.58

8.2 สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกถั่วเขียวและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากและกระจายตัวสม่ำเสมอ วันที่ 17 พฤษภาคม 2560 ก่อนปลูกถั่วเขียว 2 วันมีฝนตกในปริมาณมากถึง 132.3 มิลลิเมตร และได้มีฝนตกสม่ำเสมอ จึงทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินเพียงพอ สำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว หลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียวไปแล้ว มีฝนตกหนัก ดินมีน้ำสะสมมาก ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการไถเตรียมดินและใส่ปุ๋ยมูลไก่เกลือก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกถั่วเขียววันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 จนกระทั่งเก็บเกี่ยววันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เท่ากับ 350.1 มิลลิเมตร ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วันที่ 5 สิงหาคม 2560 ดินมีน้ำสะสมเพียงพอสำหรับการงอก และได้รับน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก โดยมีปริมาณน้ำฝนสะสมในเดือน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน เป็น 186.0, 144.0, 248.4 และ 5.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2560 จนกระทั่งเก็บเกี่ยววันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เท่ากับ 583.8 มิลลิเมตร (Figure 1)



— Daily rainfall ▲ Tmax ● Tmin

Figure 1 Daily rainfall and air temperature at Phetchabun meteorological station during January to December 2017.

Note: Planting date : Mung bean on 19 May 2017 and corn on 5 August 2017

Havesting date : Mung bean on 23 July 2017 and corn on 5 December 2017

Air temperature data was collected at Mueang district and located about 50 km from field trial.

Daily rainfall data was collected at Lomsak district and located about 15 km from field trial.

ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากและกระจายตัวสม่ำเสมอ วันที่ 1 พฤษภาคม 2561 มีฝนตกในปริมาณมากถึง 44.6 มิลลิเมตร จึงได้ทำการปลูกถั่วเขียว และได้มีฝนตกสม่ำเสมอ จึงทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินเพียงพอสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว เก็บเกี่ยวถั่วเขียววันที่ 4 กรกฎาคม 2561 ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วันที่ 20 กรกฎาคม 2561 ดินมีน้ำสะสมเพียงพอสำหรับการงอก และได้รับน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก โดยมีปริมาณน้ำฝนสะสมในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน เป็น 58.0 137.6 120.4 146.4 และ 59.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 จนกระทั่งเก็บเกี่ยววันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เท่ากับ 521.8 มิลลิเมตร (Figure 2)

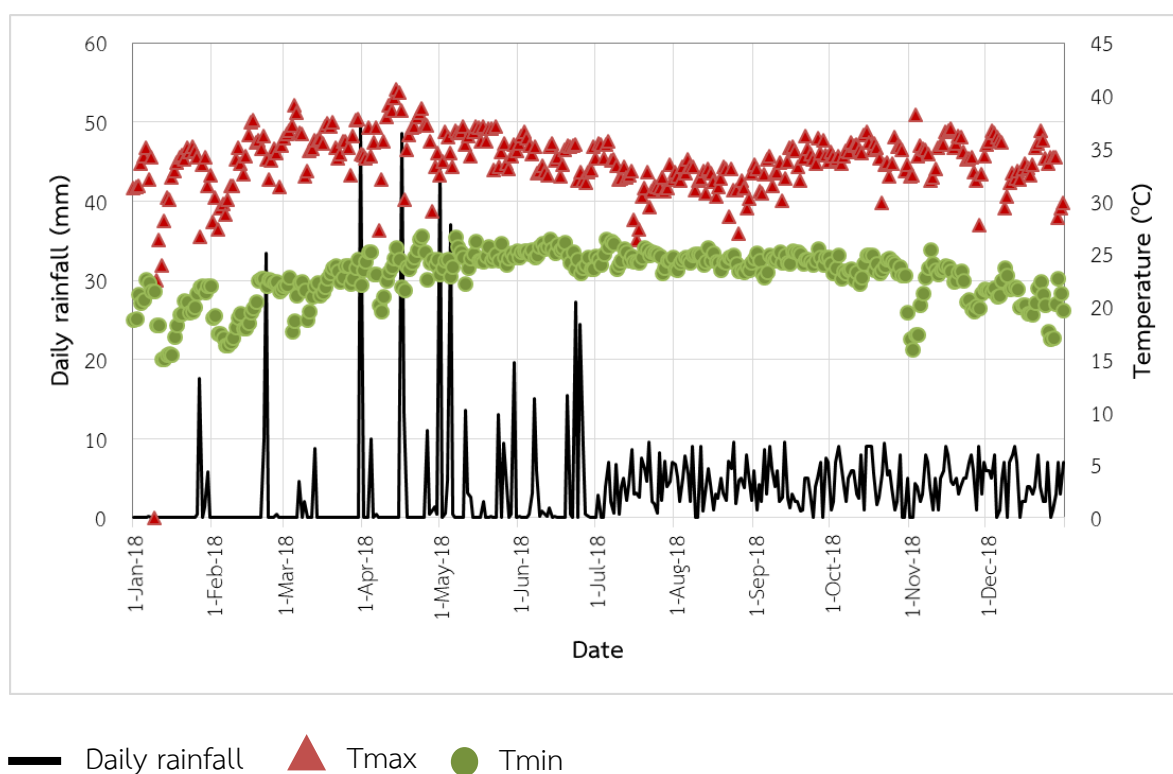


Figure 2 Daily rainfall and air temperature at Phetchabun meteorological station during January to December 2018.

Note: Planting date : Mung bean on 1 May 2018 and corn on 20 July 2018

Harvesting date : Mung bean on 4 July 2018 and corn on 15 November 2018

Air temperature data was collected at Mueang district and located about 50 km from field trial.

Daily rainfall data was collected at Lomsak district and located about 15 km from field trial.

8.3 สมบัติทางเคมีของมูลไก่

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์มูลไก่แกลบ ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 พบว่า มีปฏิกิริยา (pH) 7.51 เป็นด่างเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1.85 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อินทรีย์คาร์บอน 27.67 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ 47.70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 11.07 ความชื้น 26.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ในอัตรา 882 กิโลกรัมน้ำหนักสดต่อไร่ จะได้น้ำหนักแห้งเท่ากับ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 2.86 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.27 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใส่มูลไก่แกลบในอัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ คิดเป็น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 333.90 กิโลกรัม อินทรีย์วัตถุต่อไร่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 193.69 กิโลกรัมอินทรีย์คาร์บอนต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจน 17.50 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปริมาณฟอสเฟต 20.02 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และปริมาณโพแทช 1.89 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์มูลไก่แกลบ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า มีปฏิกิริยา (pH) 8.04 เป็นด่างปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 3.89 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อินทรีย์คาร์บอน 23.66 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ 47.70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) 11.60 ความชื้น 16.82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ในอัตรา 841 กิโลกรัมน้ำหนักสดต่อไร่ จะได้น้ำหนักแห้งเท่ากับ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.24 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.78 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใส่มูลไก่แกลบในอัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ คิดเป็น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 334.53 กิโลกรัมอินทรีย์วัตถุต่อไร่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 165.62 กิโลกรัมอินทรีย์คาร์บอนต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจน 14.28 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปริมาณฟอสเฟต 8.68 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และปริมาณโพแทช 5.46 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (Table 2)

Table 2 Properties of chicken manure in 2017/2018

Parameters	Value		Nutrient content of 700 kg DW/rai	
	2017	2018	2017	2018
Moisture	20.63 % wet basis	16.82 % wet basis	-	-
pH (1:5)	7.51	8.04	-	-
EC (1:10)	1.85 dS/m	3.86 dS/m	-	-
OM	47.70 %	47.79 %	333.90 kg OM/rai	334.53 kg OM/rai
OC	27.67 %	23.66 %	193.69 kg OC/rai	165.62 kg OC/rai
C/N ratio	11.07	11.60	-	-
Total N	2.50 %	2.04 %	17.50 kg N/rai	14.28 kg N/rai

Total P ₂ O ₅	2.86 %	1.24 %	20.02 kg P ₂ O ₅ /rai	8.68 kg P ₂ O ₅ /rai
Total K ₂ O	0.27 %	0.78 %	1.89 kg K ₂ O /rai	5.46 kg K ₂ O /rai

8.4 การเจริญเติบโต ผลผลิตของถั่วเขียว และสมบัติของดินหลังปลูกถั่วเขียว

ความสูงของถั่วเขียวที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ให้ความสูง เฉลี่ย 64.1 เซนติเมตร ให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วเขียว เฉลี่ย 285 กิโลกรัมต่อไร่ และสมบัติของดินหลังปลูกถั่วเขียว พบว่า ดินมีความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นกลาง (pH = 7.2) มีค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) เท่ากับ 0.05 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 119 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อไถกลบเศษซากถั่วเขียวที่ปลูกก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในพื้นที่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกตามหลัง โดยพบว่าต้นและใบถั่วเขียว ให้มวลน้ำหนักรวมเฉลี่ย 399 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของต้นถั่วเขียวมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 1.58 0.24 และ 1.91 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนของใบมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 3.18 0.23 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการไถกลบเศษซากต้นถั่วเขียว ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดิน (ต้นและใบ) ดังนี้ ไนโตรเจน 9.6 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.0 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 5.1 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 3)

Table 3 Nutrient concentration and uptake in different parts of mung bean in clay soil at Phetchabun in 2017.

Plant parts	Dry weight (kg/rai)	Nutrient concentration (%)			Nutrient uptake (kg/rai)		
		N	P	K	N	P	K
Stalk	194	1.58	0.24	1.91	3.1	0.5	3.7
Leave	205	3.18	0.23	0.69	6.5	0.5	1.4
Nutshell	40	0.96	0.07	0.75	0.4	0.0	0.3
Grain	96	4.31	0.44	0.48	4.1	0.4	0.5
Total	535				14.1	1.4	5.9

ความสูงของถั่วเขียวที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ให้ความสูง เฉลี่ย 70.6 เซนติเมตร ให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วเขียว เฉลี่ย 195 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อไถกลบเศษซากถั่วเขียวที่ปลูกก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ต้นและใบของถั่วเขียว ให้มวลน้ำหนักรวมเฉลี่ย 289 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของต้นถั่วเขียวมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.25 0.22 และ 6.40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนของใบมีความ

เข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.50 0.25 และ 2.10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการไถกลบเศษซากต้นถั่วเขียว ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดิน (ต้นและใบ) ดังนี้ ไนโตรเจน 1.04 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.66 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 12.97 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 4)

Table 4 Nutrient concentration and uptake in different parts of mung bean in clay soil at Phetchabun in 2018.

Plant parts	Dry weight (kg/rai)	Nutrient concentration (%)			Nutrient uptake (kg/rai)		
		N	P	K	N	P	K
Stalk	160	0.25	0.22	6.40	0.39	0.34	10.25
Leave	129	0.50	0.25	2.10	0.65	0.32	2.72
Nutshell	149	0.20	0.12	1.78	0.29	0.18	2.66
Grain	109	0.87	0.52	1.12	0.96	0.56	1.22
Total	547				2.30	1.41	16.85

8.5 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

8.5.1 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วัน

การจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ไม่ได้ปลูกถั่วเขียวก่อน และมีการปลูกถั่วเขียวก่อน ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วันแตกต่างกันทางสถิติ และมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยการปลูกถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน $\frac{1}{2}$ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-5-5 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิวส์ที่มี ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด (121 เซนติเมตร) รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ความสูงต้น เฉลี่ย 113 เซนติเมตร หากไม่ปลูกถั่วเขียวเลย (ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว) และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต่ำที่สุด (92 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ต้นข้าวโพดให้ความสูงต้น มากกว่า 106 เซนติเมตร

สำหรับความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ที่อายุ 30 วัน ในดินร่วนเหนียว ให้ผลในทำนองเดียวกันกับปีที่ 1 คือการจัดการดินที่มีการปลูกถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้ความสูงของข้าวโพดมากกว่าการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว เมื่อพิจารณากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ พบว่า ให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมี

นัยสำคัญ โดยการไม่ใส่ปุ๋ยเลยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง ให้ความสูงเพียง 72 เซนติเมตรเท่านั้น ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ ให้ความสูงใกล้เคียงกัน ระหว่าง 83 – 85 เซนติเมตร (Table 5)

จากการปลูกข้าวโพดทั้งสองฤดูปลูก จะเห็นว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบและการจัดการปุ๋ยในรูปแบบต่าง ๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วัน

Table 5 Plant height at 30 days (cm) after planting under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems		Avg. (F)	Cropping systems		Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017			(C) 2018			
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	92 c	106 b	99	69	75	72 b	86
15-5-5	104 b	113 ab	109	79	86	83 a	96
7.5-5-5 + Chicken manure	107 b	108 b	107	79	87	83 a	97
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	97 bc	121 a	109	83	87	85 a	97
Average (C)	100	112	106	78 b	84 a	81	94
F-test (Cropping systems)		**			*		
F-test (Fertilizer)		*			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		*			ns		
CV (C)		6.5 %			10.6 %		
CV (F)		8.5 %			8.6 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

8.5.2 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 60 วัน

การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้านความสูงต้นที่อายุ 60 วัน ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว ให้ผลในทำนองเดียวกันความสูงข้าวโพดที่อายุ 30 วัน พบว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพด โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีรูปแบบการจัดการโดยไม่ปลูกถั่วเขียว ให้ความสูงต้น (185 เซนติเมตร) ต่ำกว่าการปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพด ให้ความสูงต้น เฉลี่ย 207 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีต่าง ๆ ให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้นต่ำสุด (178 เซนติเมตร) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ความสูงต้นมากที่สุด (207 เซนติเมตร) แต่ก็ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับมูลไก่ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับ

มูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ให้ความสูงต้นเท่ากัน (200 เซนติเมตร) และไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อความสูงระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ

ส่วนความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ที่อายุ 60 วัน ปลูกในดินร่วนเหนียว พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้ความสูงแตกต่างกัน และอัตราปุ๋ยต่าง ๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด (189 เซนติเมตร) ตามลำดับ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตรา ให้ความสูงใกล้เคียงกัน (217-219 เซนติเมตร) แสดงว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพด ส่วนการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ความสูงต้นมากที่สุด (224 เซนติเมตร) (Table 6)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 60 วัน ทั้งสองฤดูปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ความสูงมากที่สุดทั้งสองฤดูปลูก

Table 6 Plant height at 60 days (cm) after planting under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems (C) 2017		Avg. (F)	Cropping systems (C) 2018		Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	167	188	178 b	188	191	189 c	184
15-5-5	200	213	207 a	219	228	224 a	216
7.5-5-5 + Chicken manure	192	208	200 a	210	223	217 b	209
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	181	218	200 a	214	223	219 b	210
Average (C)	185 b	207 a	196	208 b	216 a	212	204
F-test (Cropping systems)		**			*		
F-test (Fertilizer)		*			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		*			ns		
CV (C)		6.5 %			10.6 %		
CV (F)		8.5 %			8.6 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

8.5.3 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว

ความสูงของข้าวโพดในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว ให้ผลทำนองเดียวกันกับความสูงต้นของข้าวโพดที่อายุ 30 และ 60 วัน พบว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบทำให้ความสูงต้นของข้าวโพดแตกต่างกัน และมีความสัมพันธ์กันโดยการปลูกถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-5-5 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์อาร์ที่มี ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด (246 เซนติเมตร) รองลงมาเป็น การใส่ปุ๋ยอัตรา 7.5-5-5 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ ให้ความสูงต้น เฉลี่ย 243 เซนติเมตร หากไม่ปลูกถั่วเขียวเลย และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต่ำที่สุด (215 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ให้ความสูงต้น มากกว่า 221 เซนติเมตร

ส่วนฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ให้ความสูงแตกต่างกัน และการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด (190 เซนติเมตร) ตามลำดับ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยนั้น ให้ความสูงใกล้เคียงกัน แสดงว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพด ดังนั้นจะเห็นว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อข้าวโพดไม่ได้รับปุ๋ยทำให้การเจริญเติบโต เช่น ความสูงลดลง (Table 7)

Table 7 Plant height at harvest (cm) after planting under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg. (F)	(C) 2018		Avg. (F)		
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn			
Without fertilization	215 c	221 bc	218	188	191	190 c	204	
15-5-5	229 b	228 b	229	219	229	224 a	227	
7.5-5-5 + Chicken manure	222 bc	243 a	233	210	224	217 b	225	
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	219 c	246 a	233	214	225	220 ab	227	
Average (C)	221	235	228	208 b	217 a	213	221	
F-test (Cropping systems)		**			*			
F-test (Fertilizer)		**			**			
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		**			ns			
CV (C)		2.0 %			4.5 %			
CV (F)		3.3 %			3.1 %			

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

8.6 องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

8.6.1 จำนวนต้น

การจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ให้จำนวนต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างกัน โดยการปลูกก่อนข้าวโพด ให้จำนวนต้น (11,228 ต้นต่อไร่) มากกว่าการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ในขณะที่การจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีต่าง ๆ ให้จำนวนต้นแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ ซึ่งการจัดการดินทั้งสองรูปแบบทั้งการไม่ปลูกถั่วเขียวและการปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพด กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ให้จำนวนต้นต่ำสุด (10,322 ต้นต่อไร่) ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับมูลไก่ ที่ให้จำนวนต้นมากที่สุด เฉลี่ย 11,867 ต้นต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิวอาร์ ให้จำนวนต้น เฉลี่ย 11,211 และ 11,445 ต้นต่อไร่ (Table 8)

ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 การจัดการดินทั้งสองรูปแบบไม่มีผลต่อจำนวนต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นระบบการปลูกพืชและการใส่ปุ๋ยด้วยวิธีต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณจำนวนต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Table 8 Stand count (plant/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems (C)			Cropping systems		Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	2017		Avg.(F)	(C) 2018			
	Corn	Mung		Corn	Mung		
		bean - Corn			bean - Corn		
Without fertilization	10,089	10,556	10,322 b	9,098	8,967	9,032	9,677
15-5-5	11,000	11,423	11,211 a	8,523	8,941	8,732	9,972
7.5-5-5 + Chicken manure	11,245	12,489	11,867 a	8,941	9,019	8,980	10,424
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	11,089	11,800	11,445 a	9,673	8,686	9,180	10,313
Average (C)	10,856 b	11,228 a	11,211	9,059	8,904	8,981	10,096
F-test (Cropping systems)		*			ns		
F-test (Fertilizer)		**			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns			ns		
CV (C)		6.6 %			10.7 %		
CV (F)		8.8 %			8.7 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

8.6.2 น้ำหนักต้นสด

น้ำหนักต้นสดที่ได้รับการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 นั้นคือ การปลูกและไม่ปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกถั่วก่อนข้าวโพด ให้น้ำหนักต้น (1,136 กิโลกรัมต่อไร่) และการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ให้น้ำหนักต้นแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักต้นสูงสุด แต่ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับมูลไก่ และสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ (Table 9)

ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า น้ำหนักต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ให้น้ำหนักต้นไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทุกกรรมวิธี ให้น้ำหนักต้นแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O โดยมีน้ำหนักต้นเฉลี่ยสูงสุด 1,650 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด ที่ 1,136 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจะเห็นว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อน้ำหนักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อข้าวโพดไม่ได้รับปุ๋ย การเจริญเติบโตจะลดลง ให้น้ำหนักต้นต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ

Table 9 Stalk fresh weight (kg/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. (F) 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018		Avg. (F)	
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	1,003	1,014	1,009 b	1,132	1,139	1,136 c	1,073
15-5-5	1,175	1,332	1,253 a	1,725	1,575	1,650 a	1,452
7.5-5-5 + Chicken manure	1,118	1,098	1,108 ab	1,637	1,451	1,544 ab	1,326
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	1,040	1,305	1,173 b	1,610	1,254	1,432 b	1,303
Average (C)	1,084 b	1,188 a	1,136	1,526	1,355	1,440	1,288
F-test (Cropping systems)		*			ns		
F-test (Fertilizer)		*			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns			ns		
CV (C)		7.9 %			22.5 %		
CV (F)		15.0 %			13.4 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

8.6.3 น้ำหนักฝักสด

น้ำหนักฝักสดที่ได้รับการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 นั้นคือ การปลูกและไม่ปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกถั่วก่อนข้าวโพด ให้น้ำหนักฝักสด (1,107 กิโลกรัมต่อไร่) และการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ให้น้ำหนักฝักสดแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ให้น้ำหนักฝักสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ และการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ (Table 10)

ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้น้ำหนักฝักสดไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทุกกรรมวิธี ให้น้ำหนักฝักสดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O โดยมีน้ำหนักฝักสดเฉลี่ยสูงสุด 1,303 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด ที่ 690 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจะเห็นว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อน้ำหนักฝักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่อข้าวโพดไม่ได้รับปุ๋ย การเจริญเติบโตจะลดลง ทำให้น้ำหนักฝักต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ

Table 10 Ears fresh weight (kg/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. 2 yrs (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018		Avg. (F)	
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	616	764	690 b	694	685	690 c	690
15-5-5	951	1,153	1,052 a	1,375	1,231	1,303 a	1,178
7.5-5-5 + Chicken manure	1,011	1,109	1,060 a	1,198	1,005	1,101 b	1,081
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	1,047	1,400	1,223 a	1,188	1,163	1,176 b	1,200
Average (C)	906 b	1,107 a	1,006	1,114	1,021	1,068	1,037
F-test (Cropping systems)		*			ns		
F-test (Fertilizer)		**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns			ns		
CV (C)		21.1 %			31.1 %		
CV (F)		26.2 %			10.3 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

8.6.4 เปอร์เซ็นต์กะเทาะ

เปอร์เซ็นต์กะเทาะภายใต้การจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียวให้ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ (84 %) ซึ่งสูงกว่าการปลูกถั่วเขียวก่อน ที่ 82.8 % แต่เมื่อมีการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุด แต่ไม่ต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ นอกจากนั้นไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ (Table 11) ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 เปอร์เซ็นต์กะเทาะให้ผลในทำนองเดียวกันกับปีที่หนึ่ง การใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ

Table 11 Shelling (%) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems (C) 2017			Cropping systems (C) 2018			Avg.
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg. (F)	2 yrs.
							(F)
Without fertilization	82.8	83.2	82.5 b	74.8	78.1	76.4 b	79.5
15-5-5	84.8	84.0	84.4 a	78.0	80.0	79.0 a	81.7
7.5-5-5 + Chicken manure	83.6	82.3	82.9 b	81.0	78.2	79.6 a	81.3
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	83.6	82.8	83.2 ab	78.5	78.2	78.3 ab	80.8
Average (C)	84.0 a	82.8 b	83.3	78.1	78.6	78.3	80.8
F-test (Cropping systems)		*			ns		
F-test (Fertilizer)		*			*		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns			ns		

CV (C)	1.2 %	2.0 %
CV (F)	1.7 %	3.5 %

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.6.5 ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซนต์

การจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซนต์ แตกต่างกัน การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิต 705 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าการปลูกถั่วเขียวก่อน 866 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณารูปแบบการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีต่าง ๆ ให้ผลในทำนองเดียวกันกับ จำนวนต้นสด น้ำหนักต้น และ น้ำหนักฝักสด กล่าวคือ หากไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซนต์ ต่ำสุด เพียง 543 กิโลกรัมต่อไร่ และ แตกต่างกับกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยแบบต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซนต์ อยู่ในช่วง 824 – 941 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ และปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์ มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซนต์ สูงสุด อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ (Table 12)

ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้น้ำหนักฝักสด ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 919 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตต่ำที่สุด ที่ 476 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจะเห็นว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อข้าวโพดไม่ได้รับปุ๋ย การเจริญเติบโตจะลดลง ทำให้ผลผลิตต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด ได้แก่ ปุ๋ย ไนโตรเจน ความชื้นดินและความเข้มของแสง ข้าวโพดจะให้ผลผลิตสูง เมื่อได้รับธาตุอาหารเพียงพอและสมดุลกัน การให้ปุ๋ยเพื่อเสริมธาตุที่พืชขาด จะช่วยให้การเจริญเติบโตดี (ยงยุทธ, 2556)

Table 12 Corn grain yield at 15% moisture content (kg/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018				
	Corn	Mung		Corn	Mung			
		bean - Corn			bean - Corn			
Without fertilization	485	601	543 b	470	482	476 c	510	
15-5-5	753	920	837 a	952	887	919 a	878	
7.5-5-5 + Chicken manure	781	866	824 a	862	706	784 b	804	

7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	803	1,079	941 a	834	818	826 b	884
Average (C)	705 b	866 a	786	779	723	751	806
F-test (Cropping systems)	*				ns		
F-test (Fertilizer)	**				**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns				ns		
CV (C)	20.2 %				31.6 %		
CV (F)	25.5 %				11.2 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.7 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

8.7.1 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของต้น

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ระบบการปลูกพืชมีผลต่อมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในต้น ยกเว้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงสุด (1.29 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาเป็นฟอสฟอรัส (0.21 เปอร์เซ็นต์) และไนโตรเจน (0.21 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการปุ๋ยมีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนในต้น กรรมวิธีที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์ ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด (Table 13) โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในต้น เฉลี่ย 0.21, 0.21 และ 1.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ ในโพแทสเซียม โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน (ถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงที่สุด

จากตารางที่ 14 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในพืช ซึ่งประเมินจากความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมกับน้ำหนักแห้ง พบว่า ระบบการปลูกพืชไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนของต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยมีปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในส่วนของต้น เป็น 0.94, 0.88 และ 5.71 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ

Table 13 Nutrient concentration (%) in corn stalk under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai)	Nutrient concentration (%) in corn stalk under different cropping systems								
	Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung	Avg(F)	Corn	Mung	Avg(F)	Corn	Mung	Avg(F)

	bean - Corn			bean - Corn			bean - Corn		
Without fertilization	0.17	0.16	0.17b	0.21	0.29	0.25	1.31bc	1.30 bc	1.30
15-5-5	0.18	0.30	0.24ab	0.23	0.17	0.20	1.16c	1.59 a	1.37
7.5-5-5 + Chicken manure	0.17	0.16	0.17b	0.15	0.23	0.19	1.14c	1.40 ab	1.27
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	0.27	0.24	0.25 a	0.13	0.26	0.19	1.22c	1.18 c	1.20
Avg(C)	0.20	0.21	0.21	0.18	0.24	0.21	1.21	1.37	1.29
F-test (Cropping systems)	ns			ns			*		
F-test (Fertilizer)	*			ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			**		
CV (C)	43.6			25.6			6.8		
CV (F)	34.9			34.4			10.4		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

Table 14 Nutrient content (kg/rai) in corn stalk under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Dry weight (kg/rai)			Nutrient content in corn stalk (kg/rai)								
				Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)
Without fertilization	483	382	432	0.84	0.64	0.74	0.89	1.09	0.99	6.33ab	4.91b	5.62
15-5-5	429	476	453	0.76	1.39	1.07	1.00	0.78	0.89	5.00b	7.59a	6.29
7.5-5-5 + Chicken manure	455	410	433	0.79	0.69	0.74	0.70	0.91	0.80	5.07b	5.75b	4.41
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	507	424	465	1.33	1.11	1.22	0.65	1.05	0.85	6.15b	4.86b	5.51
Avg(C)	468a	423b	446	0.93	0.96	0.94	0.81	0.96	0.88	5.64	5.78	5.71
F-test (Cropping systems)	**			ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			ns			*		
CV (C)	3.2			48.9			20.3			2.5		
CV (F)	13.8			42.2			24.9			15.4		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.7.2 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของใบ

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของใบที่ระยะเก็บเกี่ยว แสดงอยู่ในตารางที่ 15 พบว่า การจัดการดินทั้งสองระบบ มีผลต่อทั้งสองพันธุ์มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูง (1.17 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาเป็นไนโตรเจน (0.42 เปอร์เซ็นต์) และฟอสฟอรัส (0.19 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ ในไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน (ถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในใบในระบบการจัดการดินทั้งสองระบบไม่แตกต่างกัน ยกเว้นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยมีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบ เฉลี่ย 2.07, 0.91 และ 5.65 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ (Table 16) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ ในไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยกรรมวิธีที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพพืชฟัฟอาร์ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน (ปลูกข้าวโพดสัตัวอย่างเดียว) มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมในใบสูงที่สุด เป็น 2.93 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ 8.0 กิโลกรัม K ต่อไร่

Table 15 Nutrient concentration (%) in corn leave under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Nutrient concentration (%) in corn leave under different cropping systems								
	Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)
Without fertilization	0.32b	0.33b	0.33	0.22a	0.22a	0.22	1.12	0.94	1.03
15-5-5	0.36b	0.57a	0.47	0.19a	0.21a	0.20	1.08	1.43	1.26
7.5-5-5 + Chicken manure	0.42b	0.56a	0.49	0.14b	0.20a	0.17	1.15	1.06	1.11
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	0.48ab	0.34b	0.41	0.14b	0.21a	0.18	1.32	1.28	1.30
Avg(C)	0.40	0.45	0.42	0.17	0.21	0.19	1.17	1.18	1.17
F-test (Cropping systems)	ns			**			ns		
F-test (Fertilizer)	**			**			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	**			*			ns		
CV (C)	13.8			5.5			11.0		
CV (F)	20.1			13.7			18.7		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

Table 16 Nutrient content (kg/rai) in corn leave under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Dry weight (kg/rai)			Nutrient content in corn leave (kg/rai)								
				Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)
Without fertilization	464	361	413	1.52c	1.18d	1.35	0.98	0.78	0.88	5.32b	3.41c	4.37
15-5-5	464	505	484	1.69bc	2.84a	2.26	0.90	1.04	0.97	5.07b	7.20a	6.14
7.5-5-5 + Chicken manure	523	419	471	2.20ab	2.33ab	2.27	0.73	0.85	0.79	6.03ab	4.48bc	5.26
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	608	541	574	2.93a	1.87bc	2.40	0.86	1.14	1.00	8.00a	5.68b	6.84
Avg(C)	515	456	486	2.08	2.05	2.07	0.86	0.95	0.91	6.11	5.19	5.65
F-test (Cropping systems)	*			ns			*			**		
F-test (Fertilizer)	**			**			ns			*		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			**			ns			*		
CV (C)	8.4			20.9			6.9			5.2		
CV (F)	16.1			23.8			19.3			25.5		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.7.3 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของกาบฝัก

จากตารางที่ 17 พบว่า ระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันมีผลต่อมีความเข้มข้นของ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกาบฝัก แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการทั้งสองรูปแบบ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกาบฝัก เฉลี่ย 0.13, 0.20 และ 0.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในกาบฝัก พบว่า การจัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ มีผลต่อการดูดใช้ ไนโตรเจน แต่ไม่ผลต่อการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยมีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ

โพแทสเซียม เฉลี่ย 0.07, 0.10 และ 0.33 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ซึ่งจะเห็นว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในกาบฝักสูงที่สุด รองลงมาเป็นฟอสฟอรัส และไนโตรเจนตามลำดับ (Table 18)

Table 17 Nutrient concentration (%) in corn husk under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Nutrient concentration (%) in corn husk under different cropping systems								
	Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)
Without fertilization	0.09	0.13	0.11	0.20	0.25	0.22a	0.61	0.78	0.70a
15-5-5	0.12	0.17	0.14	0.19	0.20	0.20ab	0.56	0.70	0.63ab
7.5-5-5 + Chicken manure	0.15	0.14	0.15	0.18	0.21	0.20ab	0.57	0.73	0.65a
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	0.13	0.13	0.13	0.13	0.20	0.17b	0.55	0.58	0.57b
Avg(C)	0.12	0.14	0.13	0.17	0.22	0.20	0.57	0.70	0.64
F-test (Cropping systems)	ns			*			*		
F-test (Fertilizer)	ns			**			*		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			ns		
CV (C)	15.3			17.0			9.9		
CV (F)	29.5			14.7			11.6		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at p<0.05, ** = significant at p<0.01

Table 18 Nutrient content (kg/rai) in corn husk under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Dry weight (kg/rai)			Nutrient content in corn husk (kg/rai)								
				Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - (F)	Avg (F)	Corn	Mung bean - (F)	Avg (F)	Corn	Mung bean - (F)	Avg (F)	Corn	Mung bean - (F)	Avg (F)

	Corn			Corn			Corn			Corn		
Without fertilization	46	36	41	0.04	0.05	0.05b	0.09	0.09	0.09	0.29	0.28	0.28
15-5-5	52	47	50	0.06	0.07	0.07ab	0.12	0.08	0.10	0.28	0.32	0.30
7.5-5-5 + Chicken manure	52	56	54	0.08	1.00	0.09a	0.09	0.11	0.10	0.30	0.44	0.37
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	75	49	62	1.00	0.06	0.08ab	0.10	0.10	0.10	0.41	0.29	0.35
Avg(C)	56	47	52	0.07	0.07	0.07	0.10	0.10	0.10	0.32	0.33	0.33
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	ns			*			ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			ns			ns		
CV (C)	45.9			26.3			68.4			58.4		
CV (F)	31.1			23.5			44.1			36.0		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.7.4 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของซัง

การจัดการดิน (ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ มีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซัง แต่ไม่มีความแตกต่างในความเข้มข้นของไนโตรเจน โค มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซัง เฉลี่ย 0.17, 0.06 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 19)

เมื่อพิจารณาปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซัง พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซัง เฉลี่ย 0.07, 0.02 และ 0.16 กิโลกรัม N-P-K ต่อ (Table 20)

Table 19 Nutrient concentration (%) in corn cob under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Nutrient concentration (%) in corn cob under different cropping systems								
	Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)
Without fertilization	0.17	0.19	0.18	0.06bc	0.08a	0.07	0.38	0.48	0.43a
15-5-5	0.16	0.19	0.18	0.07b	0.07b	0.07	0.40	0.50	0.45a
7.5-5-5 + Chicken manure	0.17	0.16	0.16	0.06bc	0.07b	0.06	0.37	0.48	0.43a
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	0.18	0.16	0.17	0.05c	0.07b	0.06	0.28	0.43	0.35b
Avg(C)	0.17	0.17	0.17	0.06	0.07	0.06	0.36b	0.47a	0.42

F-test (Cropping systems)	ns	**	**
F-test (Fertilizer)	ns	**	*
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns	**	ns
CV (C)	11.2	5.2	8.0
CV (F)	15.2	8.7	14.2

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.7.5 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของเมล็ด

จากตารางที่ 21 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการดิน(ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ ในไนโตรเจน โดยกรรมวิธีที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟิวเจอร์ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน (ปลูกข้าวโพดสัตร้อยอย่างเดียว) มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด (0.72 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้พบว่า เมล็ดมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงสุด รองลงมา คือ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามลำดับ โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเมล็ดเฉลี่ย 0.58, 0.41 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 22 การจัดการดิน(ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในเมล็ดแตกต่างกัน โดยปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีค่าโดยเฉลี่ย 3.86, 2.65 และ 2.27 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ จะเห็นว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองพันธุ์มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุด รองลงมาเป็นฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามลำดับ

Table 20 Nutrient content (kg/rai) in corn cob under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Dry weight (kg/rai)			Nutrient content in corn cob (kg/rai)								
				Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)
Without fertilization	40	25	32c	0.07	0.05	0.06	0.02	0.02	0.02	0.15a	0.05b	0.10
15-5-5	44	44	44ab	0.07	0.09	0.08	0.03	0.03	0.03	0.17a	0.22a	0.20
7.5-5-5 + Chicken manure	38	35	37bc	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	0.15a	0.17a	0.16
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	52	44	48a	0.10	0.07	0.08	0.02	0.03	0.03	0.15a	0.19a	0.17
Avg(C)	43	37	40	0.08	0.07	0.07	0.02	0.03	0.02	0.15	0.16	0.16
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	*			ns			ns			**		
F-test (Cropping systems x	ns			ns			ns			**		

Fertilizer)				
CV (C)	30.6	35.0	31.7	51.7
CV (F)	22.4	31.6	31.5	28.8

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

Table 21 Nutrient concentration (%) in corn grain under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Nutrient concentration (%) in corn grain under different cropping systems								
	Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg(F)
Without fertilization	0.55b	0.51bc	0.53	0.42	0.40	0.41	0.37	0.36	0.37
15-5-5	0.55b	0.69a	0.62	0.42	0.41	0.41	0.36	0.35	0.36
7.5-5-5 + Chicken manure	0.56b	0.50bc	0.53	0.39	0.41	0.40	0.33	0.35	0.34
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	0.72a	0.54b	0.54	0.41	0.40	0.40	0.34	0.33	0.34
Avg(C)	0.60	0.56	0.58	0.41	0.41	0.41	0.35	0.35	0.35
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	**			ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	**			ns			ns		
CV (C)	17.1			1.6			8.0		
CV (F)	8.3			5.4			8.9		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

Table 22 Nutrient content (kg/rai) in corn grain under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Dry weight (kg/rai)			Nutrient content in corn grain (kg/rai)								
				Nitrogen			Phosphorus			Potassium		
	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)
Without fertilization	558	324	441b	3.04c	1.61d	2.32	2.32	1.31	1.81b	2.09	1.23	1.66c
15-5-5	717	619	668a	4.00bc	4.26bc	4.12	2.97	2.49	2.73a	2.56	2.15	2.36b
7.5-5-5 + Chicken manure	819	597	708a	4.65b	2.99c	4.82	3.15	2.47	2.81a	2.67	2.11	2.39b

7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	912	675	793a	6.63a	3.68c	5.16	3.71	2.75	3.23a	3.07	2.26	2.66a
Avg(C)	751a	554b	652	4.58	3.14	3.86	3.04a	2.25b	2.65	2.60a	1.94b	2.27
F-test (Cropping systems)	**			*			**			**		
F-test (Fertilizer)	**			**			**			*		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			*			ns			ns		
CV (C)	12.9			27.9			14.1			9.6		
CV (F)	22.4			25.9			23.2			24.0		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.7.6 ปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดิน (ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ดูดใช้ธาตุไนโตรเจนมากที่สุด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพพืจีพีอาร์ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน (ปลูกข้าวโพดสัตร้อยอย่างเดียว) ซึ่งมีการดูดใช้ไนโตรเจน เฉลี่ย 11.08 กิโลกรัม N ต่อไร่ เช่นเดียวกับการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสดูดใช้ฟอสฟอรัสมากที่สุด เฉลี่ย 5.33 กิโลกรัม P ต่อไร่ ส่วนปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมถูกดูดใช้และนำไปสะสมในส่วนต่าง ๆ โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ดูดใช้มากที่สุด 17.78 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 23)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุอาหารทุกกรรมวิธีแสดงดังตารางที่ 24 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองระบบการจัดการดิน (ระบบปลูกพืช) มีความเข้มข้นไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในส่วนของเมล็ดสูงกว่าในส่วนของต้น ใบ กาบฝักและชัง โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดเป็น 0.60 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ ในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว และระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ ในขณะที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดทั้งสองระบบการปลูกพืช เท่ากัน 0.41 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโพแทสเซียม พบว่า มีมากในส่วนของต้นทั้งสองระบบการปลูกพืชในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว (1.21 เปอร์เซ็นต์) และระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (1.37 เปอร์เซ็นต์)

Table 23 Nutrient uptake (kg/rai) of corn under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F)	Nutrient uptake (kg/rai) under different cropping systems		
	Nitrogen	Phosphorus	Potassium

(kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)
Without fertilization	5.5	3.53	3.53	4.30	3.28	3.79	14.19	9.95	12.07
15-5-5	6.6	8.65	8.65	5.01	4.42	4.72	13.08	17.49	15.28
7.5-5-5 + Chicken manure	7.8	6.17	6.17	4.69	4.37	4.53	14.21	12.95	13.58
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	11.08	6.79	6.79	5.33	5.07	5.20	17.78	13.28	15.53
Avg(C)	7.73	6.28	6.28	4.83	4.29	4.56	14.81	13.42	14.11

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

สำหรับปริมาณการดูใช้ธาตุอาหารที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิต (ส่วนของเมล็ดและซัง) ที่ต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุกปีในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดิน (ระบบปลูกพืชต่างกัน) ระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว เฉลี่ย 4.8, 3.0 และ 2.8 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ หรือ เทียบเท่ากับปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 เท่ากับ 4.8 – 6.9 – 3.4 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ ส่วนระบบที่ปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณการดูใช้ธาตุอาหารที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิต เฉลี่ย 3.2, 2.3 และ 2.1 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ย 3.2 – 5.3 – 1.75 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ

หากไม่มีการไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ จะทำให้มีธาตุอาหารสูญหายออกไปทั้งหมด ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว เฉลี่ย 7.8, 4.8 และ 14.8 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี 7.8 – 11.0 – 7.08 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ ส่วนระบบที่ปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณธาตุอาหารสูญหายออกไปทั้งหมด เฉลี่ย 6.4, 4.4 และ 13.4 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี 6.4 – 10.1 – 16.1 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ (Table 24)

Table 24 Nutrient concentration and uptake in different parts under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

cropping systems	Plant parts	Dry weight (kg/rai)	Nutrient concentration (%)			Nutrient uptake (kg/rai)		
			N	P	K	N	P	K
Corn	stalk	468	0.20	0.18	1.21	0.9	0.8	5.6
	leave	515	0.40	0.17	1.17	2.1	0.9	6.1
	husk	56	0.12	0.18	0.57	0.1	0.1	0.3
	grain	751	0.60	0.41	0.35	4.6	3.0	2.6
	cob	43	0.17	0.06	0.36	0.07	0.02	0.15
	Total					7.8	4.8	14.8
Mung bean - Corn	stalk	423	0.22	0.23	1.37	1.0	1.0	5.8
	leave	456	0.45	0.21	1.11	2.1	1.0	5.2
	husk	47	0.14	0.21	0.70	0.1	0.1	0.3
	grain	554	0.56	0.41	0.35	3.1	2.3	1.9
	cob	37	0.17	0.07	0.47	0.07	0.03	0.18
	Total					6.4	4.4	13.4

8.8 การจัดการดิน และปุ๋ยต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบการจัดการดินที่ต่างกัน โดยเป็นการจัดการดินด้านระบบการปลูกพืช ได้แก่ ระบบการปลูกพืชชนิดเดียว และระบบการปลูกพืชหมุนเวียน เพื่อสร้างสมดุลของธาตุอาหารในดิน ลดความเสี่ยงของดินจากการปลูกพืชชนิดเดียวเป็นเวลานานที่มีการจัดการปุ๋ยในระดับเดียวกัน พบว่า การจัดการดินในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สูงกว่าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชชนิดเดียว เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ย อัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์อาร์ ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ให้ผลผลิตสูงสุด แสดงให้เห็นว่า ระบบการปลูกพืชหมุนเวียนมีอิทธิพลต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากการปลูกพืชหมุนเวียนถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซากต้นถั่วเขียวเมื่อไถกลบจะเป็นปุ๋ยพืชสดแก่พืช สร้างเสริมธาตุไนโตรเจน ปรับปรุงโครงสร้างของดิน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Figure 3) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561

พบว่า ระบบการปลูกพืชที่ต่างกัน มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่ต่างกัน การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-15-15 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในระบบการปลูกพืชชนิดเดียว และระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ให้ผลผลิตสูงสุด (Figure 4)

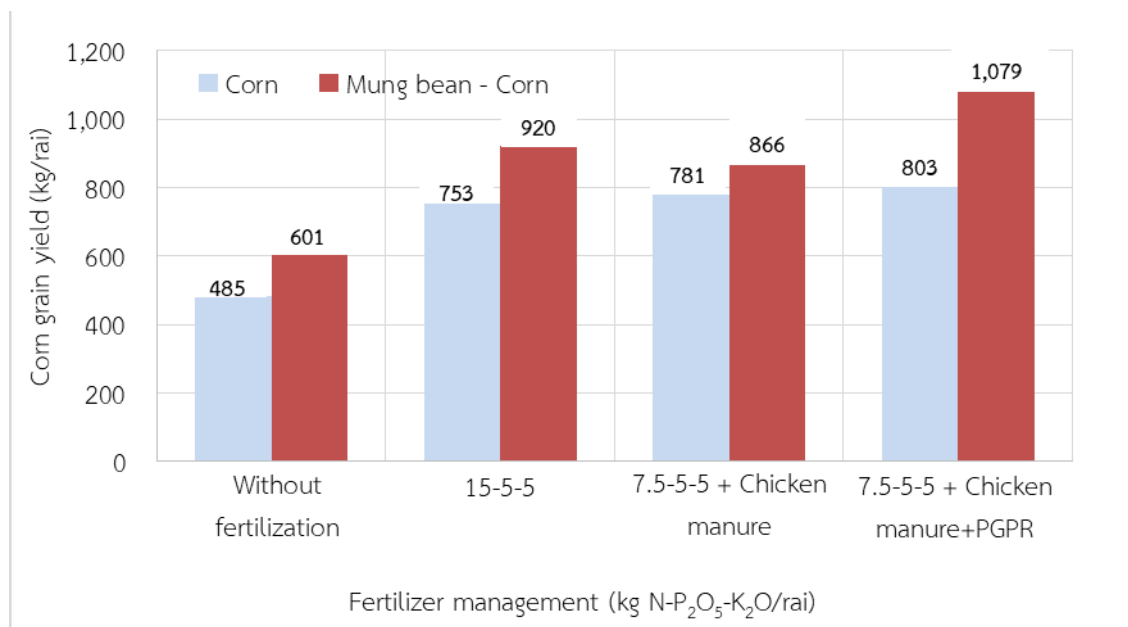


Figure 3 Corn grain yield at 15% moisture content (kg/rai) on corn to fertilizer management under different cropping systems for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

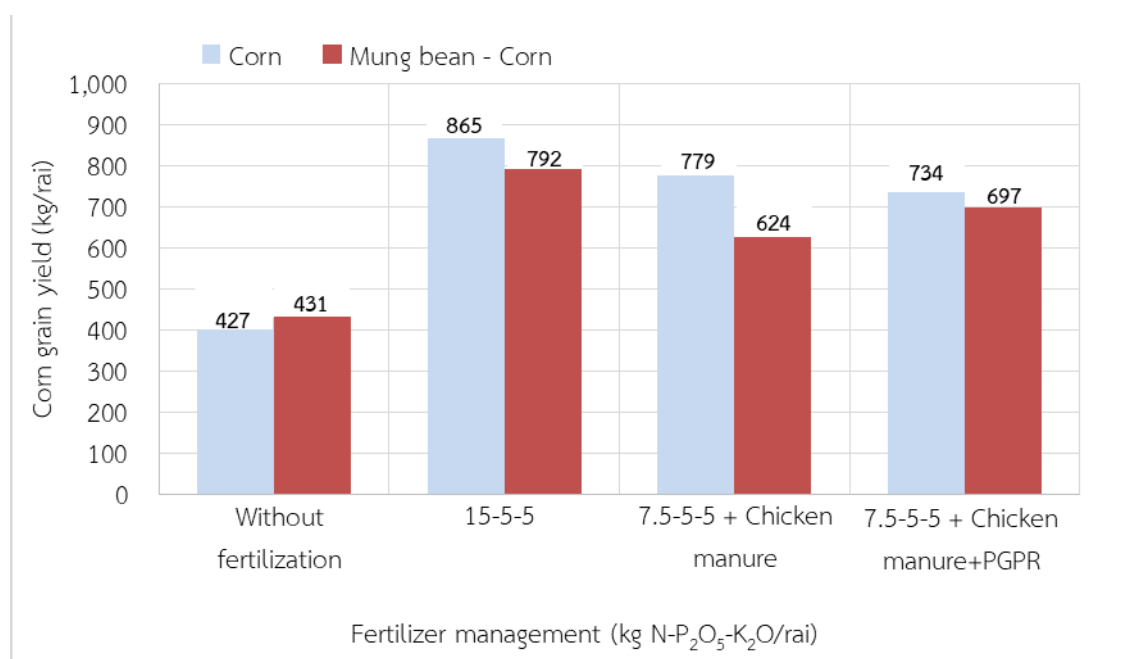


Figure 4 Corn grain yield at 15% moisture content (kg/rai) on corn to fertilizer management under different cropping systems for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2018.

8.9 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

8.9.1 ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

การจัดการดินทั้งปลูกและไม่ปลูกถั่วเขียวในดินร่วนเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ไม่ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดแตกต่างกัน มีความเป็นกรด-ด่างของดิน อยู่ในช่วง 6.4 – 6.6 เมื่อพิจารณารูปแบบการจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีต่าง ๆ ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ดินมีความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด (pH 6.3) ส่วนกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินหลังเก็บเกี่ยว อยู่ในช่วง 6.5 – 6.7 จะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ (Table 25) ส่วนความเป็นกรด-ด่างของดิน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่างๆ ระบบการปลูกและวิธีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของดิน จะเห็นว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง จาก 6.6 เป็น 6.3 ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น

Table 25 Soil pH after planting at depth 0 – 20 cm under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems		Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018			
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	6.7	6.3	6.5 ab	6.5 a	6.6 b	6.6	6.6
15-5-5	6.4	6.3	6.3 b	6.0 b	6.5 b	6.3	6.3
7.5-5-5 + Chicken manure	6.7	6.6	6.6 a	6.3 ab	7.1 a	6.7	6.7
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	6.8	6.6	6.7 a	6.3 ab	7.0 a	6.7	6.7
Average (C)	6.6	6.4	6.5	6.3	6.8	6.5	6.5
F-test (Cropping systems)	ns			**			

F-test (Fertilizer)	*	*
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns	*
CV (C)	4.6 %	5.8 %
CV (F)	4.3 %	5.4 %

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.9.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

จากตาราง 14 ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ในดินร่วนเหนียว จะเห็นว่า การปลูกถั่วเขียวตามด้วยปลูกข้าวโพดให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (1.34 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งแตกต่างกับการปลูกถั่วเขียว (1.48 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องจากการปลูกถั่วเขียวแล้วสับกลบ มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้กับพืชมากขึ้น ข้าวโพดซึ่งดูดใช้ธาตุอาหารมากขึ้นไปด้วยทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดรวดเร็ว (ดังข้อมูลในตารางที่ 3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจึงลดต่ำกว่า การไม่ปลูกถั่วเขียว ซึ่งให้ผลผลิตเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการจัดการปุ๋ยในรูปแบบต่าง ๆ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในช่วง 1.36 – 1.48 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ (Table 26) นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนและหลังการทดลองไม่เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด อาจเป็นเพราะการย่อยสลายของเศษซากถั่วเขียวเกิดขึ้นเร็ว เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ดินเป็นดินเขตร้อน (Tropical soil) การย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์จึงเกิดขึ้นเร็ว (ศุภกาญจน์, 2560) และประโยชน์ของปริมาณธาตุอาหารจากซากถั่วเขียวขึ้นอยู่กับพันธุ์ ชนิดดิน วิธีการจัดการ รวมทั้งสภาพแวดล้อม (จิราลักษณ์ และคณะ, 2558) ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบว่า การปลูกพืชหมุนเวียน โดยการปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กรรมวิธีที่ 4 การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยฟิซีฟิอาร์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น (1.70 เปอร์เซ็นต์)

Table 26 Soil organic matter (%) after planting at depth 0 – 20 cm under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018				
	Corn	Mung		Corn	Mung			
		bean - Corn			bean - Corn			
Without fertilization	1.42	1.38	1.40	1.62	1.53	1.58 b	1.49	
15-5-5	1.44	1.28	1.36	1.62	1.47	1.55 b	1.46	

7.5-5-5 + Chicken manure	1.48	1.32	1.40	1.66	1.44	1.55 b	1.48
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	1.57	1.39	1.48	1.76	1.65	1.70 a	1.59
Without fertilization	1.48 a	1.34 b	1.41	1.66	1.53	1.59	1.50
F-test (Cropping systems)		*				ns	
F-test (Fertilizer)		ns				*	
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns				ns	
CV (C)		9.8 %				16.1 %	
CV (F)		8.1 %				8.1 %	

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.9.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

รูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ย 38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 27) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสลดลง

Table 27 Soil available phosphorus (mg/kg) after planting at depth 0 – 20 cm under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018				
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn			
Without fertilization	36	37	36	18	22	20 b	28	
15-5-5	41	34	37	17	18	18 b	28	
7.5-5-5 + Chicken manure	39	40	40	28	29	29 a	35	
7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	38	39	39	27	32	30 a	35	
Average (C)	38	38	38	23	25	24	31	

F-test (Cropping systems)	ns	ns
F-test (Fertilizer)	ns	**
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns	ns
CV (C)	15.5 %	38.2 %
CV (F)	25.9 %	23.3 %

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.9.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่การจัดการดินรูปแบบการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าการปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพด อย่างไรก็ตามการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 28) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบว่า การปลูกพืชหมุนเวียน โดยการปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลงเล็กน้อย 119 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูกที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Table 28 Soil exchangeable potassium (mg/kg) after planting at depth 0 – 20 cm under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems			Cropping systems			Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	(C) 2017		Avg.(F)	(C) 2018				
	Corn	Mung bean - Corn		Corn	Mung bean - Corn			
Without fertilization	58	54	56	148	114	131 a	94	
15-5-5	58	45	51	125	97	111 b	81	
7.5-5-5 + Chicken manure	59	35	47	160	135	148 a	98	

7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	58	47	53	143	130	136 a	95
Average (C)	58 a	45 b	52	144 a	119 b	131	92
F-test (Cropping systems)	**				*		
F-test (Fertilizer)	ns				**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns				ns		
CV (C)	19.5 %				17.5 %		
CV (F)	26.6 %				18.2 %		

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

ns = not significant, * = significant at $p < 0.05$, ** = significant at $p < 0.01$

8.10 ผลตอบแทนต่อการลงทุน

จากการทดลอง ผลตอบแทนการลงทุน สำหรับฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ในระบบการปลูกพืชตาม และระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวให้ผลตอบแทนต่อการลงทุน มีค่า BCR อยู่ระหว่าง 1.27 – 2.25 (Table 29) กรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนมากที่สุด มีค่า BCR เท่ากับ 2.25 ซึ่งหมายความว่า ต้นทุน 1 บาท จะได้ผลตอบแทน 2.25 บาท หรือมีกำไร เท่ากับ 2.25 บาท ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในรูปแบบการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุน ระหว่าง 1.95 – 2.19 ส่วนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุน โดยมี BCR เท่ากับ 1.51 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ให้ผลตอบแทนค้ำค่าเช่นกัน ระหว่าง 1.27 – 1.30 ดังนั้นการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกพืชตามกัน ให้ผลตอบแทนค้ำค่าแก่การลงทุนมากที่สุด

ผลตอบแทนการลงทุน สำหรับฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ในระบบการปลูกพืชตาม และระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวให้ผลตอบแทนต่อการลงทุน มีค่า BCR อยู่ระหว่าง 1.35 – 2.07 (Table 30) กรรมวิธีที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนมากที่สุด มีค่า BCR เท่ากับ 2.07 ซึ่งหมายความว่า ต้นทุน 1 บาท จะได้ผลตอบแทน 2.07 บาท หรือมีกำไร เท่ากับ 2.07 บาท

Table 29 Benefit cost ration (BCR) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2017.

Cropping systems (C)	Fertilizer (F) (kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai)	Grain yield (kg/rai)		Income (baht/rai)		Cost (baht/rai)	Benefit (Baht/rai)	BCR
		Corn	Mung bean	Corn	Mung bean			

Corn	Without fertilization	485	-	3,343	-	2,600	743	1.29
	15-5-5	753	-	5,197	-	3,449	1,748	1.51
	7.5-5-5 + Chicken manure	781	-	5,386	-	4,135	1,250	1.30
	7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	803	-	5,540	-	4,351	1,189	1.27
Mung bean - Corn	Without fertilization	601	285	4,149	6,555	4,895	5,809	2.19
	15-5-5	920	285	6,347	6,555	5,743	7,159	2.25
	7.5-5-5 + Chicken manure	866	285	5,973	6,555	6,430	6,098	1.95
	7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	1,079	285	7,442	6,555	6,450	7,548	2.17

Note: Price of corn grain: 6.9 Baht/kg, Mung Bean : 23 Baht/kg

Price of fertilizer: urea (46-0-0) 12 Baht/kg, triple superphosphate (0-46-0) 26 Baht/kg,

Potassium chloride (0-0-60) 21 Baht/kg, *Rhizobium Bio fertilizer* 25 Baht/pack,

PGPR-1 20 Baht/pack, chicken manure 1 baht/kg

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การจัดการดิน ปุ๋ยสำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ปลูกในดินร่วนเหนียว จ.เพชรบูรณ์นั้นการจัดการดินทั้งสองรูปแบบในระบบการปลูกพืช 2 ชนิด คือ ระบบการปลูกพืชชนิดเดียว (การไม่ปลูกถั่ว) และระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (การปลูกถั่วก่อนแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ทั้งสองฤดูปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง องค์ประกอบของผลผลิต และสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ในฤดูปลูกที่ 1 มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สูงกว่าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชชนิดเดียว ที่มีการจัดการปุ๋ยในระดับเดียวกัน เนื่องจากระบบการปลูกพืชหมุนเวียนช่วยสร้างสมดุลของธาตุอาหารในดิน ลดความเสี่ยงโรคมะเร็งของดินจากการปลูกพืชชนิดเดียวเป็นเวลานาน สำหรับการจัดการปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า การจัดการปุ๋ยผสมผสานมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการใส่ปุ๋ย อัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟอสฟอรัสให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด อย่างไรก็ตามการให้คำแนะนำการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ย นอกจากจะคำนึงถึงปริมาณผลผลิต และผลกระทบต่อสมบัติดิน ยังต้องเน้นผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจด้วย ในฤดูปลูกที่ 2 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยมีการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตสูงสุด เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการจัดการดินทั้งสองรูปแบบในระบบการปลูกพืช 2 ชนิด การจัดการปุ๋ยที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ซึ่งเป็นการให้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอสำหรับการทดลองนี้ เพื่อพิสูจน์ถึงผลกระทบต่อสมบัติดินเพิ่มเติมในระบบการปลูกพืชดังกล่าว การศึกษาจะปรากฏชัดหลังจากการทดลองอย่างต่อเนื่องจะเป็น

ข้อมูลยืนยัน การสรุปอิทธิพลของระบบการปลูกพืชต่อสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเหมาะสมของระบบและปริมาณธาตุอาหารในดิน ทั้งนี้ยังต้องมีการทดสอบ และเก็บข้อมูลระยะยาว เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

Table 30 Benefit cost ration (BCR) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay loam soil at Phetchabun in 2018.

Cropping systems (C)	Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Grain yield (kg/rai)		Income (baht/rai)		Cost (baht/rai)	Benefit (Baht/rai)	BCR
		Corn	Mung bean	Corn	Mung bean			
Corn	Without fertilization	427	-	3,523	-	2,600	923	1.35
	15-5-5	865	-	7,136	-	3,449	3,687	2.07
	7.5-5-5 + Chicken manure	776	-	6,402	-	4,094	2,308	1.56
	7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	734	-	6,056	-	4,310	1,746	1.41
Mung bean - Corn	Without fertilization	431	195	3,556	4,290	4,895	2,951	1.60
	15-5-5	792	195	6,534	4,290	5,743	5,081	1.88
	7.5-5-5 + Chicken manure	624	195	5,148	4,290	6,389	3,049	1.48
	7.5-5-5+ Chicken manure + PGPR	697	195	5,750	4,290	6,409	3,631	1.57

Note: Price of corn grain: 8.25 Baht/kg, Mung Bean : 22 Baht/kg

Price of fertilizer: urea (46-0-0) 12 Baht/kg, triple superphosphate (0-46-0) 26 Baht/kg,

Potassium chloride (0-0-60) 21 Baht/kg, *Rhizobium Bio fertilizer* 25 Baht/pack,

PGPR-1 20 Baht/pack, chicken manure 1 baht/kg

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้รูปแบบคำแนะนำการจัดการดิน (ระบบการปลูกถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการจัดการปุ๋ย ให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสาน จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่หาได้ในท้องถิ่น และปุ๋ยชีวภาพที่เหมาะสม เพื่อเป็นทางเลือกแก่เกษตรกรให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว และเป็นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตข้าวโพดอย่างยั่งยืน

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทีมนักวิจัยจากกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเก็บตัวอย่างอย่างดิน ขอขอบคุณ นางสาวศุภกาญจน์ ล้วนมณี ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา นายพิรพงษ์ เขาวนพงษ์ หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน นายอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ และนางสาวชัชชนพร เกื้อหนุน นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทางกายภาพและวัสดุอินทรีย์สำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

12. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2551. *คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 49 หน้า
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 122 หน้า
- กรมอุตุนิยมวิทยา. ม.ป.ป. *ฤดูกาลของประเทศไทย*: หนังสืออุตุนิยมวิทยา. แหล่งข้อมูล : <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53>, 1 ตุลาคม 2561.
- จิราลักษณ์ ภูมิไธสง ศิริลักษณ์ จิตรอักษร สุมณา งามผ่องใส อารดา มาสรี วิไลรัตน์ แป้นแก้ว และปวีณา ไชยวรรณ. 2558. ผลของการไถกลบซากถั่วเขียวที่อายุต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 33 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2558. หน้า 224 – 235.
- ประพิศ แสงทอง ภาวนา ลิกขนานนท์ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์ และวิทยา ธนานุสนธิ์. 2549. *ผลการจัดการดินและปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดในชุดดินปากช่อง*. ผลการปฏิบัติงานประจำปีประมาณ 2549 หน้า 307 - 316. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- ยงยุทธ โอสดสภาพ อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2556. *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 519 หน้า
- ยงยุทธ โอสดสภาพ. 2557. *คุณภาพดินเพื่อการเกษตร*. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. 248 หน้า
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2560. *การสร้างธนาคารคาร์บอนในพื้นที่ปลูกพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน*. รายงานโครงการวิจัย. กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล: <http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2515>, 10 ธันวาคม 2561.
- Bationo, A., F. Lompo, and S. Koala. 1998. Research on nutrient flows and balances in West Africa: State-of-the-art. Agriculture.Ecosystems and Environment. 71: 19-35.
- Bray, R. L. and L. T. Kurtz. 1945. *Determination of total organic and available forms of*

phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39 – 45.

Chapman, D.D. 1965. *Total exchangeable bases*, pp. 902-904. In C. A. Black (ed). *Method of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties No.9*. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Jackson, M.L. 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi. 498 p.

Kanna R.L., M. Dhivya, D. Abinaya, R.L. Krishna and S. Krishnakumar. 2013. *Effect of intergrated nutrient management on soil fertility and productivity in Maize*. Bull.Env. Pharmacol. Life. Sci. Vol.2(8): 61-67.

Peech, M. 1965. *Hydrogen-ion Activity*, pp. 914-925. In C.A. Black (ed). *Method of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties* No.9. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Zublena J.P. 1997. *Nutrient removal by crops in North Carolina*. Available Source: <http://www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-16/>, 15 February 2014.

13. ภาคผนวก



Figure 5 Farmer's field at Phetchabun province on Clay loam soil.

The left side (no.19) is without fertilization.

The right side (no.13) is a fertilizer base on soil analysis at rate 15-5-5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai.



Figure 6 Mung Bean at Pod set stage.



Figure 7 Corn plant at R1-Silking.



Figure 8 Fruit corn of Nakhon Sawan 3 hybrid at harvested day



Figure 9 Fruit corn on clay loam soil