

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : โครงการวิจัยและพัฒนารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยเพื่อการผลิตพืช กรณีศึกษา :
ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
กิจกรรม : การศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ย เพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือ
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ เพื่อการผลิต
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มดินเหนียว จังหวัดเพชรบูรณ์
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Study on Cropping Systems with Fertilizer and Organic Material
Management for Corn Production on Clay Soil in Phetchabun
Province
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวสายน้ำ อุดพ้วย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน : นางสาวชัชชนพร เกื้อหนูน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางธัญญาพร งามอม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์

5. บทคัดย่อ

การจัดการดินและปุ๋ยให้เหมาะสม ช่วยฟื้นฟูสมบัติดิน เมื่อมีการปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน มีการสูญเสียของธาตุอาหารออกไปจากพื้นที่ในรูปผลผลิต จำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยผสมผสานกับการจัดการดินด้วยการปลูกพืชหมุนเวียน เช่น การปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมด้วย เพื่อปรับปรุงสมบัติดิน รักษาดินไม่ให้เสื่อม และส่งเสริมให้ดินมีคุณภาพดี เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่กลุ่มดินเหนียว ดำเนินการทดลองที่ไร่เกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ ภายใต้สภาวะอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 – กันยายน พ.ศ. 2561 วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 6 ซ้ำ เลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3 เป็นพันธุ์ทดลอง ประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลักคือ รูปแบบการจัดการดิน ได้แก่ 1) ไม่ปลูกถั่วเขียว ปลูกข้าวโพดและสับกลบต้นใบข้าวโพด และ 2) ปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วสับกลบ ปลูกข้าวโพดและสับกลบต้นใบข้าวโพด ร่วมกับปัจจัยรอง คือรูปแบบการจัดการปุ๋ย มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน ในอัตรา 7.5-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

ผลการศึกษา พบว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบในฤดูปลูกที่ 1 ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงด้านความสูงต้นแตกต่างกัน แต่มีผลในฤดูปลูกที่ 2 โดยการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ให้ความสูงต้นมากกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดอย่างเด่นชัดในทำนองเดียวกับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียนให้ผลผลิตมากที่สุดทั้งสองฤดู ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตต่ำสุด อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าต่อการลงทุน ในรูปอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (Benefit to Cost Ratio : BCR) ทั้งสองฤดูปลูก ปี 2560/2561 พบว่า การจัดการดินที่มีการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) กรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในฤดูปลูกที่ 1 มีค่า BCR มากที่สุด เท่ากับ 1.89 ส่วนฤดูปลูกที่ 2 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด มีค่า BCR เท่ากับ 1.19 สำหรับสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวนั้น รูปแบบการจัดการดินทั้งสองรูปแบบทำให้สมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงไป โดยดินมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น จากการทดลองทั้งสองปี แสดงให้เห็นว่า การปลูกถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดในสภาพพื้นที่ดินเหนียวจัด (clay soil) ให้ผลตอบแทนต่ำทั้งสองฤดูปลูก และสภาพภูมิอากาศมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าวโพดอย่างเด่นชัด ไม่ควรปลูกข้าวโพดหลังจากปลูกถั่วเขียวในช่วงกลางฤดูฝน (ปลายกรกฎาคม – ต้นสิงหาคม)

Abstract

This research aims to study and find out the suitable cropping system and fertilizer management with organic materials to increase corn production and maintaining soil productivity in a farmer's field. The trial was done on clay 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 selection 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 management with 4 levels were 1.) control 2.) 15-10-10 kg N-P₂O₅-K₂O/rai as 100% of the fertilizer recommended rate based on soil

analysis 3.) 7.5-10-10 kg N-P₂O₅-K₂O/rai+ chicken manure 700 kg Dry weight/rai and 4.) 7.5-10-10 kg N-P₂O₅-K₂O/rai+ chicken manure 700 kg Dry weight/rai + PGPR biofertilizer.

The results illustrated that both types of soil management as cropping systems in the first growing year did not effected the growth of corn. But It effected in the second growing year which a sequential cropping (mung beans - corn) provide height and yield that higher than just corn cultivation. In addition, fertilizer application has a significant effect on the growth of corn. In the same way as the production. Fertilizer managment on treatment no.2 at rate 15-10-10 kg N-P₂O₅-K₂O/rai with a sequential cropping gave the highest corn product. In the other hand, treatment as control (without fertilization) was giving the lowest yield. However, a benefit-cost ratio (BCR) was found that in 2017/2018 cropping systems with a sequential cropping (mung bean- corn) and without fertilization in 2017 gave the highest BCR = 1.89 while in the second year (2018) treatment no. 2 as fertilizer application (15-10-10 kg N-P₂O₅-K₂O/rai) gave the highest BCR = 1.19. For the soil chemical properties after harvested was found that cropping systems have affected the changing to increase the amount of nutrients in the soil as organic matter, available phosphorus and exchangeable potassium. It is evident that the planting of corn in the area of clay soil provides low returns. In addition, the climate affects the quantity and quality of corn products clearly do not grow corn after planting mung beans in the middle of the rainy season (late July - early August).

6. คำนำ

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน เพาะปลูกในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงสูงต่อเนื่องเป็นเวลานาน ขาดการจัดการดินที่เหมาะสมกับดินแต่ละชนิด มีการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน และธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชได้ถูกนำออกไปในรูปของผลผลิต ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ถ้าไม่ได้มีการปรับปรุงและใส่ธาตุอาหารกลับลงไปในพื้นที่ จะทำให้ศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินต่ำ ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเพิ่มขึ้น ย่อมทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลง เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ได้ผลผลิต ควรมีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสม บนพื้นฐานการเลือกใช้ทรัพยากร วัสดุอินทรีย์ที่มีในท้องถิ่น ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ ผสมผสานระบบการผลิตพืช ช่วยทำให้สมบัติของดินดีขึ้น (Zublena,1991) การปกป้องดินไม่ให้เสื่อมและส่งเสริมให้ดินมีคุณภาพดี เป็นกุญแจสำคัญนำไปสู่ความสำเร็จในการจัดการทรัพยากรทุกอย่าง ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง สามารถตอบสนองธาตุอาหารพืชที่มาจากดินได้ครบ

ทุกธาตุ เพียงพอและสมดุลตามความต้องการพืช (ยงยุทธ, 2557) ซึ่งพืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ดี ดินมีผลผลิตภาพสูง (ยงยุทธ, 2556) แต่โดยทั่วไปพืชปลูกในพื้นที่การเกษตรมักขาดธาตุอาหาร หากมีการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องจะแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารตรงจุด โดยการจัดการธาตุอาหารในการผลิตพืชนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะดินและสภาพภูมิอากาศในแต่ละแหล่ง (ประพิศ และคณะ, 2549) สำหรับการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนใหญ่ปลูกในดินเขตร้อน (tropical soils) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดิน ธาตุอาหารในปุ๋ยมีโอกาสสูญเสียได้หลายทาง ทั้งการระเหยเป็นก๊าซ การชะล้างลงไปในดิน เปลี่ยนรูปไปเป็นอย่างอื่นที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ และถูกตรึงไว้ในดิน เพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว การจัดการธาตุอาหารแบบผสมผสานร่วมกับระบบการปลูกพืชตามกัน (Sequential cropping) จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อลดความเสี่ยงโรคราน้ำค้างด้านธาตุอาหารในดิน และยับยั้งความต่อเนื่องของวงจรชีวิตศัตรูพืช (Kanna et al., 2013) ระบบการปลูกถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นระบบการปลูกพืชที่ค่อนข้างเหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการปลูกพืชชนิดเดียว (Monoculture) เพราะถั่วเขียวมีเชื้อไรโซบียมอาศัยอยู่บริเวณราก ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ในการสร้างชีวมวลได้ เมื่อมีการไถกลบเศษซากต้นถั่วเขียว ทำให้มีไนโตรเจนเพิ่มเติมลงไปในดิน จึงอาจทำให้ลดปริมาณการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ จึงน่าจะเป็นทางเลือกแนะนำเกษตรกรให้สามารถผลิตในสภาพดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้าวโพด (*Zea mays* L.) ปลูกได้ในดินหลายชนิด แต่เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และดินร่วนเหนียว มีความเป็นกรด-ด่างของดิน อยู่ระหว่าง 5.0 – 8.0 ที่มีการระบายน้ำดี และมีความเค็มต่ำ การขาดน้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดลดลง การขาดน้ำในระยะการเติบโตไม่อาศัยเพศ (vegetative stage) ทำให้ใบเล็ก ลำต้นเล็กเตี้ยและรากสั้น และการขาดน้ำในระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stage) เมื่อเริ่มออกไหมได้ประมาณ 2 สัปดาห์ จะกระทำต่อการถ่ายเรณู ทำให้จำนวนเมล็ดในฝักน้อย หากขาดน้ำในช่วงพัฒนาเมล็ด ทำให้เมล็ดเล็กและปลายฝักไม่มีเมล็ด (ยงยุทธ, 2556)

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาดูการจัดการดินในรูปแบบของระบบการปลูกพืช 2 ชนิดในพื้นที่เดียวกันในรอบปี และการจัดการปุ๋ยจากการใช้ปุ๋ยผสมผสาน ดำเนินการทดลองในพื้นที่เนื้อดินเหนียว (Clay soil) โดยปลูกถั่วเขียวเป็นพืชแรกในต้นฤดูฝน แล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากฤดูฝนปกติเริ่มกลางเดือนพฤษภาคม – กลางเดือนตุลาคม ทำให้มีเวลานานประมาณ 5 เดือน (อุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.) ดังนั้นเพื่อให้ได้รับผลประโยชน์ นอกจากจะได้ผลผลิตของถั่วเขียวแล้ว เศษซากต้นถั่วสามารถเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการบำรุงดิน สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่จะปลูกตามมา งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่มีเนื้อดินเหนียว 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 อะลาคลอร์และพาราควอท
6. อุปกรณ์ภาคสนาม สำหรับเก็บตัวอย่างดินและพืช ได้แก่ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแบบ Undisturbed core sample ส่วนเก็บตัวอย่างดิน ถังพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน ถังกระดาษ ถังตาข่าย มีด กรรไกรตัดตัวอย่างพืช และเครื่องชั่ง
7. วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์ดินและพืชในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ต่าง (pH meter) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) เครื่องกลั่นไนโตรเจน เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (Atomic absorption spectrophotometer) เครื่องเขย่า และเตาย่อย (Digestion block)
8. สารเคมี สำหรับวิเคราะห์ดินและพืชในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ กรดซัลฟิวริก กรดเปอร์คลอริก กรดไนตริก เพอร์สแอมโมเนียมซัลเฟต 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 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

- 3) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่
- 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 7.5-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

2. วิธีปฏิบัติงาน

สำรวจเลือกพื้นที่ ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดำเนินการทดลองในไร่เกษตรกร อำเภอหล่มสัก จังหวัด เพชรบูรณ์ พิกัดที่ตั้งแปลง 47Q 742897^E 1846724^N ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 158 เมตร เก็บตัวอย่าง ดินแบบสุ่มรวมก่อนปลูก (Composite sample) ที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และกายภาพของดินในห้องปฏิบัติการ 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 ก่อนปลูกคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำการปลูกถั่วเขียว ระยะปลูกถั่วเขียว 0.5 x 0.2 เมตร แปลงละ 9 แถว ๆ ละ 25 หลุม จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ปลูกถั่วเขียว ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยโรยกันร่อนพร้อมปลูก และเก็บเกี่ยวถั่วเขียว ในระยะเมล็ดเต่งเต็มที่อายุ 65 วัน ทำการไถสับกลบซาก พร้อมสุ่มเก็บดินวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดินหลัง ปลูกถั่วเขียว

ไถเตรียมดิน สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ใส่วัสดุอินทรีย์มูลไก่กลบในกรรมวิธีทดลองที่ใช้มูลไก่ โดยทำ การหว่านมูลไก่ก่อนปลูก 2 สัปดาห์ แล้วสับกลบคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน เก็บตัวอย่างมูลไก่มาวิเคราะห์องค์ประกอบ ทางเคมี (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551) ก่อนปลูกคลุกเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในกรรมวิธี ทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระยะปลูก 0.75 x 0.2 เมตร แปลงละ 6 แถว ๆ ละ 25 หลุม จำนวน 1 ต้นต่อหลุม เกณฑ์กำหนดอัตราปุ๋ยได้จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ย สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการ เกษตร (2553) แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ใส่ครั้งแรกพร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราพร้อมกับปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมอัตรา รอกันร่อนตอนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามกรรมวิธีที่กำหนด และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่ เหลือครึ่งอัตรา เมื่อข้าวโพดอายุได้ 30 วัน โดยโรยทั้งสองข้างของแถวข้าวโพดแล้วพรวนดินกลบ พร้อมพูนโคน

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 และส่วมกะเทาะเมล็ดจากฝัก 10 ฝัก แล้ววัดความชื้นของเมล็ดด้วยเครื่องวัด หาเปอร์เซ็นต์กะเทาะ โดย

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

พร้อมทั้งส่วมเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อย 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 ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เป็นต้น
2. ข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงของถั่วเขียวที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว และความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน 60 วัน และที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว
3. ข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพด ได้แก่ จำนวนต้น น้ำหนักต้นสด น้ำหนักฝักสด เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด (% shelling) และผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (grain yield)
4. ผลวิเคราะห์พืช ปริมาณค่าความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ในไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิต เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิต

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลาของผลงาน ตุลาคม 2559 – กันยายน พ.ศ. 2561
 สถานที่ ไร่เกษตรกร จ.เพชรบูรณ์ และห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา
 รูปแบบคำแนะนำการใช้อยู่ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 สมบัติของดินก่อนการทดลอง

ผลวิเคราะห์สมบัติดินที่ใช้ทำการทดลองก่อนปลูก พบว่า เนื้อดินเป็นดินเหนียว (Clay) ความหนาแน่นรวมของดิน 1.51 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 5.8 เป็นกรดปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:5) เท่ากับ 0.02 เดซิซีเมนต่อเมตร อยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 1.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 85.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก สามารถประเมินการใช้อยู่ตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับถั่วเขียว อัตรา 0-9-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ จะเห็นว่า สมบัติของดินก่อนปลูก มีเนื้อดิน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนจัดอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณต่ำมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2553) (Table 1)

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

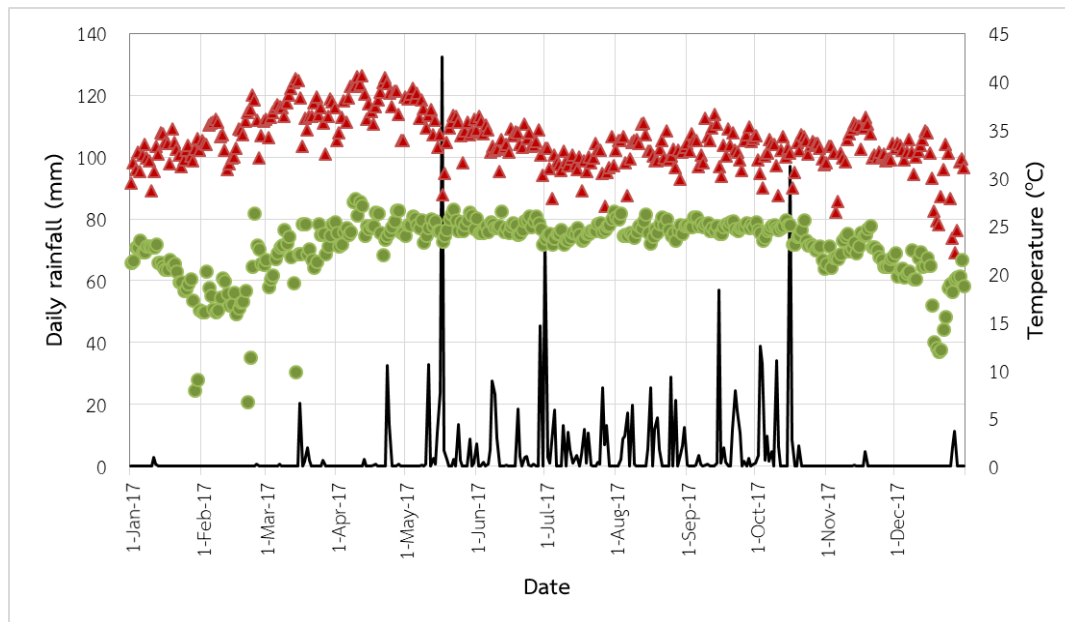
pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Texture	BD (g/cm ³)
5.8	0.02	1.67	1.15	85.6	Clay	1.51

8.2 สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกถั่วเขียวและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากและกระจายตัวสม่ำเสมอ วันที่ 12 พฤษภาคม 2560 ก่อนปลูกถั่วเขียว 1 วันมีฝนตกในปริมาณมากถึง 32.9 มิลลิเมตร และได้มีฝนตกสม่ำเสมอ จึงทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินเพียงพอสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว หลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียวไปแล้ว มีฝนตกหนัก ดินมีน้ำสะสมมาก ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการไถเตรียมดินและใส่ปุ๋ยมูลไก่แก่กลบก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกถั่วเขียววันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 จนกระทั่งเก็บเกี่ยววันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เท่ากับ 298.8 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 ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2560 จนกระทั่งเก็บเกี่ยววันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เท่ากับ 583.8 มิลลิเมตร (Figure 1)

ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากและกระจายตัวสม่ำเสมอ วันที่ 3 พฤษภาคม 2561 มีฝนตกก่อนหน้านี้นี้ 2 วัน ที่มีปริมาณมากถึง 44.6 มิลลิเมตร จึงได้ทำการปลูกถั่วเขียว และได้มีฝนตกสม่ำเสมอ จึงทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินเพียงพอสำหรับการงอก และการเจริญเติบโตของถั่วเขียว 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 44.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 จนกระทั่งเก็บเกี่ยววันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เท่ากับ 506.8 มิลลิเมตร (Figure 2)



— Daily rainfall ▲ Tmax ● Tmin

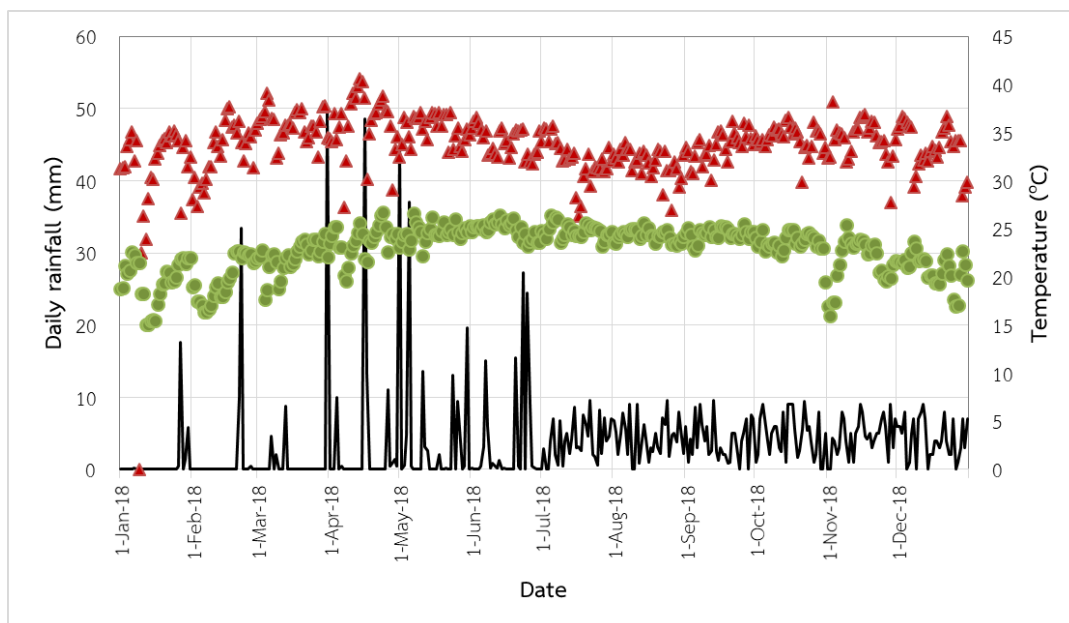
Figure 1 Daily rainfall and air temperature at Phetchabun meteorological station during January to December 2017.

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

Harvesting 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.



— Daily rainfall ▲ Tmax ● Tmin

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

Note: Planting date : Mung bean on 3 May 2018 and corn on 20 July 2018

Harvesting date : Mung bean on 4 July 2018 and corn on 13 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 11.07 ความชื้น 26.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ในอัตรา 882 กิโลกรัมน้ำหนักสดต่อไร่ จะได้น้ำหนักแห้งเท่ากับ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 2.86 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.27 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใส่มูลไก่ในอัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ คิดเป็น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 333.90 กิโลกรัมอินทรีย์วัตถุต่อไร่ 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 11.60 ความชื้น 16.82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ในอัตรา 841 กิโลกรัมน้ำหนักสดต่อไร่ จะได้น้ำหนักแห้งเท่ากับ 700 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 1.24 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.78 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใส่มูลไก่ในอัตรา 700 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ คิดเป็น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 334.53 กิโลกรัมอินทรีย์วัตถุต่อไร่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 165.62 กิโลกรัมอินทรีย์คาร์บอนต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจน 14.28 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปริมาณฟอสเฟต 8.68 กิโลกรัม P₂O₅ ต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม 5.46 กิโลกรัม K₂O 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 58.77 เซนติเมตร ให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วเขียว เฉลี่ย 405 กิโลกรัมต่อไร่ และสมบัติของดินหลังปลูกถั่วเขียว พบว่า ดินมีความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 7.2 มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 0.05 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 119 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์ไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อไถกลบเศษซากถั่วเขียวที่ปลูก

ก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในพื้นที่และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกตามหลัง โดยพบว่าต้นและใบของถั่วเขียว ให้มวลน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 354 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของต้นถั่วเขียวมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 1.58 0.25 และ 1.32 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนของใบมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 3.17 0.23 และ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการไถกลบเศษซากต้นถั่วเขียว ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดิน ดังนี้ ไนโตรเจน 9.72 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.83 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 8.71 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	95	1.58	0.25	1.32	1.51	0.24	5.00
Leave	259	3.17	0.23	0.36	8.21	0.59	3.71
Nutshell	85	0.97	0.07	0.49	0.82	0.06	1.66
Grain	204	4.33	0.50	0.36	8.84	1.01	2.94
Total	643				19.39	1.90	13.3

ความสูงของถั่วเขียวที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ให้ความสูง เฉลี่ย 66.03 เซนติเมตร ให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วเขียว เฉลี่ย 135 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อไถกลบเศษซากถั่วเขียวที่ปลูกก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในพื้นที่และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกตามหลัง โดยพบว่าต้นและใบของถั่วเขียว ให้มวลน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 289 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของต้นถั่วเขียวมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.25 0.22 และ 6.40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนของใบมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.50 0.25 และ 2.10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการไถกลบเศษซากต้นถั่วเขียว ทำให้มีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดิน ดังนี้ ไนโตรเจน 1.04 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.66 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 13.02 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 ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ได้แก่ รูปแบบที่ไม่ได้ปลูกถั่วเขียวก่อน และมีการปลูกถั่วเขียวก่อนให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงต้น เฉลี่ย 53 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาแบบการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ย พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันต่อความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วัน ทุกกรรมวิธีให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ โดยในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-10-10 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด (68 เซนติเมตร) หากไม่ปลูกถั่วเขียวเลย และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต่ำที่สุด (33 เซนติเมตร) เช่นกับกรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียวก่อน แต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ให้ความสูงต้นใกล้เคียงกัน 35 เซนติเมตร

สำหรับความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ที่อายุ 30 วัน พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้ความสูงไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ พบว่า ให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอัตรา 7.5-10-10 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ให้ความสูงมากที่สุด (78 เซนติเมตร) รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ 3 ให้ความสูง เท่ากับ 76 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยเลยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง ให้ความสูงเพียง 66 เซนติเมตรเท่านั้น (Table 5)

จากการปลูกข้าวโพดทั้งสองฤดูปลูก จะเห็นว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วัน แต่การจัดการปุ๋ยในรูปแบบต่าง ๆ มีผลต่อความสูง

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 soil at Phetchabun in 2017/2018.

Fertilizer (F)	Cropping systems		Avg.	Cropping systems	Avg.
	(C) 2017	(C) 2018			
					2 yrs.

(kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Corn	Mung bean - Corn	(F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg. (F)	(F)
Without fertilization	33 c	35 c	34	67	66	66 c	50
15-10-10	53 b	68 a	61	73	71	72 b	67
7.5-10-10 + Chicken manure	67 a	59 b	60	78	75	76 ab	68
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	59 b	59 b	59	77	79	78 a	69
Average (C)	51	55	53	74	73	73	64
F-test (Cropping systems)		ns			ns		
F-test (Fertilizer)		**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		**			ns		
CV (C)		8.9 %			11.7 %		
CV (F)		9.8 %			8.8 %		

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

8.5.2 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 60 วัน

การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้านความสูงต้น ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ที่อายุ 60 วัน ให้ผลในทำนองเดียวกันกับที่อายุ 30 วัน โดยการจัดการดินทั้งสองรูปแบบไม่ทำให้ความสูงของข้าวโพดแตกต่างกัน ให้ความสูงต้น เฉลี่ย 124 เซนติเมตร แต่พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ยทุกกรรมวิธีให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ โดยในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-10-10 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด (169 เซนติเมตร) หากปลูกข้าวโพดอย่างเดียวและไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้นเพียง 55 เซนติเมตร เช่นกับกรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียวก่อน แต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า ให้ความสูงต้นใกล้เคียงกัน 49 เซนติเมตร ดังนั้นการใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ปลูกดินเหนียวอย่างเด่นชัด

ส่วนความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ที่อายุ 60 วัน พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้ความสูงแตกต่างกัน และอัตราปุ๋ยต่าง ๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด (154 เซนติเมตร) ตามลำดับ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยนั้น ให้ความสูงใกล้เคียงกัน (194 – 197 เซนติเมตร) แสดงว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพด (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 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	55 d	49 d	52	149	159	154 b	103
15-10-10	154 ab	169 a	162	189	205	197 a	180
7.5-10-10 + Chicken manure	146 b	144 b	145	189	200	194 a	170
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	132 c	139 c	136	187	207	197 a	167
Average (C)	122	125	124	178 b	193 a	185	155
F-test (Cropping systems)		ns			*		
F-test (Fertilizer)		**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		**			ns		
CV (C)		5.2 %			7.9 %		
CV (F)		4.2 %			4.8 %		

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

8.5.3 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะก่อนเก็บเกี่ยว

ความสูงของข้าวโพดในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ให้ผลทำนองเดียวกันกับความสูงต้นของข้าวโพดที่อายุ 30 และ 60 วัน พบว่า การจัดการดินไม่ทำให้ความสูงต้นของข้าวโพดแตกต่างกัน โดยให้ความสูงต้น เฉลี่ย 139 เซนติเมตร ในขณะที่การจัดการปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ ให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ และมีปฏิสัมพันธ์ต่อความสูงระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ หากปลูกข้าวโพดอย่างเดียวและไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้นต่ำสุด (98 เซนติเมตร) แต่ก็ไม่แตกต่างจากการปลูกถั่วเขียวก่อน ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความสูงต้น 100 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม พบว่า การจัดการดินโดยปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ความสูงต้นมากที่สุด (173 เซนติเมตร) (Table 7)

ส่วนฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ให้ความสูงแตกต่างกัน โดยระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดมากกว่าระบบการจัดการดินที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว นอกจากนี้การจัดการปุ๋ย โดยการใส่ปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด (156 เซนติเมตร) ตามลำดับ และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยนั้น ให้ความสูงใกล้เคียงกัน แสดงว่า การ

ใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดในพื้นที่ดินเหนียว ดังนั้นจะเห็นว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อข้าวโพดไม่ได้รับปุ๋ยทำให้การเจริญเติบโต เช่น ความสูงลดลง

Table 7 Plant height at harvest (cm) after planting under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	98 d	100 d	99	149	162	156 b	128
15-10-10	158 b	173 a	165	188	204	197 a	181
7.5-10-10 + Chicken manure	152 b	151 b	151	186	199	193 a	172
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	141 c	143 c	142	183	207	195 a	169
Average (C)	137	141	139	177 b	193 a	185	162
F-test (Cropping systems)		ns			*		
F-test (Fertilizer)		**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		**			ns		
CV (C)		3.9 %			9.4 %		
CV (F)		3.1 %			4.8 %		

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

8.6 องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

8.6.1 จำนวนต้น

การจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้จำนวนต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่แตกต่างกัน ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 โดยมีจำนวนต้นเฉลี่ย 10,461 ต้นต่อไร่ ในขณะที่การจัดการปุ๋ยในกรรมวิธีต่าง ๆ ให้จำนวนต้นแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ย ซึ่งการจัดการดินทั้งสองรูปแบบทั้งการไม่ปลูกถั่วเขียวและการปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพด กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย ให้จำนวนต้นต่ำสุด (9,844 ต้นต่อไร่) และกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยนั้น ให้จำนวนต้นใกล้เคียงกัน ที่ 10,667 ต้นต่อไร่

ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 การจัดการดินทั้งสองรูปแบบมีผลต่อจำนวนต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว มีจำนวนต้นของข้าวโพดมากกว่าการปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณจำนวนต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Table 8)

Table 8 Stand count (plant/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	9,689	10,000	9,844 b	11,284	10,126	10,705	10,275
15-10-10	10,667	10,667	10,667 a	10,648	10,048	10,348	10,508
7.5-10-10 + Chicken manure	10,667	10,667	10,667 a	10,688	9,145	9,916	10,292
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	10,667	10,667	10,667 a	12,017	9,594	10,806	10,737
Average (C)	10,423	10,500	10,461	11,159 a	9,728 b	10,444	10,453
F-test (Cropping systems)		ns			**		
F-test (Fertilizer)		**			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns			ns		
CV (C)		2.1 %			13.4 %		
CV (F)		1.9 %			15.8 %		

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

8.6.2 น้ำหนักต้นสด

ฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 น้ำหนักต้นสดที่ได้รับการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ นั้นคือ การปลูกและไม่ปลูกถั่วเขียว ก่อนปลูกข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกัน โดยให้น้ำหนักต้นเฉลี่ย 1,136 กิโลกรัมต่อไร่ ยกเว้นการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ให้น้ำหนักต้นแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักต้นสูงสุด รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับมูลไก่ (519 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด ที่ 345 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ (Table 9)

น้ำหนักต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า น้ำหนักต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบ ให้น้ำหนักต้นไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทุกกรรมวิธี ให้น้ำหนักต้นแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีน้ำหนักต้นเฉลี่ย 728 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด ที่ 557 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจะเห็นว่า การใส่ปุ๋ยมีผลต่อน้ำหนักของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อข้าวโพดไม่ได้รับปุ๋ย การเจริญเติบโตจะลดลง ทำให้น้ำหนักต้นต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ

Table 9 Stalk fresh weight (kg/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
	Without fertilization	312	377	345 c	575	539	557 b
15-10-10	712	669	691 a	693	815	754 a	723
7.5-10-10 + Chicken manure	530	508	519 b	805	726	765 a	642
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	396	360	378 c	825	849	837 a	608
Average (C)	488	479	483	724	732	728	606
F-test (Cropping systems)	ns			ns			
F-test (Fertilizer)	**			**			
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			
CV (C)	17.8 %			23.1 %			
CV (F)	19.3 %			20.7 %			

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

8.6.3 น้ำหนักฝักสด

การจัดการดินโดยการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักฝักสด (99 กิโลกรัมต่อไร่) ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ต่ำกว่าการจัดการดินโดยปลูกถั่วร่วมด้วย 191 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นว่า การจัดการดินทั้งสองรูปแบบทำให้น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดแตกต่างกัน มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ยทุกกรรมวิธี ให้น้ำหนักฝักสดแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-10-10 กก. N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด (336 กิโลกรัมต่อไร่) หากไม่ปลูกถั่วเขียวเลย โดยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว ร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ให้ความน้ำหนักฝักสดเพียง 37 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 10)

ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า น้ำหนักฝักสดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้น้ำหนักฝักสดแตกต่างกัน การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักฝักสดของข้าวโพด (537 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งต่ำกว่าการปลูกถั่วเขียวก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (621 กิโลกรัมต่อไร่) นอกจากนั้นการไม่ใส่ปุ๋ย มีผลต่อน้ำหนักฝักสดเช่นกัน โดยให้น้ำหนักฝักสดต่ำที่สุด ที่ 371 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ ให้น้ำหนักฝักสดใกล้เคียงกัน (615 – 671 กิโลกรัมต่อไร่)

Table 10 Ears fresh weight (kg/rai) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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			(C) 2018			
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	37 e	111 d	74	348	395	371 b	223
15-10-10	129 c	336 a	232	576	743	659 a	446
7.5-10-10 + Chicken manure	134 c	162 b	148	608	622	615 a	382
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	96 d	154 c	125	618	724	671 a	398
Average (C)	99	191	145	537 b	621 a	579	362
F-test (Cropping systems)		**			*		
F-test (Fertilizer)		**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		**			ns		
CV (C)		49.6 %			20.2 %		
CV (F)		32.6 %			19.8 %		

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 $p < 0.01$

8.6.4 เเปอร์เซ็นต์กะเทาะ

เปอร์เซ็นต์กะเทาะภายใต้การจัดการดินโดยการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (75.4 %) ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 ให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่าการจัดการดินที่มีการปลูกถั่วเขียวก่อน (71.8 %) จะเห็นว่าการจัดการดินทั้งสองรูปแบบทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะของข้าวโพดแตกต่างกัน มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ยทุกกรรมวิธีให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันทางสถิติ โดยการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเพียง 61.7 % (Table 11) ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 เเปอร์เซ็นต์กะเทาะให้ผลตรงข้ามกับปีหนึ่ง การจัดการดินโดยปลูกถั่วเขียวก่อนให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงกว่า 75.5 % อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ

8.6.5 ผลผลิตที่ความชื้น 15 เเปอร์เซ็นต์

การจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เเปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตมากที่สุด 264 กิโลกรัมต่อไร่ ในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 พบว่า มีฝนตกหนัก และฝนมาซ้ำในเดือนตุลาคม ประกอบกับดินที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นดินเหนียวจัด ดินระบายน้ำไม่ดี เกิดน้ำท่วมขังพื้นที่ ต้นข้าวโพดขาดอากาศหายใจ ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูปลูกนี้เสียหาย แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยเลยมีผลต่อปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยให้ผลผลิตต่ำที่สุด (54 กิโลกรัมต่อไร่) (Table 12)

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

Fertilizer (F) (kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai)	Cropping systems (C) 2017			Cropping systems (C) 2018		Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	73.5 a	61.7 b	67.6	68.1	71.9	70.0	68.8
15-10-10	78.0 a	75.0 a	76.5	75.6	82.6	79.1	77.8
7.5-10-10 + Chicken manure	73.7 a	76.5 a	75.1	75.0	78.1	76.5	75.8
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	76.5 a	74.2 a	75.3	73.6	76.5	76.5	75.9

Average (C)	75.4 a	71.8 b	73.6	73.1 b	75.5 a	75.5	74.6
F-test (Cropping systems)		*			**		
F-test (Fertilizer)		**			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		**			ns		
CV (C)		6.7 %			3.8 %		
CV (F)		6.5 %			13.9 %		

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 $p < 0.01$

สำหรับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดินทั้งสองรูปแบบให้ผลผลิตแตกต่างกัน การจัดการดินโดยการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ให้ผลผลิตต่ำกว่า (384 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนการจัดการดินโดยปลูกถั่วเขียวก่อนแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 468 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีผลต่อปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยให้ผลผลิตต่ำสุด ที่ 249 กิโลกรัมต่อไร่

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 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. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	23 e	84 c	54	221	278	249 b	152
15-10-10	100 c	264 a	182	415	581	498 a	340

Without fertilization	0.14	0.14	0.14 a	0.37	0.33	0.35 a	1.56 a	1.35 b	1.46
15-10-10	0.09	0.13	0.11 b	0.22	0.16	0.19 b	1.55 a	1.39 b	1.47
7.5-10-10 + Chicken manure	0.14	0.13	0.13 a	0.37	0.30	0.34 a	1.27 b	1.47 ab	1.37
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	0.12	0.12	0.12 ab	0.25	0.35	0.30 a	1.21 b	1.61 a	1.41
Avg(C)	0.12	0.13	0.13	0.30	0.29	0.29	1.40	1.45	1.43
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	*			**			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			**		
CV (C)	11.3			12.5			10.6		
CV (F)	16.8			29.2			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 $p < 0.01$

Table 14 Nutrient content (kg/rai) in corn stalk under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	110 b	88 b	99	0.15	0.12	0.14b	0.36bc	0.27 c	0.32	1.66b	1.18c	1.42
15-10-10	181 a	185 a	183	0.17	0.23	0.20	0.37bc	0.29 c	0.33	2.70a	2.55ab	2.63
7.5-10-10 + Chicken manure	115 b	145 a	130	0.16	0.19	0.17	0.42b	0.44 b	0.43	1.47b	2.11b	1.79
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	111 b	171 a	141	0.15	0.21	0.17	0.29c	0.59 a	0.44	1.39b	2.75a	2.04
Avg(C)	129	147	138	0.15	0.19	0.17	0.36	0.40	0.40	1.79	2.15	1.97
F-test (Cropping systems)	*			ns			ns			*		
F-test (Fertilizer)	**			*			**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	*			ns			**			**		
CV (C)	18.6			26.3			16.0			10.7		
CV (F)	19.1			23.5			18.9			16.1		

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 $p < 0.01$

จากตารางที่ 14 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในพืช ซึ่งประเมินจากความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมกับน้ำหนักแห้ง พบว่า ระบบการปลูกพืชไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน

และฟอสฟอรัสในส่วนของต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่มีผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียม โดยมีปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในส่วนของต้น เป็น 0.17, 0.40 และ 1.97 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ตามลำดับ

8.7.2 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของใบ

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของใบที่ระยะเก็บเกี่ยว แสดงอยู่ในตารางที่ 15 พบว่า การจัดการดินทั้งสองระบบไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ โดยมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบสูง (0.80 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาเป็นไนโตรเจน (0.24 เปอร์เซ็นต์) และฟอสฟอรัส (0.17 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ ในไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ในระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน (0.30 เปอร์เซ็นต์) และโพแทสเซียม (1.04 เปอร์เซ็นต์) สูงที่สุด สำหรับปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด ถึง 0.19 เปอร์เซ็นต์

Table 15 Nutrient concentration (%) in corn leave under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	0.30 a	0.20 b	0.25	0.21	0.18	0.19 a	1.04 a	0.79 b	0.91
15-10-10	0.22 b	0.22 b	0.22	0.14	0.12	0.13 b	0.76 b	0.73 b	0.75
7.5-10-10 + Chicken manure	0.22 b	0.25 a	0.23	0.17	0.17	0.17 a	0.75 b	0.78 b	0.76
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	0.23 b	0.25 a	0.25	0.16	0.20	0.17 a	0.75 b	0.82 b	0.78
Avg(C)	0.25	0.23	0.24	0.17	0.17	0.17	0.82	0.78	0.80
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	ns			**			*		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	**			ns			*		
CV (C)	8.9			5.4			10.6		
CV (F)	11.7			16.2			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

จากตารางที่ 16 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ ในการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในใบ โดยกรรมวิธีที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 7.5-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

ร่วมกับมูลไก่และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน (ปลูกข้าวโพดสัตรี้อย่างเดียว) มีปริมาณการ
 ุดใช้ในโตรเจน และฟอสฟอรัสในใบสูงที่สุด เป็น 0.63 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ 0.49 กิโลกรัม P ต่อไร่ โดยมีการ
 ุดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบ เฉลี่ย 0.54, 0.38 และ 1.83 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่

Table 16 Nutrient content (kg/rai) in corn leave under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	204	182	193 b	0.62a	0.36b	0.49	0.42a	0.32 b	0.37	2.19	1.44	1.82
15-10-10	255	279	267 a	0.56a	0.61a	0.58	0.37ab	0.33 b	0.45	1.98	2.03	2.01
7.5-10-10 + Chicken manure	209	236	222 ab	0.48ab	0.58a	0.53	0.37ab	0.40ab	0.39	1.61	1.83	1.72
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	194	252	223 ab	0.47ab	0.63a	0.55	0.31b	0.49 a	0.40	1.46	2.06	1.76
Avg(C)	215b	237 a	226	0.53	0.54	0.54	0.37	0.39	0.38	1.81	1.84	1.83
F-test (Cropping systems)		*			ns			ns			ns	
F-test (Fertilizer)		**			ns			ns			ns	
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns			*			*			ns	
CV (C)		3.9			7.0			7.0			9.2	
CV (F)		18.9			23.9			22.6			27.2	

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

8.7.3 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของกาบฝัก

จากตารางที่ 17 พบว่า ระบบการปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกันมีผลต่อมีความเข้มข้นของ
 ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกาบฝัก และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการทั้งสองรูปแบบต่อความเข้มข้นของ
 ธาตุอาหาร โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในกาบฝัก เฉลี่ย
 0.10, 0.22 และ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในกาบฝัก พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบการปลูกพืชและการ
 จัดการปุ๋ยที่อัตราต่าง ๆ ต่อการดูดใช้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส แต่ไม่พบในโพแทสเซียม โดยมีการดูดใช้
 ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.07, 0.14 และ 0.48 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ซึ่งจะเห็นว่า ข้าวโพด

เลี้ยงสัตว์มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในกาบฝักสูงที่สุด 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 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	0.14 a	0.07 d	0.11	0.21 b	0.24 a	0.22	0.57 c	0.68 b	0.63
15-10-10	0.09 c	0.10 c	0.09	0.18 c	0.26 a	0.22	0.76 a	0.78 a	0.77
7.5-10-10 + Chicken manure	0.12 b	0.08 c	0.10	0.21 b	0.22 b	0.22	0.78 a	0.77 a	0.78
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	0.12 b	0.08 c	0.10	0.21 b	0.24 a	0.23	0.76 a	0.79 a	0.77
Avg(C)	0.12	0.08	0.10	0.20	0.24	0.22	0.72	0.75	0.74
F-test (Cropping systems)	**			ns			**		
F-test (Fertilizer)	**			ns			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	**			**			**		
CV (C)	1.8			3.3			1.0		
CV (F)	4.5			3.0			1.3		

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

Table 18 Nutrient content (kg/rai) in corn husk under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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 - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)	Corn	Mung bean - Corn	Avg (F)
Without fertilization	83	52	67	0.11a	0.04b	0.08	0.17a	0.12b	0.15	0.47	0.35	0.41
15-10-10	80	79	79	0.07b	0.08ab	0.07	0.14ab	0.20a	0.17	0.61	0.61	0.61
7.5-10-10 + Chicken manure	67	62	65	0.08ab	0.05b	0.06	0.14ab	0.13ab	0.14	0.52	0.47	0.49

7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	36	70	53	0.04b	0.06b	0.05	0.07b	0.16ab	0.12	0.27	0.55	0.41
Avg(C)	67	65	66	0.08	0.06	0.07	0.13	0.15	0.14	0.47	0.50	0.48
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			**			*			ns		
CV (C)	26.5			30.7			24.2			20.4		
CV (F)	33.5			38.0			33.8			33.4		

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 $p < 0.01$

8.7.4 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของซัง

จากตารางที่ 19 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการดิน (ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยอัตราต่าง ๆ มีผลต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในซัง และการจัดการปุ๋ยอัตราต่าง ๆ มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในซัง โดยการไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ข้าวโพดมีความเข้มข้นของไนโตรเจนต่ำที่สุด (0.08 เปอร์เซ็นต์) โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซัง เฉลี่ย 0.12, 0.09 และ 0.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 19)

เมื่อพิจารณาปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนและโพแทสเซียมในซัง โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีการดูดใช้ในโตรเจน เท่ากับ 0.12 กิโลกรัม N ต่อไร่ และโพแทสเซียม เท่ากับ 0.50 กิโลกรัม K ต่อไร่ โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซัง เฉลี่ย 0.09, 0.07 และ 0.40 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 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	0.09	0.06	0.08 b	0.07 b	0.11 a	0.09	0.40 d	0.51 bc	0.45
15-10-10	0.11	0.15	0.13 a	0.06 c	0.08 b	0.07	0.51bc	0.52 bc	0.52
7.5-10-10 + Chicken manure	0.15	0.12	0.12 a	0.11 a	0.08 b	0.10	0.54 b	0.53 b	0.54
7.5-10-10+ Chicken manure +	0.14	0.16	0.15 a	0.10 a	0.09 ab	0.10	0.73 a	0.50 c	0.61

PGPR									
Avg(C)	0.12	0.12	0.12	0.08	0.09	0.09	0.54	0.51	0.53
F-test (Cropping systems)	ns			*			ns		
F-test (Fertilizer)	**			**			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			**			**		
CV (C)	19.0			5.2			6.3		
CV (F)	29.1			19.0			14.9		

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 20 Nutrient content (kg/rai) in corn cob under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	91 ab	59 c	75	0.07	0.03	0.05b	0.06	0.07	0.06	0.33	0.30	0.32b
15-10-10	106 a	92 ab	99	0.11	0.13	0.12a	0.06	0.07	0.07	0.53	0.47	0.50a
7.5-10-10 + Chicken manure	73 b	73 b	73	0.10	0.09	0.10a	0.07	0.06	0.07	0.38	0.40	0.39b
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	49 c	85 ab	67	0.07	0.14	0.11a	0.05	0.08	0.07	0.36	0.42	0.39b
Avg(C)	80	77	79	0.89	0.10	0.09	0.06	0.07	0.07	0.40	0.40	0.40
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	*			**			ns			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	*			ns			ns			ns		
CV (C)	18.9			23.6			22.5			18.5		
CV (F)	26.4			37.7			22.6			19.3		

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 $p < 0.01$

8.7.5 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของเมล็ด

จากตารางที่ 21 การจัดการดิน(ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดข้าวโพด โดยมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเมล็ด เฉลี่ย 0.43, 0.38 และ 0.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวโพดดูดใช้ พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการดิน (ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ ต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ด โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงสุด เท่ากับ 1.67 กิโลกรัม K ต่อไร่ สำหรับปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีค่าโดยเฉลี่ย 1.30, 0.72 และ 1.19 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ จะเห็นว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองพันธุ์มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดสูงสุด รองลงมาเป็นโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสตามลำดับ (Table 22)

Table 21 Nutrient concentration (%) in corn grain under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	0.41	0.55	0.48	0.29	0.41	0.35	0.42	0.38	0.40
15-10-10	0.40	0.46	0.43	0.38	0.39	0.39	0.41	0.42	0.42
7.5-10-10 + Chicken manure	0.45	0.40	0.42	0.40	0.38	0.39	0.41	0.36	0.39
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	0.34	0.44	0.39	0.39	0.43	0.41	0.42	0.44	0.43
Avg(C)	0.40	0.46	0.43	0.36	0.40	0.38	0.42	0.40	0.41
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	ns			ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	ns			ns			ns		

CV (C)	15.7	9.8	13.0
CV (F)	20.6	14.5	10.7

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 22 Nutrient content (kg/rai) in corn grain under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	374ab	204 d	289	1.77	1.10	1.44	0.70	0.67	0.68	1.45ab	0.77c	1.11
15-10-10	409 a	363 b	386	1.62	1.65	1.63	1.11	0.65	0.88	1.67a	1.52a	1.59
7.5-10-10 + Chicken manure	236 c	280 c	258	1.06	1.14	1.10	0.42	0.93	0.68	0.97bc	1.02b	1.00
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	159 c	339 bc	249	0.59	1.50	1.04	0.51	0.75	0.63	0.66c	1.47a	1.07
Avg(C)	294	296	296	1.26	1.35	1.30	0.69	0.75	0.72	1.19	1.19	1.19
F-test (Cropping systems)	ns			ns			ns			ns		
F-test (Fertilizer)	*			ns			ns			**		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)	*			ns			ns			**		
CV (C)	21.4			28.3			26.9			11.7		
CV (F)	31.8			43.1			71.9			27.8		

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 $p < 0.01$

8.7.6 ปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดิน (ระบบการปลูกพืช) และการจัดการปุ๋ยระบบต่าง ๆ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ดูดใช้ธาตุไนโตรเจนมากที่สุด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินในอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ซึ่งมีการดูดใช้ในโตรเจน เฉลี่ย 2.62 กิโลกรัม N ต่อไร่ เช่นเดียวกับการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสดูดใช้ฟอสฟอรัสมากที่สุด เฉลี่ย 1.80 กิโลกรัม P ต่อไร่ ส่วนปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมถูกดูดใช้และนำไปสะสมในส่วนต่าง ๆ โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดูดใช้โพแทสเซียมมากที่สุด 7.34 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 23)

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

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Nutrient uptake (kg/rai) 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	2.72	1.65	2.18	1.72	1.44	1.58	6.10	4.04	5.07
15-10-10	2.54	2.70	2.62	2.06	1.54	1.80	7.49	7.19	7.34
7.5-10-10 + Chicken manure	1.88	2.05	1.96	1.43	1.97	1.70	4.95	5.83	5.39
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	1.31	2.54	1.92	1.23	2.07	1.65	4.09	7.24	5.66
Avg(C)	2.11	2.23	2.17	1.61	1.76	1.68	5.66	6.07	5.87

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุอาหารทุกกรรมวิธีแสดงดังตารางที่ 24 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองระบบการจัดการดิน (ระบบปลูกพืช) มีความเข้มข้นไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในส่วนของเมล็ดสูงกว่าในส่วนของต้น ใบ กาบฝักและชัง โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดเป็น 0.40 และ 0.46 เปอร์เซ็นต์ ในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว และระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ ในขณะที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างเดียวเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ และระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากัน 0.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโพแทสเซียม พบว่า มีมากในส่วนของต้นทั้งสองระบบการปลูกพืชในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว (1.40 เปอร์เซ็นต์) และระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (1.45 เปอร์เซ็นต์)

สำหรับปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิต (ส่วนของเมล็ดและชัง) ที่ต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุกปีในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีการจัดการดิน (ระบบปลูกพืชต่างกัน) ระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว เฉลี่ย 1.3, 0.7 และ 1.6 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ หรือ เทียบเท่ากับปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 เท่ากับ 1.3 – 1.6 – 1.9 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ ส่วนระบบที่ปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิต เฉลี่ย 1.4, 0.8 และ 1.6 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ย 1.4 – 1.8 – 1.9 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ

หากไม่มีการไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ จะทำให้มีธาตุอาหารสูญหายออกไปทั้งหมด ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว เฉลี่ย 2.1, 1.6 และ 5.7 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี 2.1 – 3.6 – 6.8 กิโลกรัม N - P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ ส่วนระบบที่ปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณธาตุอาหารสูญหายออกไปทั้งหมด เฉลี่ย 2.2, 1.8 และ 6.1 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี 2.2 – 4.1 – 7.32 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 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	129	0.12	0.30	1.40	0.2	0.4	1.8
	leave	215	0.25	0.17	0.82	0.5	0.4	1.8
	husk	66	0.11	0.20	0.72	0.1	0.1	0.5
	grain	295	0.40	0.36	0.41	1.3	0.7	1.2
	cob	80	0.12	0.08	0.54	0.1	0.1	0.4
	Total						2.1	1.6
Mung bean - Corn	stalk	147	0.13	0.29	1.45	0.2	0.4	2.1
	leave	237	0.23	0.17	0.78	0.5	0.4	1.8
	husk	65	0.09	0.24	0.75	0.1	0.2	0.5
	grain	296	0.46	0.40	0.40	1.3	0.7	1.2
	cob	77	0.12	0.09	0.51	0.1	0.1	0.4
	Total						2.2	1.8

8.8 การจัดการดิน และปุ๋ยต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบการจัดการดินที่ต่างกัน โดยเป็นการจัดการดินด้านระบบการปลูกพืช ได้แก่ ระบบการปลูกพืชชนิดเดียว และระบบการปลูกพืชหมุนเวียน เพื่อสร้างสมดุลของธาตุอาหารในดิน ลดความเสี่ยงของดินจากการปลูกพืชชนิดเดียวเป็นเวลานานที่มีการจัดการปุ๋ยในระดับเดียวกัน พบว่า การจัดการดินในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงกว่าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชชนิดเดียว เมื่อมีการใส่ปุ๋ยใน

อัตราที่เหมือนกันอย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ย อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ให้ผลผลิตสูงสุด แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกพืชหมุนเวียนมีเอื้อต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

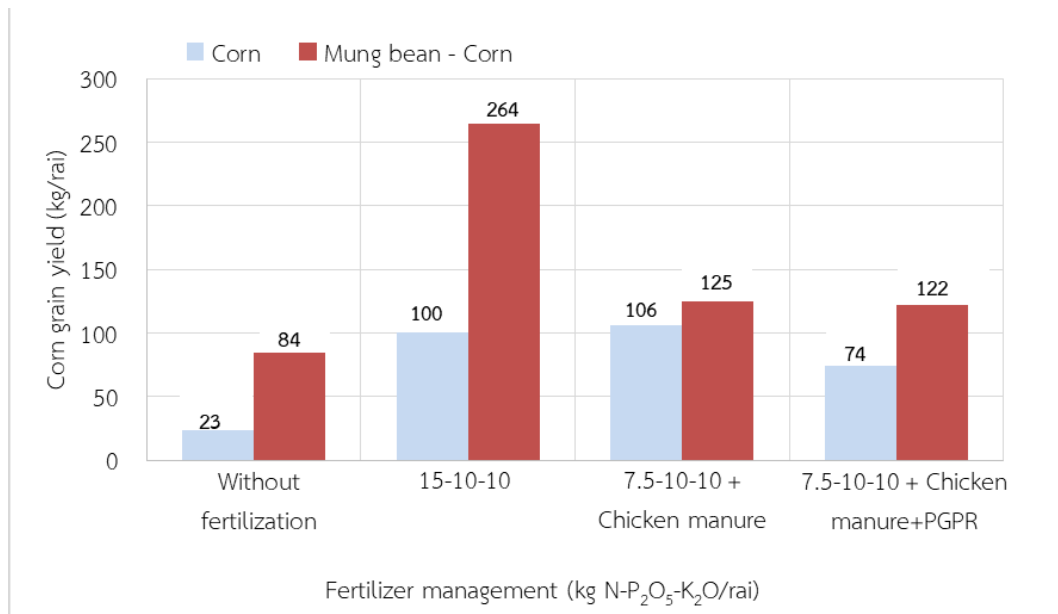


Figure 3 Corn grain yield at 15% moisture content (kg/rai) on corn to fertilizer management under different cropping systems for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay soil at Phetchabun in 2017.

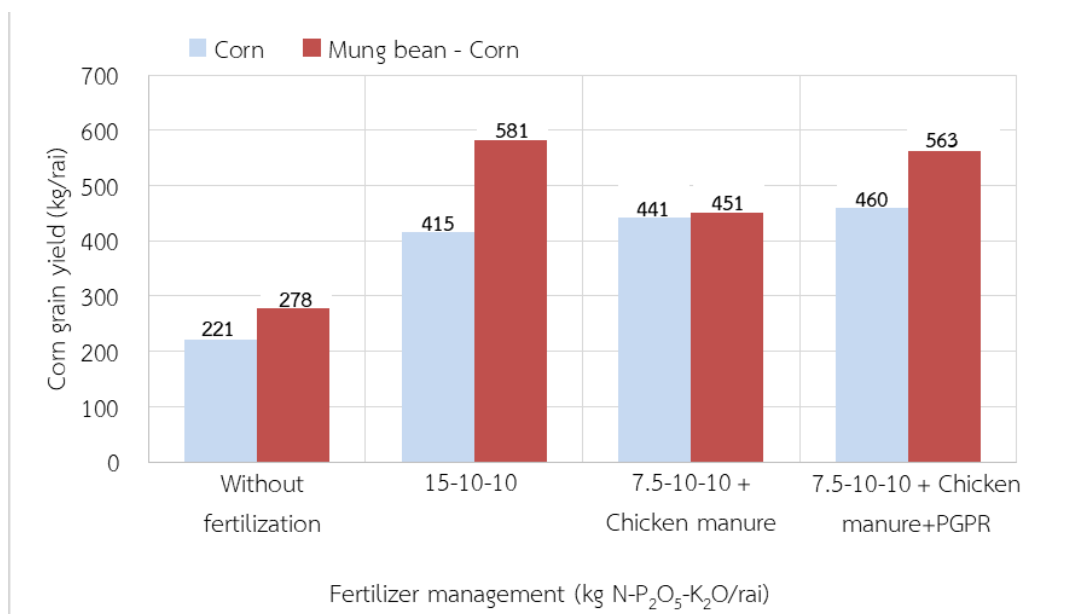


Figure 4 Corn grain yield at 15% moisture content (kg/rai) on corn to fertilizer management under different cropping systems for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay soil at Phetchabun in 2018.

เนื่องจากการปลูกพืชหมุนเวียนถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซากต้นถั่วเขียวเมื่อไถกลบจะเป็นปุ๋ยพืชสดแก่พืช สร้างเสริมธาตุไนโตรเจน ปรับปรุงโครงสร้างของดิน และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Figure 3) ให้ผลในการทำงานเดียวกัน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ใน และระบบการปลูกพืชหมุนเวียนให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้นการใส่ปุ๋ยจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ปลูกในกลุ่มดินเหนียว (Figure 4)

8.9 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

8.9.1 ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

การจัดการดินทั้งปลูกและไม่ปลูกถั่วเขียว ที่ปลูกในดินเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 มีผลให้ความเป็นกรด-ด่างของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดแตกต่างกัน ดินที่ปลูกแบบหมุนเวียน มีความเป็นกรด-ด่างของดิน อยู่ในช่วง 5.6 – 6.3 (เฉลี่ย 5.9) ซึ่งเป็นกรดปานกลาง ส่วนดินที่ปลูกข้าวโพดอย่างเดียว มีค่า pH เฉลี่ย 7.4 มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย (Table 25) ส่วนความเป็นกรด-ด่างของดิน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 ให้ผลในการทำงานเดียวกัน ซึ่งพบว่าระบบการปลูกพืชหมุนเวียนช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

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 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. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
	Without fertilization	7.6 ab	5.6 a	6.6	7.6	6.0	6.8
15-10-10	7.8 a	6.0 a	6.9	7.5	5.6	6.5	6.7
7.5-10-10 + Chicken manure	7.4 ab	5.8 a	6.6	7.3	5.8	6.5	6.6
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	7.0 b	6.3 a	6.6	7.6	5.9	6.8	6.7
Average (C)	7.4 a	5.9 b	6.7	7.5 a	5.8 b	6.7	6.7
F-test (Cropping systems)		**			**		
F-test (Fertilizer)		ns			ns		
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		*			ns		
CV (C)		3.3 %			6.7 %		

CV (F)	8.3 %	6.5 %
--------	-------	-------

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 $p < 0.01$

8.8.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

จากตาราง 16 จะเห็นว่า การปลูกถั่วเขียวตามด้วยปลูกข้าวโพด ที่ปลูกในดินเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (1.97 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการปลูกถั่วเขียว (1.83 เปอร์เซ็นต์) แต่อย่างไรก็ตาม อาจเนื่องจากการปลูกถั่วเขียวแล้วสับกลบ มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้กับพืชมากขึ้น ข้าวโพดซึ่งดูดใช้ธาตุอาหารมากขึ้นไปด้วยทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดรวดเร็ว ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจึงลดต่ำกว่าการไม่ปลูกถั่วเขียว ซึ่งให้ผลผลิตเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการจัดการปุ๋ยในรูปแบบต่าง ๆ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในช่วง 1.57 – 2.12 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อน (1.67 เปอร์เซ็นต์) และหลังการทดลองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเป็นเพราะการย่อยสลายของเศษซากถั่วเขียวเกิดขึ้นเร็ว เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ดินเป็นดินเขตร้อน (Tropical soil) การย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์จึงเกิดขึ้นเร็ว (ศุภกาญจน์, 2560) และประโยชน์ของปริมาณธาตุอาหารจากซากถั่วเขียวขึ้นอยู่กับพันธุ์ ชนิดดิน วิธีการจัดการ รวมทั้งสภาพแวดล้อม (จิราลักษณ์ และคณะ, 2558) ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบว่า การปลูกพืชหมุนเวียน โดยการปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 2.05 เมื่อเทียบกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เพียง 1.71 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามพบว่า การปลูกพืชถั่วเขียวก่อนข้าวโพด มีส่วนในการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในฤดูปลูกที่ 2 จากดินก่อนปลูก 1.67 เป็น 2.05 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 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. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
	Without fertilization	1.57	1.92	1.75 b	1.70	2.06	1.88
15-10-10	1.72	1.87	1.80 b	1.70	2.06	1.88	1.84
7.5-10-10 + Chicken manure	2.12	2.14	2.13 a	1.74	2.04	1.89	2.01

7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	1.92	1.95	1.93 ab	1.72	2.03	1.87	1.90
Average (C)	1.83	1.97	1.90	1.71 b	2.05 a	1.88	1.89
F-test (Cropping systems)		ns				**	
F-test (Fertilizer)		*				ns	
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns				ns	
CV (C)		12.2 %				8.7 %	
CV (F)		15.3 %				11.4 %	

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 $p < 0.01$

8.9.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

รูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ปลูกในดินเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ย 22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 27) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบว่าการปลูกพืชหมุนเวียน โดยการปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเป็น 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 1.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามพบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ถึง 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

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 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. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	21	23	22	28	14	21 b	22

15-10-10	22	20	21	50	26	38 a	30
7.5-10-10 + Chicken manure	22	21	21	33	35	34 ab	28
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	20	27	23	51	45	48 a	36
Average (C)	21	23	22	40 a	30 b	35	29
F-test (Cropping systems)		ns				*	
F-test (Fertilizer)		ns				**	
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns				ns	
CV (C)		11.8 %				36.8 %	
CV (F)		21.4 %				45.7 %	

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 $p < 0.01$

8.9.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

รูปแบบการจัดการดินและการจัดการปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ปลูกในดินเหนียว ฤดูปลูกปีที่ 1 ปี 2560 ไม่ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการดินและรูปแบบการจัดการปุ๋ยวิธีต่าง ๆ โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเฉลี่ย 193 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 28) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ฤดูปลูกปีที่ 2 ปี 2561 พบว่าการปลูกพืชหมุนเวียน โดยการปลูกถั่วเขียวก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นเป็น 344 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูกที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 85.6 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 soil at Phetchabun in 2017.

Fertilizer (F) (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Cropping systems (C) 2017			Cropping systems (C) 2018		Avg. (F)	Avg. 2 yrs. (F)
	Corn	Mung bean - Corn	Avg.(F)	Corn	Mung bean - Corn		
Without fertilization	137	185	161 b	283	282	283 b	222

15-10-10	166	170	168 b	254	367	310 ab	239
7.5-10-10 + Chicken manure	174	268	221 a	305	359	332 ab	277
7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	207	238	222 a	368	367	367 a	295
Average (C)	171	215	193	303 a	344 b	323	258
F-test (Cropping systems)		ns				*	
F-test (Fertilizer)		**				**	
F-test (Cropping systems x Fertilizer)		ns				ns	
CV (C)		40.6 %				36.8 %	
CV (F)		27.3 %				45.7 %	

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 $p < 0.01$

8.10 ผลตอบแทนต่อการลงทุน

จากการทดลอง ผลตอบแทนการลงทุน ที่ปลูกในดินเหนียว สำหรับฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ในระบบการปลูกพืชตาม (ถั่วเขียว-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) มีค่า BCR อยู่ระหว่าง 0.06 – 0.18 (Table 29) กรรมวิธีที่มีการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนมากที่สุด มีค่า BCR เท่ากับ 1.89 ซึ่งหมายความว่า ต้นทุน 1 บาท จะได้ผลตอบแทน 1.89 บาท หรือมีกำไร เท่ากับ 1.89 บาท ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยในระบบการปลูกถั่วเขียวแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุน ระหว่าง 1.43 – 1.70 ส่วนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว พบว่า มี BCR ต่ำกว่า 1 ทุกกรรมวิธี (0.06 – 0.18)

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

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	23	-	159	-	2,600	-2,441	0.06
	15-10-10	100	-	690	-	3,907	-3,217	0.18
	7.5-10-10 + Chicken manure	106	-	731	-	4,593	-3,861	0.16
	7.5-10-10+ Chicken manure +	74	-	511	-	4,809	-4,298	0.11

	PGPR							
Mung bean - Corn	Without fertilization	84	405	580	9,315	5,234	4,661	1.89
	15-10-10	264	405	1,822	9,315	6,540	4,596	1.70
	7.5-10-10 + Chicken manure	125	405	863	9,315	7,227	2,951	1.41
	7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	149	405	1,028	9,315	7,247	3,097	1.43

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

ผลตอบแทนการลงทุน สำหรับฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ในระบบการปลูกพืชตาม และระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวให้ผลตอบแทนต่อการลงทุน มีค่า BCR อยู่ระหว่าง 0.70 – 1.19 ถือว่าทุกกรรมวิธีไม่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุน (Table 30)

Table 30 Benefit cost ration (BCR) under different cropping systems and fertilizer management for Nakhon Sawan 3 hybrid corn in clay 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	221	-	1,823	-	2,600	-777	0.70

	15-10-10	415	-	3,424	-	3,907	-483	0.88
	7.5-10-10 + Chicken manure	441	-	3,638	-	4,552	-914	0.80
	7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	460	-	3,795	-	4,768	-973	0.80
Mung bean - Corn	Without fertilization	278	135	2,294	2970	5,234	30	1.01
	15-10-10	581	135	4,793	2970	6,540	1,223	1.19
	7.5-10-10 + Chicken manure	451	135	3,721	2970	7,186	-495	0.93
	7.5-10-10+ Chicken manure + PGPR	563	135	4,645	2970	7,206	409	1.06

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

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การจัดการดิน ปุ๋ยสำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ปลูกในดินเหนียว จ.เพชรบูรณ์นั้น การจัดการดินทั้งสองรูปแบบในระบบการปลูกพืช 2 ชนิด คือ ระบบการปลูกพืชชนิดเดียว (การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว) และระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (การปลูกถั่วก่อนแล้วตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ไม่ทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูง องค์ประกอบของผลผลิต และสมบัติทางเคมีของดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างกัน ทางสถิติในฤดูปลูกที่ 1 ปี 2560 แต่มีอิทธิพลในฤดูปลูกที่ 2 ปี 2561 พบว่า การจัดการดินในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงกว่าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชชนิดเดียวที่มีการจัดการปุ๋ยในระดับเดียวกัน เนื่องจากระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ช่วยสร้างสมดุลของธาตุอาหารในดิน ลดความเสื่อมโทรมของดินจากการปลูกพืชชนิดเดียวเป็นเวลานาน สำหรับการจัดการปุ๋ยกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด อย่างไรก็ตามการให้คำแนะนำการจัดการดิน และการจัดการปุ๋ย นอกจากจะคำนึงถึงปริมาณผลผลิต และผลกระทบต่อสมบัติดิน ยังต้องเน้นผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจด้วย ดังนั้น เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของการจัดการดินทั้งสองรูปแบบในระบบการปลูกพืช 2 ชนิด การจัดการปุ๋ยที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่มีการไม่มีการใส่ปุ๋ยก็เพียงพอสำหรับการทดลองนี้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดินเหนียวจัด เพื่อพิสูจน์ถึงผลกระทบต่อสมบัติดินเพิ่มเติมในระบบการปลูกพืชดังกล่าว การศึกษาจะปรากฏชัดหลังจากการทดลองอย่างต่อเนื่องจะเป็นข้อมูลยืนยัน การสรุปอิทธิพลของระบบการปลูกพืชต่อสถานภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเหมาะสมของระบบ และปริมาณธาตุอาหารในดิน ทั้งนี้ควรมีการทดสอบ และเก็บข้อมูลระยะยาว เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้รูปแบบคำแนะนำการจัดการดิน (ระบบการปลูกถั่วเขียวตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ร่วมกับการจัดการปุ๋ย ให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสาน จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่หาได้ในท้องถิ่น และปุ๋ยชีวภาพที่เหมาะสม เพื่อเป็นทางเลือกแก่เกษตรกรให้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพียงอย่างเดียว และเป็นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตข้าวโพดอย่างยั่งยืน

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณ ทีมนักวิจัยจากกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเก็บตัวอย่างอย่างดิน ขอขอบคุณ นางสาวศุภกัญญา ล้วนมณี ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา นายพิรพงษ์ เขาวนพงษ์ หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน นายอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ นางสาวสมฤทัย ต้นเจริญ หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยและพัฒนาแบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ย และนางสาวชัชชนพร เกื้อหนู นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทางกายภาพและวัสดุอินทรีย์ สำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

12. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2551. *คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 49 หน้า
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. *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 สุมนา 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*. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 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.

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 soil.



Figure 6 Mung Bean at harvested day.



Figure 7 Fruit corn of Nakhon Sawan 3 hybrid at harvested day



Figure 8 Fruit corn without fertilization



Figure 9 Fruit corn with fertilization at rate 15-10-10 kg N-P₂O₅-K₂O/rai