



**คำสำคัญ:** ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วแปบ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยมูลไก่

**Abstract:**

A continuous use of soils for a long period without appropriate management in plant production can cause soil deterioration and a consequent low production potential. Therefore, a long-term experiment was conducted since 1981 to investigate the effect of fertilizer management and cropping systems in Samo Thod clayey soils under maize production at Nakhon sawan Field Crops Research Center. The experiment was designed in RCB with 12 treatments consisting of three cropping systems such as maize - sorghum, maize - mung bean and maize - lablab bean overlaid with four methods of fertilizer application for maize production i.e. without fertilizer application, chemical fertilizer application at nutrients level of 10-5-5 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/rai, chicken manure application at a rate of 1,000 kg/rai and a combination of chemical fertilizer at nutrients level of 10-5-5 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/rai and chicken manure application at a rate of 1,000 kg/rai.

The results during the 30<sup>th</sup> – 34<sup>th</sup> years of operation showed that the soil organic matter in maize-lablab bean cropping system remained at a higher level than the maize-sorghum and the maize-mung bean cropping systems. A comparison between four methods of fertilizer management on soil properties showed that application of chicken manure caused the lowest depletion of soil organic matter and the highest accumulation of phosphorus and potassium. Whereas, application of chemical fertilizer caused higher depletion of soil organic matter than the application of chicken manure but less than the treatment without fertilizer application which soil organic matter, phosphorus and potassium highly declined.

Analysis of economic return showed that the maize-mung bean cropping system resulted in higher economic return than the maize-sorghum and maize-lablab bean cropping systems. Among those three cropping systems, fertilizer application for maize at nutrients level of 10-5-5 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/rai showed the highest economic return.

**Key Words:** Maize, Sorghum, Mung bean, Lablab bean, Chemical fertilizer, Chicken manure

## 5. คำนำ:

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด 7,292,697 ไร่ โดยพื้นที่ปลูกอยู่ในภาคเหนือ 4,958,330 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1,610,090 ไร่ และภาคกลาง 724,277 ไร่ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวมทั้งประเทศ 4,804,670 ตัน คิดเป็นผลผลิตต่อเนื้อที่ปลูกเฉลี่ย 678 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประกอบด้วยหลายปัจจัย เช่น การเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม การวางแผนการปลูกให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป การใช้พื้นที่ดีให้ผลผลิตสูงและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ตลอดจนการจัดการดินและปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับลักษณะและสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่จากการสำรวจการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีการจัดการปุ๋ยไม่ถูกต้องเหมาะสม จากการสำรวจของ ทศนิยม และคณะ (2554) พบว่าเกษตรกรร้อยละ 64.9 ใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาใช้ในอัตรา 21-30 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรร้อยละ 54.4 ใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย 16-20-0 และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 และร้อยละ 33.3 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 เพียงครั้งเดียว ในขณะที่ผลการสำรวจของ วีรชัย และคณะ (2552) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 30-100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต การจัดการปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินได้นอกจากนี้ การนำเอาผลผลิตออกไปจากพื้นที่ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง เนื่องจากการสูญหายของธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต กอบเกียรติ และคณะ (2551) พบว่า ธาตุอาหารที่สูญหายออกไปกับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 2 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ประกอบด้วย ไนโตรเจน 13.1 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 7.7 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 5.4 กิโลกรัม K ต่อไร่ ในขณะที่ Matsumoto (2002) พบว่าการปลูกข้าวโพดในดินร่วนปนทรายจังหวัดขอนแก่นทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปจากพื้นที่ 6.24 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ หากหลังจากที่เก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วมีการปลูกพืชตามโดยไม่มีการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสม ก็ยิ่งเร่งให้ดินเกิดความเสื่อมโทรมเร็วมากขึ้น ดังนั้นหากใช้ที่ดินในการผลิตพืชอย่างต่อเนื่องระยะเวลานานโดยไม่มีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมมีแนวโน้มทำให้ดินมีศักยภาพการผลิตพืชลดลงได้ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามผลระยะยาวของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกพืชต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินเหนียวชุดดินสมอทอด

## 6. วิธีดำเนินการ

### - อุปกรณ์

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 99 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชยันนาท 36 เมล็ดพันธุ์ถั่วแปบ มูลไก่ผสมแกลบ ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยทริเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ท่อเจาะดิน (soil sampling tube) ค้อนตอกท่อเจาะดิน พลั่วมือ จอบ เสียม วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถังตาข่าย ถังกระดาษ วัสดุอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องแก้ว กระดาษกรอง น้ำกรอง

ปราศจากไอออน สารเคมีต่างๆ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) เครื่องวัดการเปล่งแสงโดยเปลวไฟ (Flame photometer) เครื่องเขย่า และเตาย่อย (Digestion block)

#### - วิธีการ

ทำการทดลองในดินเหนียวชุดดินสมอทอด (Very fine, smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts) เป็นแปลงทดลองกึ่งสาธิตระยะยาว ซึ่งเริ่มต้นดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2524 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของดินภายใต้ระบบปลูกพืชและการจัดการดินที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ RCB ประกอบด้วย 12 กรรมวิธี เก็บข้อมูล 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี กรรมวิธี ประกอบด้วย ระบบปลูกพืช 3 ระบบ ที่มีข้าวโพดเป็นพืชหลัก ตามด้วยพืชรองที่ปลูกหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดไปแล้ว ได้แก่ ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง ข้าวโพด-ถั่วเขียว และข้าวโพด-ถั่วแปบ โดยในระบบปลูกพืช 3 ระบบ มีการใช้ปุ๋ย สำหรับข้าวโพด 4 วิธี ส่วนในพืชตามไม่มีการใส่ปุ๋ย ตามรายละเอียดดังนี้

วิธีที่	การจัดการปุ๋ยสำหรับข้าวโพด	ชนิดของพืชตาม (ไม่ใส่ปุ๋ย)
1	ไม่ใส่ปุ๋ย	ข้าวฟ่าง
2	ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O ต่อไร่	ข้าวฟ่าง
3	ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่โดยน้ำหนักแห้ง	ข้าวฟ่าง
4	ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่โดยน้ำหนักแห้ง	ข้าวฟ่าง
5	ไม่ใส่ปุ๋ย	ถั่วเขียว
6	ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O ต่อไร่	ถั่วเขียว
7	ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่โดยน้ำหนักแห้ง	ถั่วเขียว
8	ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่โดยน้ำหนักแห้ง	ถั่วเขียว
9	ไม่ใส่ปุ๋ย	ถั่วแปบ
10	ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O ต่อไร่	ถั่วแปบ
11	ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่โดยน้ำหนักแห้ง	ถั่วแปบ
12	ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่โดยน้ำหนักแห้ง	ถั่วแปบ

ขนาดแปลงย่อย 40x18 เมตร ปลุกข้าวโพดด้วยระยะปลูก 0.75 x 0.20 เมตร สำหรับกรรมวิธีที่ใส่มูลไก่ หวานให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบก่อนปลูก 1-2 สัปดาห์ ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่รองพื้นพร้อมปลูกโดยใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 33 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่หลังปลูก 3-4 สัปดาห์ ใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 11 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวปลูกแล้วกลบ เก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่ออายุ 110-120 วัน พื้นที่เก็บเกี่ยว 9 ตารางเมตรต่อจุด สุ่ม 4 จุดต่อแปลง หลังเก็บเกี่ยวข้าวโพดทำการไถเตรียมดินและปลูกพืชตาม ได้แก่ ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ ตามวิธีที่กำหนดโดยไม่ใส่ปุ๋ย สำหรับข้าวฟ่างใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 60 เซนติเมตร ส่วนถั่วเขียวและถั่วแปบใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 50 เซนติเมตร หลังเก็บเกี่ยวทำการไถกลบเศษซากต้นข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ ก่อนปลูกข้าวโพดในฤดูถัดไป

วันปลูกข้าวโพดในแต่ละฤดูปลูกเป็นดังนี้ ฤดูปลูกปี 2554 ปลูกวันที่ 15 พฤษภาคม 2554 ฤดูปลูกปี 2555 ปลูกวันที่ 14 พฤษภาคม 2555 ฤดูปลูกปี 2556 ปลูกวันที่ 17 พฤษภาคม 2556 ฤดูปลูกปี 2557 ปลูกวันที่ 21 พฤษภาคม 2557 และ ฤดูปลูกปี 2558 ปลูกวันที่ 14 พฤษภาคม 2558

วันปลูกพืชตาม (ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ) ในแต่ละฤดูปลูกเป็นดังนี้ ฤดูปลูกปี 2554 ปลูกวันที่ 19 กันยายน 2554 ฤดูปลูกปี 2555 ปลูกวันที่ 24 ตุลาคม 2555 ฤดูปลูกปี 2556 ปลูกวันที่ 5 กันยายน 2556 ฤดูปลูกปี 2557 ปลูกวันที่ 22 กันยายน 2557 และฤดูปลูกปี 2558 ปลูกวันที่ 22 กันยายน 2558

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2558

แปลงทดลองระยะยาว A3 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

## 7. ผลการทดลองและวิจารณ์

### ลักษณะหน้าตัดดินชุดดินสมอทอด

ดินในพื้นที่ทดลองจัดอยู่ในชุดดินสมอทอด (Very fine, smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts) แบ่งชั้นดินออกได้เป็น 3 ชั้น ชั้นดินบนที่ระดับความลึก 0-34 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวสีน้ำตาลเข้มและพบจุดประสีน้ำตาลแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง ชั้นดินที่ระดับความลึก 34-70 เซนติเมตร มีการสะสมของอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้น เนื้อดินเป็นดินเหนียวมีสีน้ำตาลแดง และปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ส่วนชั้นดินที่ระดับความลึก 70-110 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวมีน้ำตาลและพบจุดประสีน้ำตาลแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด และที่ระดับความลึก 110 เซนติเมตรลงไปเป็นชั้นหิน (Table 1)

### ผลวิเคราะห์มูลไก่

มูลไก่ที่ใช้ในการทดลองเป็นมูลไก่ผสมแกลบดิบ มีความชื้นเฉลี่ย 21.24 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องใส่ในอัตรา 1,270 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้ได้น้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มูลไก่แกลบมีปฏิกริยาเป็นด่าง มี

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.18 มีค่าการนำไฟฟ้า 4.48 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเค็มน้อย มีอินทรีย์วัตถุ 26.9 เปอร์เซ็นต์ และอินทรีย์คาร์บอน 15.6 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 1.9 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน 8.21 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเป็นปุ๋ยอินทรีย์ มีฟอสฟอรัส 1.6 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 2.5 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 9.3 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสังกะสี 546 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) ดังนั้นในมูลไก่ 1,000 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) จะประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี 19 16 25 93 10 และ 0.5 กิโลกรัม ตามลำดับ

### สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ทำการทดลอง ฤดูปลูกปี 2554 – 2558

ในฤดูปลูกปี 2554 ปลูกข้าวโพดวันที่ 15 พฤษภาคม 2554 พบว่า ฝนมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ ตลอดฤดูปลูก และมีปริมาณฝนรวมตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดเท่ากับ 871.7 มิลลิเมตร ทำให้ข้าวโพดได้รับน้ำฝนในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการตลอดฤดูปลูก (Figure 1) จากนั้นปลูกพืชตามได้แก่ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ วันที่ 19 กันยายน 2554 พบว่า พืชได้รับน้ำฝนจนกระทั่งถึงวันที่ 16 ตุลาคม 2554 และหลังจากนั้นในช่วงวันที่ 17 ตุลาคม 2554 ถึงวันที่ 8 พฤศจิกายน 2554 ไม่มีฝนตกเป็นระยะเวลายาวนานถึง 23 วัน (Figure 1) จึงทำให้ข้าวฟ่างและถั่วเขียวที่ปลูกในช่วงดังกล่าวได้รับความเสียหายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติและให้ผลผลิตได้

ในฤดูปลูกปี 2555 ปลูกข้าวโพดวันที่ 14 พฤษภาคม 2555 พบว่า ฝนมีปริมาณน้อยกว่าในปี 2554 แต่มีการกระจายตัวสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก และมีปริมาณฝนรวมตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดเท่ากับ 450 มิลลิเมตร การปลูกพืชตามในฤดูปลูก 2555 มีความล่าช้า โดยปลูกวันที่ 24 ตุลาคม 2555 แต่ฤดูฝนสิ้นสุดตั้งแต่วันที่ 29 พฤศจิกายน 2555 (Figure 2) จึงทำให้พืชตามที่ปลูกในช่วงดังกล่าวได้รับปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพืชตลอดฤดูปลูก ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของข้าวฟ่าง และทำให้ถั่วเขียวไม่สามารถเจริญเติบโตตามปกติได้

ฤดูปลูกปี 2556 ปลูกข้าวโพดวันที่ 17 พฤษภาคม 2556 พบว่า รูปแบบของฝนในช่วงฤดูปลูกไม่เหมาะสมกับความต้องการของพืช โดยมีฝนตกในปริมาณมาก 2 ครั้ง ในวันที่ 30 พฤษภาคม 2556 มีปริมาณน้ำฝน 88.8 มิลลิเมตร และในวันที่ 5 มิถุนายน 2556 มีปริมาณน้ำฝน 75.1 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณน้ำฝนต่อครั้งในปริมาณมากเช่นนี้เกิดประโยชน์ต่อพืชน้อยมากเนื่องจากจะเกิดการไหลบ่าของน้ำ และดินอยู่ในภาวะขังน้ำทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของรากพืชลดน้อยลงและกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด แต่ในช่วงวันที่ 29 มิถุนายน 2556 จนกระทั่งวันที่ 1 สิงหาคม 2556 ซึ่งข้าวโพดมีอายุ 43-76 วันหลังปลูก หรืออยู่ในช่วงออกดอกและสร้างเมล็ด ฝนมีปริมาณค่อนข้างน้อย (Figure 3) ไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด ดังนั้นจึงทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ โดยปริมาณฝนรวมตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดเท่ากับ 497 มิลลิเมตร ซึ่ง Arnon (1974) รายงานว่าหากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงตั้งแต่ออกดอกตัวผู้จนกระทั่งเริ่มสร้างเมล็ด จะทำให้ผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ในทำนองเดียวกัน พิเศษฐ์ และคณะ (2250) รายงานว่าหากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมขาดน้ำในช่วงออกดอกมีผลทำให้ผลผลิตลดลง 44 เปอร์เซ็นต์

สำหรับพืชตามซึ่งปลูกวันที่ 5 กันยายน 2556 หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดเสร็จพื้นที่โดยไม้ไผ่เตรียมดิน จึงทำให้พืชตามได้รับน้ำฝนอย่างเพียงพอตลอดฤดูปลูก

ฤดูปลูกปี 2557 ปลูกข้าวโพดวันที่ 21 พฤษภาคม 2557 พบว่า ข้าวโพดได้รับน้ำฝนในปริมาณที่เพียงพอและค่อนข้างสม่ำเสมอตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งถึงวันที่ 19 กรกฎาคม 2557 หลังจากนั้นเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงหรือมีฝนตกในปริมาณน้อยมากไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดตั้งแต่วันที่ 19 กรกฎาคม 2557 ถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2557 (Figure 4) ซึ่งข้าวโพดมีอายุ 59-82 วันหลังปลูก หรืออยู่ในระยะออกดอกจนถึงระยะสร้างเมล็ด ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวโพดได้ แม้ว่าปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดมีปริมาณเท่ากับ 639.2 มิลลิเมตร สำหรับพืชตามซึ่งปลูกวันที่ 22 กันยายน 2557 หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพด 4 วัน โดยไม้ไผ่เตรียมดิน พบว่า ทำให้พืชตามได้รับน้ำฝนอย่างเพียงพอตลอดฤดูปลูก

ฤดูปลูกปี 2558 ปลูกข้าวโพดวันที่ 14 พฤษภาคม 2558 พบว่า ในช่วงที่ปลูกข้าวโพดเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานตั้งแต่วันที่ 25 มิถุนายน 2558 ถึงวันที่ 28 กรกฎาคม 2558 (Figure 5) ซึ่งข้าวโพดมีอายุ 42 – 75 วัน หรืออยู่ในระยะออกดอกและสร้างเมล็ด จึงส่งผลกระทบต่อทำให้ผลผลิตของข้าวโพดสูงมาก

### ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

ในระบบที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักและปลูกข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแปบ เป็นพืชตาม พบว่า ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบ ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าในระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วเขียวเป็นพืชตามเล็กน้อย (Figure 6) แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่าระบบปลูกพืช โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโคดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าการจัดการการปุ๋ยในกรรมวิธีอื่นๆ เป็นเพราะมูลโคมีปฏิกิริยาเป็นด่าง เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยยูเรียซึ่งให้ปฏิกิริยาเป็นด่างต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลายาวนาน จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มสูงขึ้น (Figure 7) แต่การใช้ปุ๋ยมูลโคเพียงอย่างเดียวดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยและกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

การปลูกข้าวโพดในชุดดินสมอทอดซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้อินทรีย์วัตถุในดินมีแนวโน้มลดลงทุกกรรมวิธี ทั้งนี้เนื่องจากสภาพภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้นจึงทำให้วัสดุอินทรีย์ในดินสลายตัวได้มากและเร็ว อย่างไรก็ตามการจัดการระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยก็เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดิน โดยพบว่า ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบดินมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าในระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างและระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว (Figure 8) เนื่องจากถั่วแปบให้ชีวมวลมากกว่าถั่วเขียวและข้าวฟ่าง ในขณะที่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินอย่างเด่นชัดกว่าระบบปลูกพืช โดยพบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลโคร่วมกับปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีที่ใส่มูลโค ดินมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ (Figure 9) ทั้งนี้เพราะกรรมวิธีที่ใส่มูลโคเป็นการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุให้กับดินโดยตรง ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีนั้นทำให้พืชที่ปลูกในพื้นที่มีการเจริญเติบโตสร้างชีวมวลได้มาก ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดินจึงเป็นการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน จึงทำให้ดินในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่

ปุ๋ย แต่ระบบปลูกพืชมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยมาก โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินภายใต้ระบบปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่าง ระบบปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว และระบบปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแบบไม่แตกต่างกัน (Figures 10 and 12) ในทางกลับกัน การจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อย่างเด่นชัด โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อาร่วมกับปุ๋ยเคมี ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียว กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ (Figures 11 and 13) ทั้งนี้เพราะมูลไก่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบถึง 1.6 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อไร่ จึงมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ลงไปในดินเท่ากับ 16 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากเกินกว่าความต้องการใช้ของข้าวโพด ดังนั้นจึงทำให้มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเหลือตกค้างสะสมอยู่ในดิน

#### **ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด**

จากการทดลองในฤดูปลูกปี 2554-2558 พบว่า ระบบปลูกพืชที่มีข้าวโพดเป็นพืชหลักตามด้วยข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแบบ มีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดน้อยมาก โดยข้าวโพดที่ปลูกใน 3 ระบบดังกล่าวให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่ปรับปรุงดินด้วยมูลไก่อาร่วมกับปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ให้ผลผลิตข้าวโพดไม่แตกต่างกัน แต่ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3 and Figure 14)

#### **ปริมาณการใช้ธาตุอาหารของข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และถั่วแบบ**

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินสมอทอด พบว่า ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเมล็ด แต่โพแทสเซียมส่วนใหญ่สะสมในลำต้น เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 723 กิโลกรัมต่อไร่ จะมีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนเฉลี่ย 12.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2.6 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 11.6 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 4) ธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่โดยผลผลิตหรือจากเมล็ดและซังประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 9.1 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2.2 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 3.6 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 4)

เมื่อปลูกข้าวฟ่างหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยไม่ใส่ปุ๋ย พบว่า ข้าวฟ่างให้ผลผลิตเฉลี่ย 236 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนเฉลี่ย 3.9 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 1.3 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 6.9 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 5) ธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่โดยผลผลิตหรือจากเมล็ดและก้านช่อประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 2.1 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.9 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 0.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 5)



การปลูกถั่วเขียวหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยไม่ใส่ปุ๋ย พบว่า ถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ย 111 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆของถั่วเขียวประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 5.0 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.1 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 4.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 6) ซึ่งไนโตรเจนบางส่วนอาจได้มาจากการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศโดยไรโซเบียมที่อาศัยอยู่บริเวณรากถั่ว แต่ไนโตรเจนส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเมล็ด ดังนั้นเมื่อนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่จึงทำให้ไนโตรเจนส่วนใหญ่ถูกนำออกไปด้วย โดยพบว่าการนำผลผลิตถั่วเขียวออกไปจากพื้นที่ทำให้มีธาตุอาหารที่สูญหายออกไปประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 3.6 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.07 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 0.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 6)

ในขณะที่การปลูกถั่วแบบหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยไม่ใส่ปุ๋ย พบว่า ถั่วแบบให้ผลผลิตเฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆของถั่วเขียวประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 4.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.5 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 3.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 7) ซึ่งไนโตรเจนบางส่วนอาจได้มาจากการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศโดยไรโซเบียมที่อาศัยอยู่บริเวณราก เช่นเดียวกับถั่วเขียว แต่ไนโตรเจนในถั่วแบบส่วนใหญ่สะสมอยู่ในต้นและเมล็ด ดังนั้นจึงทำให้ไนโตรเจนสูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตน้อยกว่าถั่วเขียว แต่ในทางกลับกันการปลูกถั่วแบบทำให้มีไนโตรเจนใส่กลับลงไปในดินโดยการไถกลบเศษซากต้นใบมากกว่าถั่วเขียว การนำผลผลิตถั่วแบบออกไปจากพื้นที่ทำให้มีธาตุอาหารที่สูญหายออกไปประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 2.0 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.22 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.1 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 7)

### **ปริมาณธาตุอาหารในเศษซากพืชที่ไถกลบลงไปในดินและที่สูญหายไปกับผลผลิตในระบบปลูกพืชที่มีข้าวโพดเป็นพืชหลัก**

ในระบบปลูกพืชที่มีข้าวโพดเป็นพืชหลักและปลูกข้าวฟ่างเป็นพืชตาม หากไถกลบเศษซากต้นใบข้าวโพดและข้าวฟ่างจะมีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดินประกอบด้วยไนโตรเจน 5.0 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.9 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 14.2 กิโลกรัม K ต่อไร่ ส่วนธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตของข้าวโพดและข้าวฟ่างประกอบด้วยไนโตรเจน 11.3 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 2.9 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 4.3 กิโลกรัม K ต่อไร่ ส่วนในระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียว เมื่อไถกลบเศษซากต้นใบข้าวโพดและถั่วเขียวจะมีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดินประกอบด้วยไนโตรเจน 4.7 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.5 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 11.0 กิโลกรัม K ต่อไร่ ส่วนธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตของข้าวโพดและถั่วเขียวประกอบด้วยไนโตรเจน 12.9 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 2.2 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 5.3 กิโลกรัม K ต่อไร่ ในขณะที่ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแบบ เมื่อไถกลบเศษซากต้นใบข้าวโพดและถั่วแบบจะมีธาตุอาหารใส่กลับลงไปในดินประกอบด้วยไนโตรเจน 5.8 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 0.7 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 10.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ ส่วนธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตของข้าวโพดและถั่วเขียวประกอบด้วยไนโตรเจน 11.2 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 2.4 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 4.6 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 8)

## ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการจัดการปุ๋ยในระบบปลูกพืชที่มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืช

### หลัก

การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ Benefit to Cost Ratio (BCR) พบว่า ระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียวให้ผลตอบแทนต่อหน่วยลงทุนมากกว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างและข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบ ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตถั่วเขียวมีราคาสูงในขณะที่ข้าวฟ่างและถั่วแปบมีราคาต่ำ เมื่อเปรียบเทียบภายในระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่าง พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า BCR เท่ากับ 1.26 ส่วนในระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียวให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนทุกกรรมวิธี แต่หากใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า BCR เท่ากับ 1.98 และในทำนองเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบภายในระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบ พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า BCR เท่ากับ 1.30 (Table 9)

### 8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

การสูญหายของธาตุอาหารไปกับผลผลิตข้าวโพด ประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 9.1 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2.2 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 3.6 กิโลกรัม K ต่อไร่ การสูญหายของธาตุอาหารไปกับผลผลิตข้าวฟ่างประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 2.1 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.9 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 0.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ การสูญหายของธาตุอาหารไปกับผลผลิตถั่วเขียวประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 3.6 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.07 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 0.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ การสูญหายของธาตุอาหารไปกับผลผลิตถั่วแปบประกอบด้วยไนโตรเจนเฉลี่ย 2.0 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.22 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.1 กิโลกรัม K ต่อไร่

ผลของระบบปลูกพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน แสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วแปบหลังจากที่เก็บเกี่ยวข้าวโพด ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าระบบที่ปลูกข้าวฟ่างและถั่วเขียวเป็นพืชตาม ในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินสมอทอดอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน วิธีการที่ไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ลดลงและมีปริมาณต่ำ วิธีการที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินลดลงน้อยกว่าวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนวิธีการที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุในดินลดลงน้อยที่สุด และทำให้ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สะสมอยู่ในปริมาณสูง

ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน แสดงให้เห็นว่าหากไม่ใส่ปุ๋ยจะมีผลทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ลดลงและมีปริมาณต่ำ การใส่

ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินลดลงน้อยกว่า การไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนการใส่ปุ๋ยมูลไก่ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุในดินลดลงน้อยที่สุด และทำให้ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สะสมอยู่ในปริมาณสูง

ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ระบบปลูก พืชต่างๆ มีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดไม่แตกต่างกัน แต่การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการให้ผลผลิตของ ข้าวโพดอย่างเด่นชัด โดยพบว่า วิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ข้าวโพดให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากวิธีที่ใช้มูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุ อาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ให้ผลผลิตมากกว่า วิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย เมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยถั่วเขียวให้ผลตอบแทนต่อ หน่วยลงทุนมากกว่าระบบที่ปลูกข้าวโพดตามด้วยข้าวฟ่างและข้าวโพดตามด้วยถั่วแปบ และระบบปลูกพืชทั้ง 3 ระบบ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุดเมื่อใช้ปุ๋ยในที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่

9. **การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:** ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับผู้ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มผสม และใช้เป็นข้อมูลในการบรรยายให้การฝึกอบรมแก่นักวิจัยและเกษตรกร

#### 10. เอกสารอ้างอิง:

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ อัจฉรา นันทกิจ สมปอง หมิ่นแจ้ง ไพโรจน์ พันธุ์พฤษฯ. 2551. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพกับการผลิตข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 2 ในชุดดินวังสะพุง. *วารสารวิชาการเกษตร* 26(1): 82-90

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์ สหัชชัย คงทน หรั่ง มีสวัสดิ์ ประดิษฐ์ บุญ อำพล กุ้เกียรติ สร้อยทอง ชัญญา ทิพานุภะ. 2554. โครงการวิจัยการพัฒนาระบบการให้คำแนะนำ การใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ระยะที่ 2. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการ วิจัย. 95 หน้า

พิเชษฐ์ กรุดลอยมา และ สมชาย บุญประดับ. 2550. การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความ ทนแล้งในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. รายงานผลงานวิจัยสิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร ปีงบประมาณ 2550. 10 น.

วีระชัย กาญจนาลัย พรทิพย์ ไทรพิทักษ์ ไพจิตร ชัยสิทธิ์ วันดี พึ่งเจาะ มริกา คันธา อติศร ใจชื่น. 2552. เขตการใช้ที่ดินพืชเศรษฐกิจ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. เอกสารวิชาการเลขที่ 170/12/52 สำนักสำรวจดิน และวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 312 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2557. สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร กรุงเทพมหานคร. 215 หน้า.

Arnon, L. 1974. Mineral Nutrition on Maize. International Potash Institute. Werder AG, Switzerland, 452 P.

Matsumoto N., K. Paisancharoen, C. Wongwiwatchai, and P.Chairoj. 2002. Nitrogen Cycles and Nutrient Balance in Agro-Ecosystems in Northeast Thailand. Pages 49-53. *In*: Development of Sustainable Agricultural System in Northeast Thailand through Local Resource Utilization and Technology Improvement. O. Ito and N. Matsumoto (eds.). JIRCAS Working Report No.30 Comprehensive collaborative research project “Development of sustainable agriculture in Northeast Thailand”.

**Table 1.** Characteristics of Samo Thod Soil profile

Soil depth (cm)	Soil color	Mottle color	Soil texture	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Soil pH
0 – 34	7.5 YR 3/2 dark brown	5 YR 4/4 Reddish brown	Loamy clay	1.58	6.8
34 – 70	5 YR 4/4 Reddish brown	-	Clay	1.51	5.4
70 – 110	7.5 YR 4/2 Brown	2.5 YR 4/4 Reddish brown	Clay	1.57	5.1
Bed rock					

**Table 2.** Chemical properties of Chicken manure

Analytical parameters	Analytical data
Moisture (% on fresh weight basis)	21.24
pH 1:2	8.18
EC 1:10 (dS/m)	4.48
C/N	8.21
Organic matter (%)	26.9
Organic carbon (%)	15.6
Nitrogen (%)	1.9
Phosphorus (%)	1.6
Potassium (%)	2.5
Calcium (%)	9.3
Magnesium (%)	1.0
Zinc (mg/kg)	546

**Table 3.** Maize grain yield at 15% moisture content during 2011-2015

Treatments	Maize grain yield (kg/rai)					
	2011	2012	2013	2014	2015	Average
Maize (No CF)/Sorghum	388	286	204	352	224	291
Maize (CF)/Sorghum	862	715	516	926	292	662
Maize (OF)/Sorghum	848	936	710	859	168	704
Maize (CF+OF)/Sorghum	1063	1082	722	781	51	740
Maize (No CF)/Mung bean	480	438	225	397	250	358
Maize (CF)/Mung bean	876	867	585	837	315	696

Maize (OF)/Mung bean	902	1123	846	917	472	852
Maize (CF+OF)/Mung bean	1050	1088	869	886	479	874
Maize (No CF)/Lablab bean	432	404	226	474	172	342
Maize (CF)/Lablab bean	901	882	814	760	445	760
Maize (OF)/Lablab bean	1051	1036	808	735	123	751
Maize (CF+OF)/Lablab bean	1196	1078	799	846	391	862

**Table 4.** Nutrients uptake of Nakhon Sawan 3 maize grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province.

Maize	Dried matter	N (%)	P (%)	K (%)	N uptake (kg N/rai)	P uptake (kg P/rai)	K uptake (kg K/rai)
Stalks	262	0.35	0.04	1.82	1.0	0.1	5.3
Leaves	309	0.51	0.06	0.51	1.6	0.2	1.7
Ear husks	151	0.51	0.06	0.74	0.8	0.1	1.1
Grain	607	1.38	0.32	0.45	8.7	2.1	2.9
Cob	113	0.39	0.05	0.63	0.4	0.1	0.7
Total uptake (kg nutrient/rai)					12.5	2.6	11.6

Average yield of maize was about 723 kg/rai.

**Table 5.** Nutrients uptake of sorghum grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province.

Sorghum	Dried matter	N (%)	P (%)	K (%)	N uptake (kg N/rai)	P uptake (kg P/rai)	K uptake (kg K/rai)
Stalks	190	0.34	0.12	2.26	0.6	0.2	4.3
Leaves	210	0.50	0.14	0.89	1.1	0.3	1.9
Grain	206	0.90	0.32	0.09	1.8	0.7	0.2
Rachis	60	0.53	0.15	0.95	0.3	0.1	0.5
Total uptake					3.9	1.3	6.9

Average yield of sorghum was about 236 kg/rai.

**Table 6.** Nutrients uptake of mung bean grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province.

Mung bean	Dried matter	N (%)	P (%)	K (%)	N uptake (kg N/rai)	P uptake (kg P/rai)	K uptake (kg K/rai)
Stalks	51	0.88	0.06	4.03	0.5	0.03	2.1
Leaves	37	2.28	0.06	2.35	0.9	0.02	0.9
Grain	98	3.60	0.06	1.32	3.5	0.06	1.3
Hull	19	0.69	0.06	2.15	0.1	0.01	0.4
Total uptake					5.0	0.12	4.7

Average yield of mung bean was about 111 kg/rai

**Table 7.** Nutrients uptake of lablab bean grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province.

Lablab bean	Dried matter	N (%)	P (%)	K (%)	N uptake (kg N/rai)	P uptake (kg P/rai)	K uptake (kg K/rai)
Stalks	179	0.83	0.14	1.25	1.6	0.23	2.5
Leaves	28	3.22	0.20	0.59	0.9	0.05	0.2
Grain	49	2.68	0.36	0.98	1.3	0.18	0.5
Hull	35	2.05	0.14	1.63	0.7	0.04	0.6
Total uptake					4.5	0.50	3.7

Average yield of lablab bean was about 60 kg/rai.

**Table 8** Nutrients return by incorporation of crop residues and nutrients loss by yield components in different maize cropping systems

Cropping systems	N (kg N/rai)	P (kg P/rai)	K (kg K/rai)
Maize - sorghum cropping system			
● Return	5.0	0.9	14.2
● Loss	11.3	2.9	4.3
Maize - Mung bean cropping system			
● Return	4.7	0.5	11.0
● Loss	12.9	2.2	5.3
Maize - Lablab bean cropping system			
● Return	5.8	0.7	10.7
● Loss	11.2	2.4	4.6

**Table 9.** Benefit to cost ratio (BCR) of fertilizer application for maize grown on Samo Thod soils at Nakhon Sawan Province

Treatments	Maize yield (kg/rai)	2nd crops yield	Fix cost	Variable cost	Total cost	Income	Benefit	BCR
	-----kg/rai-----			-----Baht/rai-----				
Maize (No CF)/Sorghum	291	148	1,490	175	1,665	3,109	1,445	0.87
Maize (CF)/Sorghum	662	219	1,490	1,323	2,813	6,368	3,555	1.26
Maize (OF)/Sorghum	733	393	1,490	2,662	4,152	7,952	3,799	0.91

Maize (CF+OF)/Sorghum	710	473	1,490	3,575	5,065	8,258	3,194	0.63
Maize (No CF)/Mung bean	358	62	1,920	215	2,135	4,585	2,450	1.15
Maize (CF)/Mung bean	696	147	1,920	1,344	3,264	9,728	6,464	1.98
Maize (OF)/Mung bean	845	169	1,920	2,730	4,650	11,530	6,881	1.48
Maize (CF+OF)/Mung bean	881	193	1,920	3,677	5,597	12,501	6,903	1.23
Maize (No CF)/Lablab bean	342	26	1,360	205	1,565	2,864	1,299	0.83
Maize (CF)/Lablab bean	760	52	1,360	1,382	2,742	6,318	3,576	1.30
Maize (OF)/Lablab bean	759	77	1,360	2,678	4,038	6,560	2,522	0.62
Maize (CF+OF)/Lablab bean	853	81	1,360	3,660	5,020	7,324	2,304	0.46

Note:

Cost of tillage, seeds, planting and chemicals = 960 Baht/rai

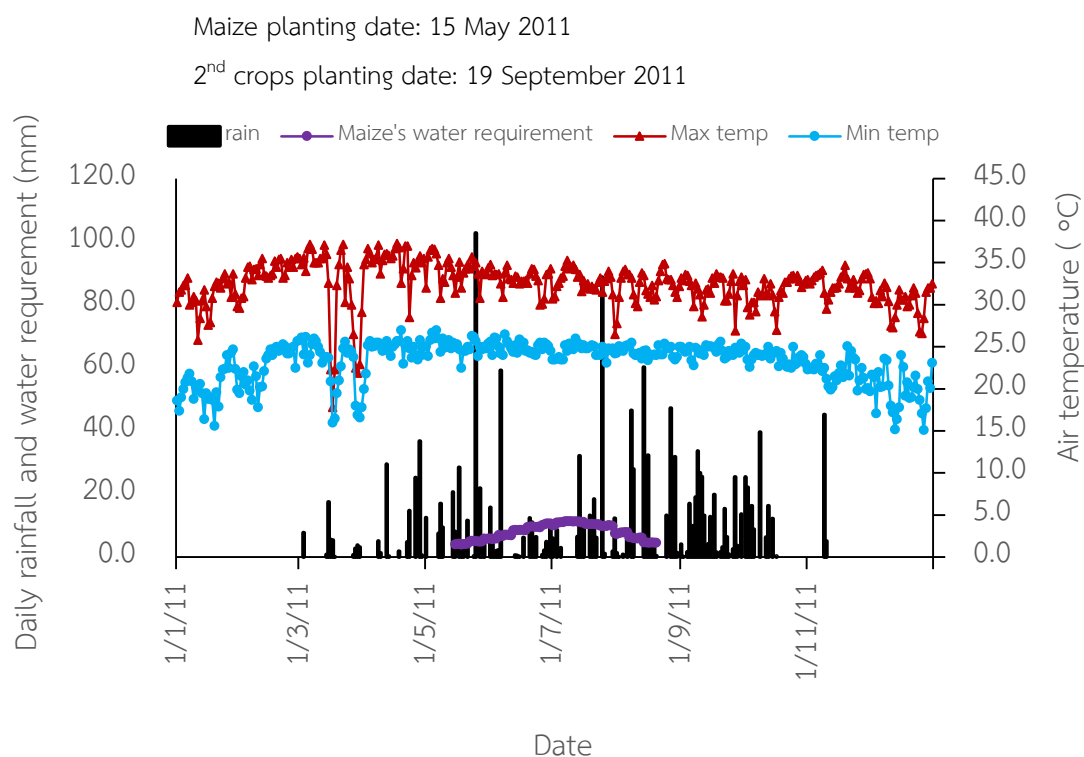
Cost of fertilizers: urea = 12.5 Baht/kg, 15-15-15 = 18 Baht/kg, chicken manure = 0.75 Baht/kg

Cost of maize harvesting = 0.6 Baht/kg grain

Cost of 2<sup>nd</sup> crops planting = 200, 220 and 200 Baht/rai for sorghum, mung bean and lablab bean, respectively.

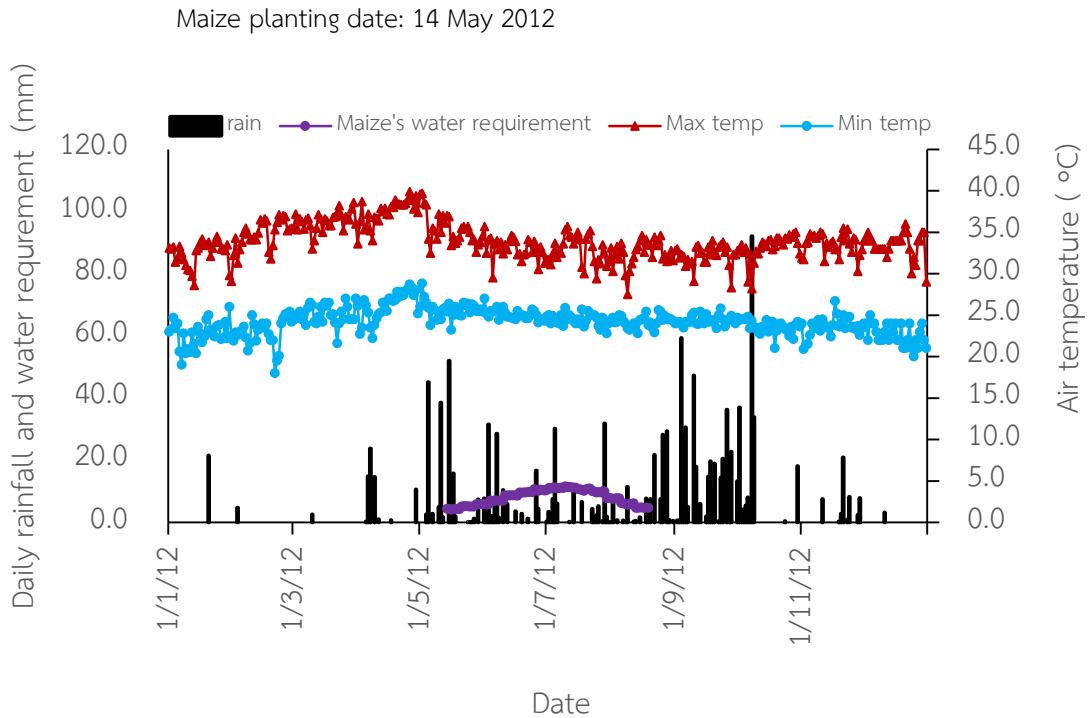
Cost of 2<sup>nd</sup> crops harvesting = 250, 650 and 200 Baht/rai for sorghum, mung bean and lablab bean, respectively.

Price of grain = 7.63, 6.0, 30.0, 10.0 Baht/kg for maize, sorghum, mung bean and lablab bean, respectively

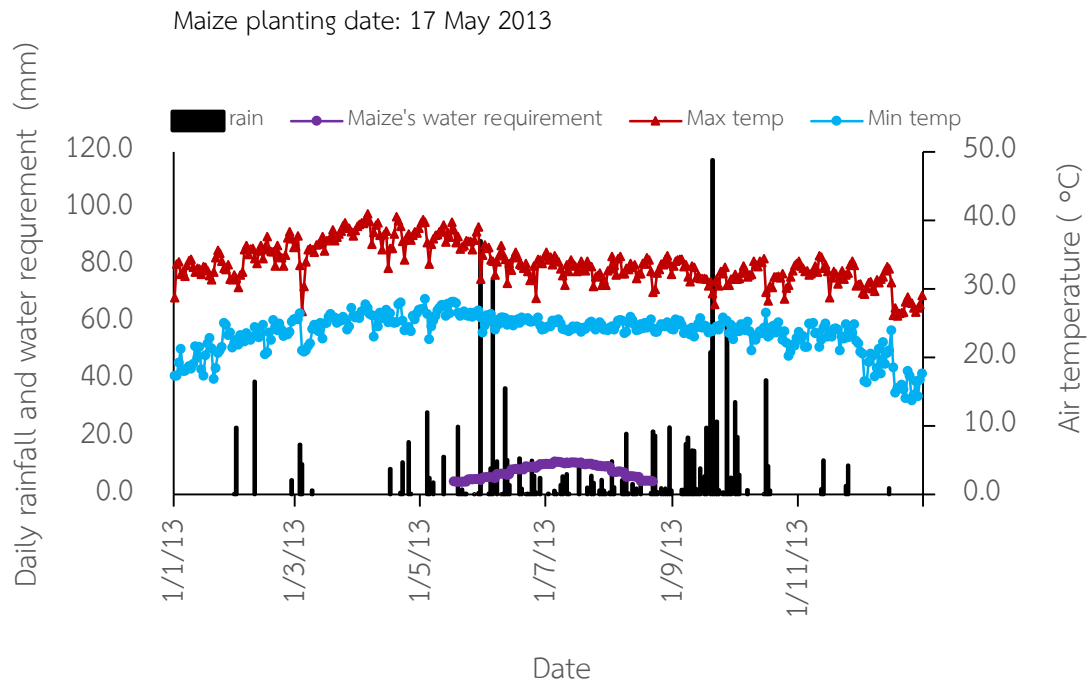


**Figure 1.** Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January 2011 to December 2011

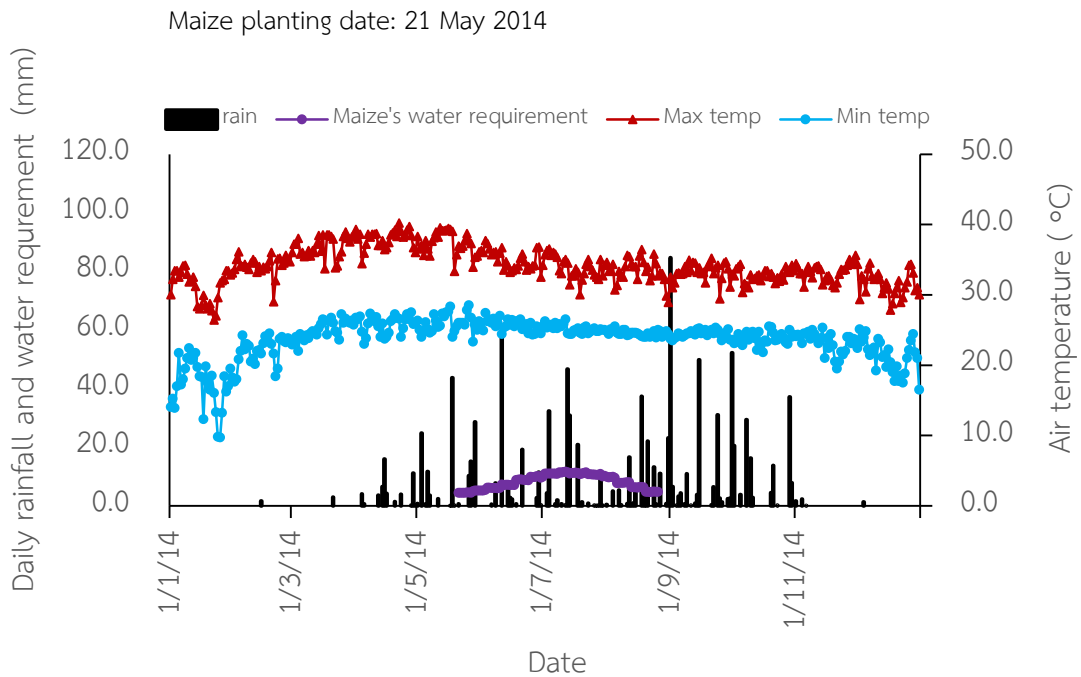




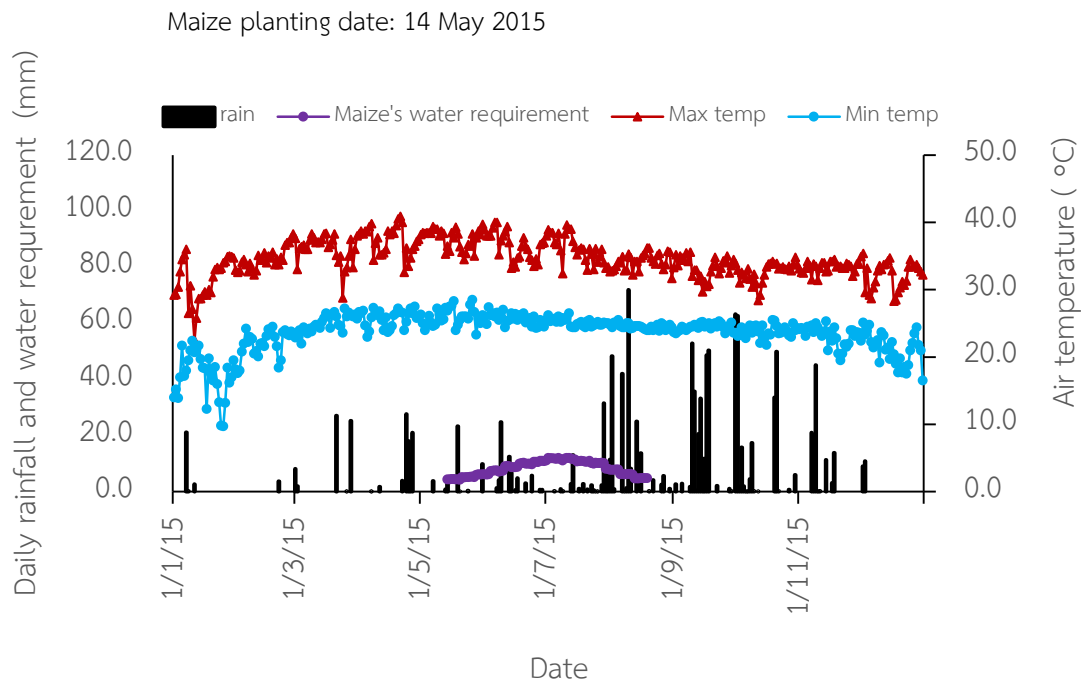
**Figure 2.** Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January 2012 to December 2012



**Figure 3.** Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January 2013 to December 2013



**Figure 4.** Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January 2014 to December 2014



**Figure 5.** Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January 2015 to December 2015

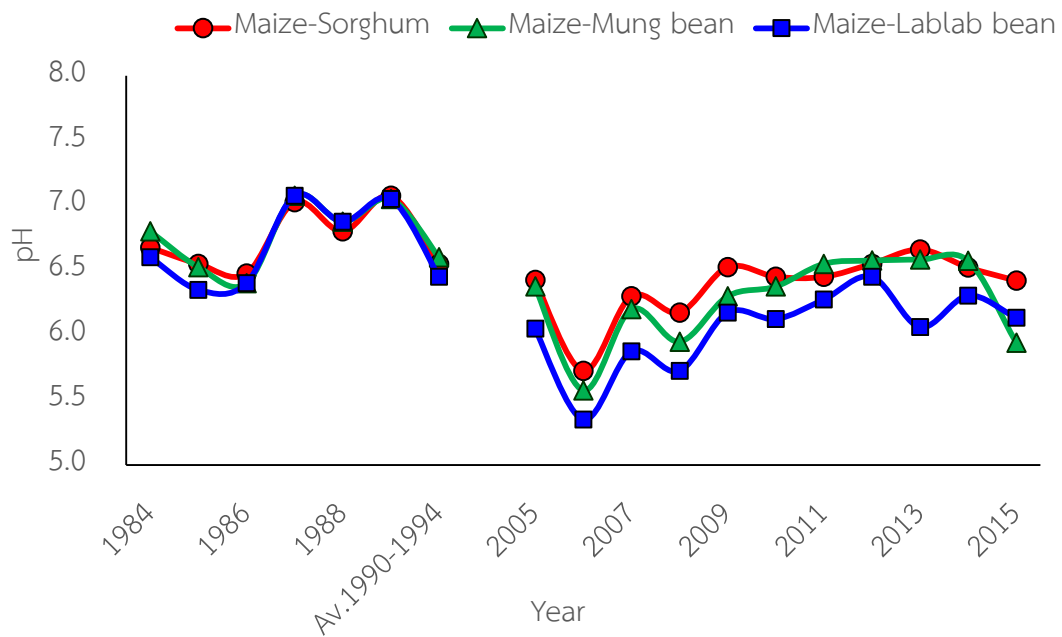


Figure 6. Changes of soil pH under different maize cropping systems

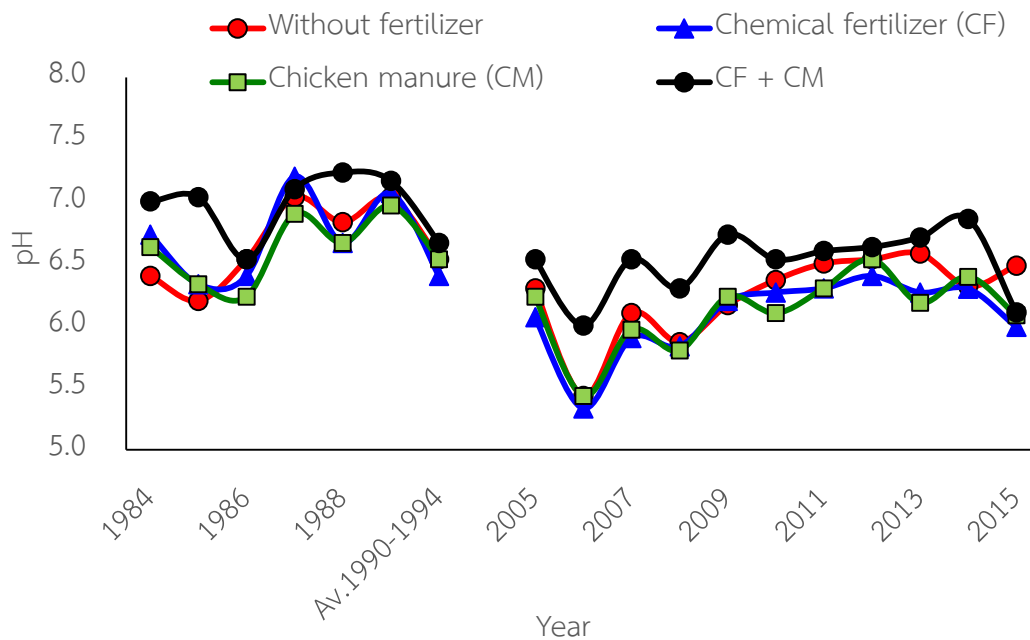
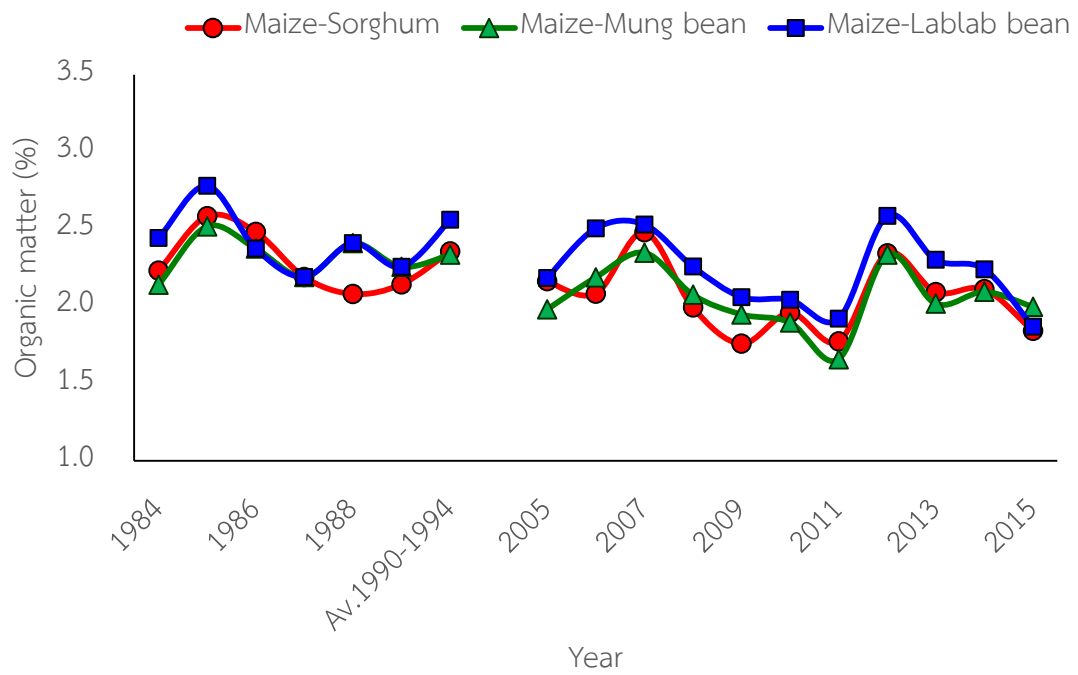
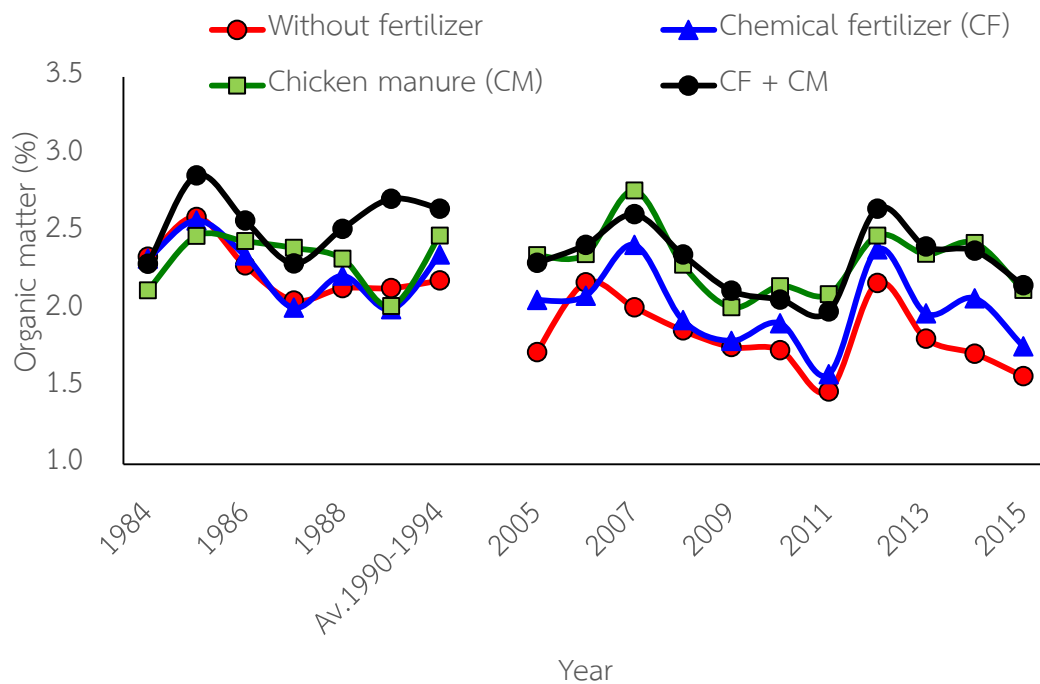


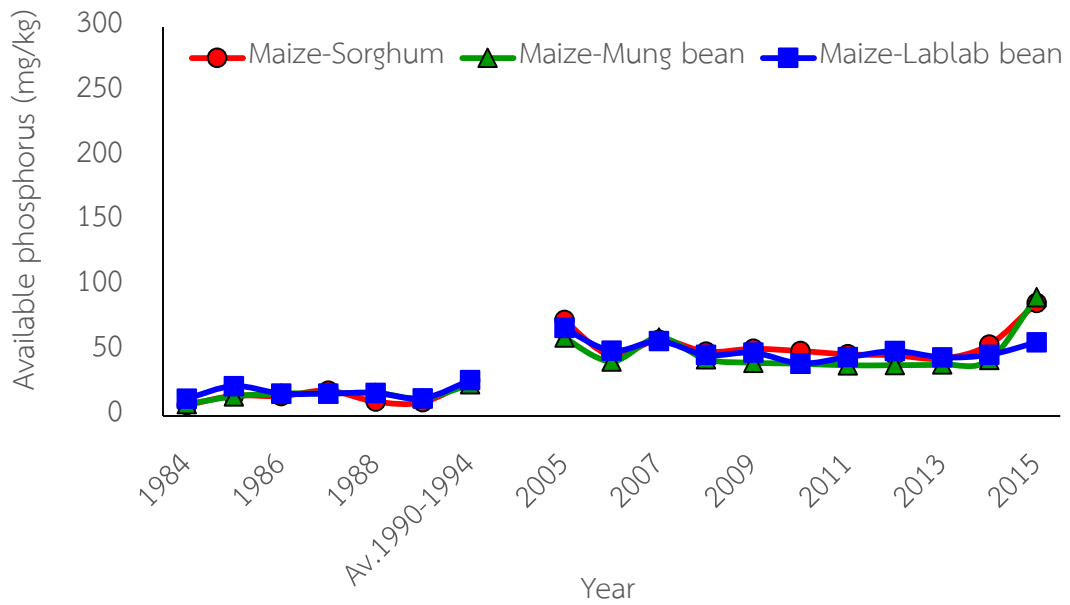
Figure 7. Changes of soil pH under different methods of fertilizer management for maize production



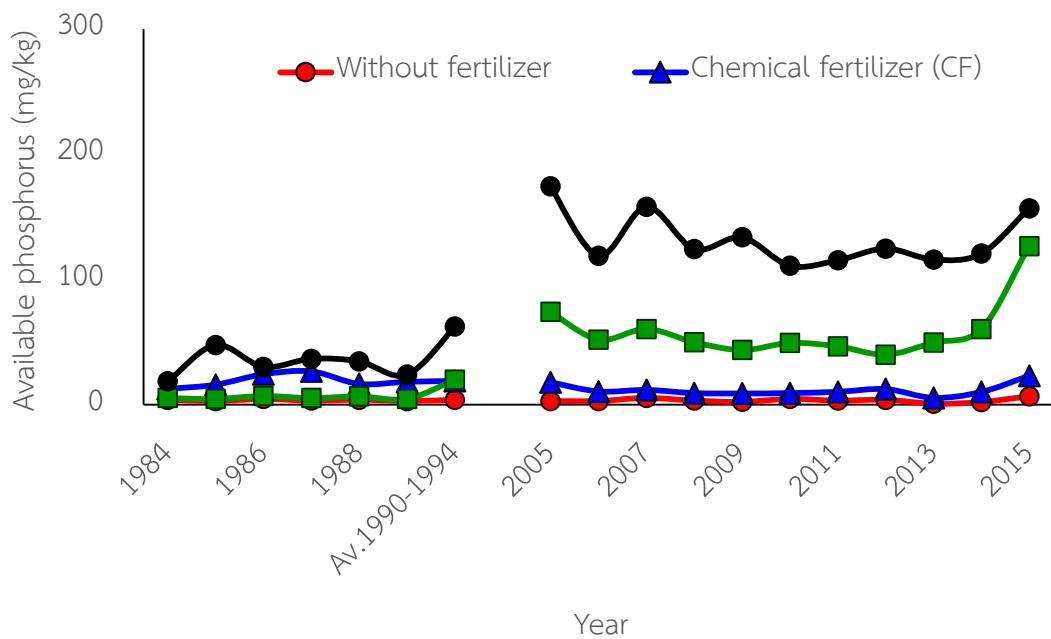
**Figure 8.** Changes of soil organic matter content under different maize cropping systems



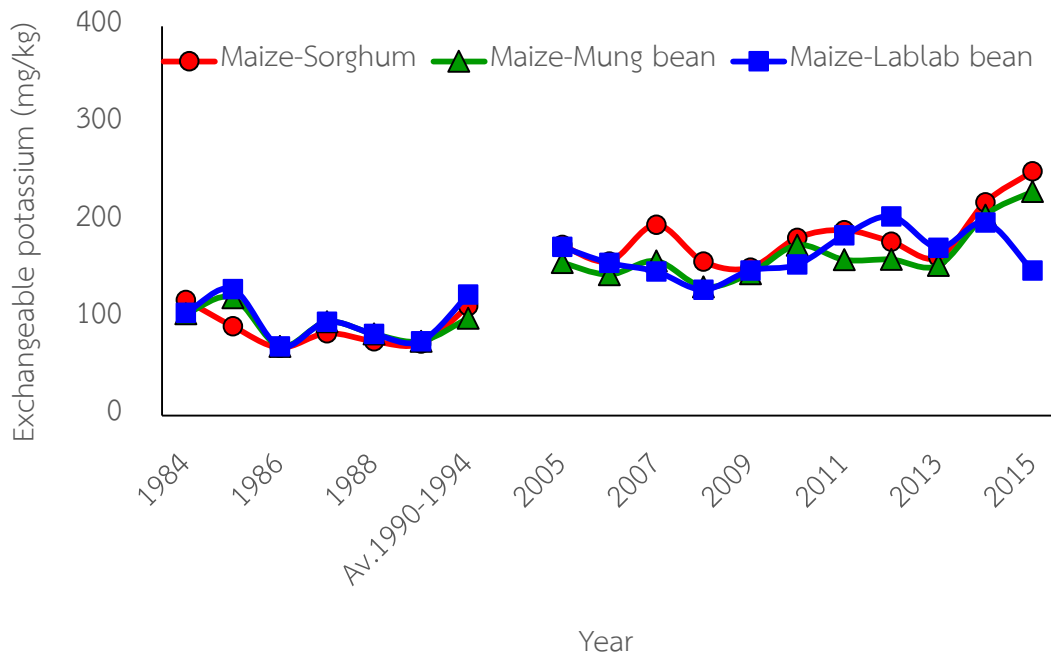
**Figure 9.** Changes of soil organic matter content under different methods of fertilizer management for maize production



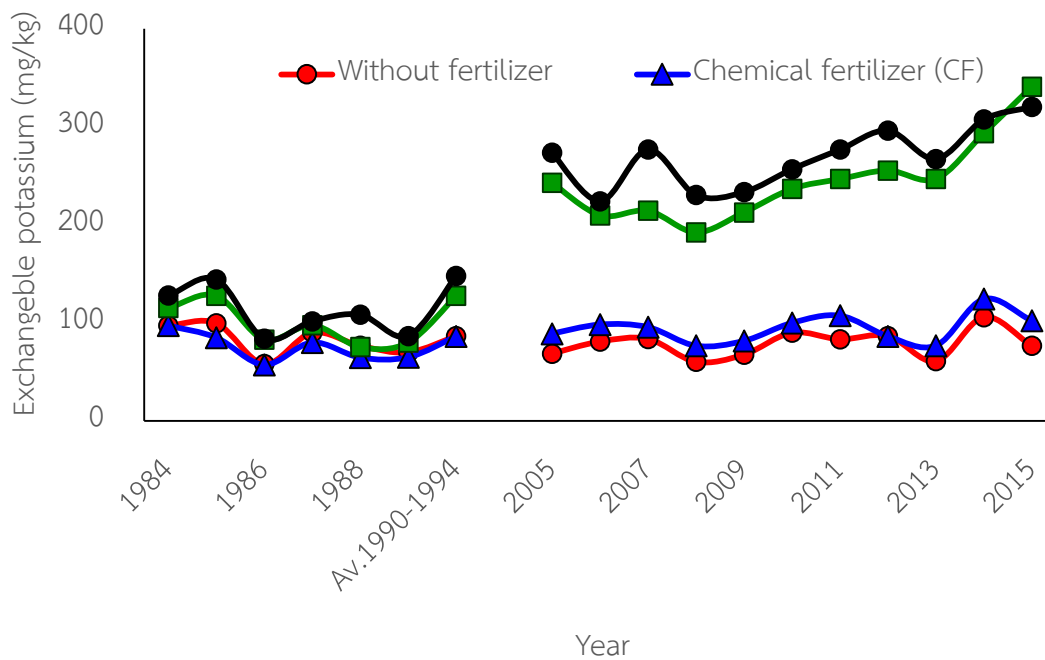
**Figure 10.** Changes of available phosphorus content in soils under different maize cropping systems



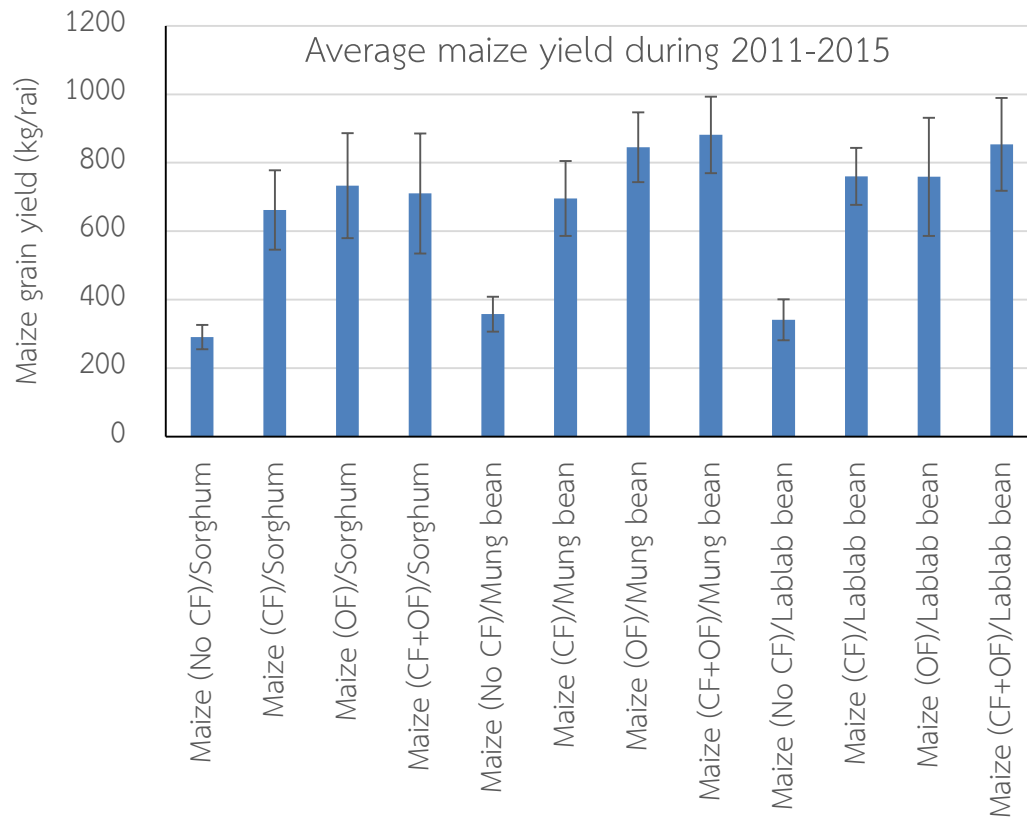
**Figure 11.** Changes of available phosphorus content in soils under different methods of fertilizer management for maize production



**Figure 12.** Changes of exchangeable potassium content in soils under different maize cropping systems



**Figure 13.** Changes of exchangeable potassium content in soils under different fertilizer managements for maize production



**Figure 14.** Maize grain yield as affected by cropping system and fertilizer management