



**คำสำคัญ:** ข้าวโพด ดินร่วน ปุ๋ย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

**Abstract:**

Fertilizer plays an important role for increasing maize productivity. However, each maize variety has different response to environment and requires different levels of nutrients. Therefore, when a new promising hybrid maize has released, the response of promising hybrid maize to fertilizer application in different soil types should be investigated to obtain a recommendation of optimum fertilizer application. This study was aimed to determine the response of maize to fertilizer application in 3 loamy soils i.e. Wang Saphung Soil during 2011-2012 cropping seasons, Korat Soil during 2013-2014 cropping seasons, and Wang Hai Soil during 2015 cropping season.

Amount of nutrients uptake of Nakhon Sawan 3 maize grown on sandy loam to clay loam soils consisted of nitrogen 10.3 – 11.7 kg N/rai, phosphorus 1.4 – 2.1 kg P/rai and potassium 6.1 - 15.7 kg K/rai. Nutrients loss by removing of grain and cob out of planting area caused losses of nitrogen 7.0 kg N/rai, phosphorus 1.2 – 1.6 kg P/rai and potassium 3.5 – 4.8 kg K/rai. In Wang Saphung Soil, fertilizers application at nutrient levels of 10-15 kg N/rai, 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/rai and 3-5 kg K<sub>2</sub>O/rai showed the highest economic return. When the maize grown on Korat soils which had low fertility, the fertilizer application at nutrient levels of 10-10-15 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/rai showed the highest economic return. On the contrary, the maize grown on Wang Hai soils which had moderate fertility showed less response to fertilizer application of Nakhon Sawan 3 variety whereas NSX052013 variety revealed the most economically optimum fertilizers application at a rate of 5-0-0 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/rai.

**Key Words:** Maize, Loamy soil, Fertilizer, Nitrogen, Phosphorus, Potassium

**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)

ศักยภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดย API (1963) อ้างโดย โชติ (2541) ได้จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยการผลิตที่จำกัดการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังนี้ คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ร้อยละ 16.0 การกระจายของฝน ร้อยละ 14.5 ความเหมาะสมของอัตราปลูก ร้อยละ 13.3 ความเหมาะสมของการเกษตรกรรม ร้อยละ 11.7 ชนิดพันธุ์ข้าวโพดและศักยภาพการให้ผลผลิต ร้อยละ 6.6 โรค ร้อยละ 5.5 แมลงศัตรูพืช ร้อยละ 5.1 ปัจจัยอื่นๆ ร้อยละ 4.6 และการอ่อนไหวต่อการล้มของต้น ร้อยละ 4.3 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้นมีความสำคัญต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก เพราะดินที่แหล่งของสำคัญของแร่ธาตุอาหาร น้ำ และอากาศ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ดังนั้นหากต้องการเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องมีการจัดการดินและธาตุอาหารพืชอย่างเหมาะสม ดินร่วนจัดอยู่ในกลุ่มของดินที่มีศักยภาพปานกลาง หากเป็นดินร่วนปนทรายก็จะมีศักยภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินร่วนเหนียว นอกจากนี้ดินร่วนแต่ละชุดดินอาจมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินอย่างเหมาะสม โดยดินร่วนที่พบในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ชุดดินสีคิ้ว ชุดดินโคราช ชุดดินยโสธร ชุดดินสตึก ชุดดินวังสะพุง ชุดดินเชียงคาน เป็นต้น

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) ได้สำรวจต้นทุนในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ค่าปุ๋ย ค่าเช่าที่ดิน ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยว ค่าแรงงานในการเตรียมดิน ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงานในการดูแลรักษา ค่าแรงงานในการปลูก ค่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและวัชพืช และอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 19.26 18.86 16.20 14.85 10.47 5.65 5.18 3.84 และ 5.96 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ในขณะที่ ศานิต (2557) รายงานต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดกาญจนบุรีเฉลี่ย 2 ฤดูกาลผลิต พบว่า เป็นต้นทุนจากค่าแรงงานในการเตรียมดิน ปลูก ถอนแยก ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และเก็บเกี่ยว เฉลี่ย 38.43 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ เฉลี่ย 23.3 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนจากเมล็ดพันธุ์ 7.73 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าค่าปุ๋ยเป็นต้นทุนการผลิตที่สูงในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รองจากต้นทุนค่าแรงงาน อีกทั้งในปัจจุบันปุ๋ยนั้นวันมีแต่จะราคาสูงขึ้นเนื่องจากประเทศไทยไม่สามารถผลิตปุ๋ยเองได้จำเป็นต้องนำเข้าปุ๋ยจากต่างประเทศ

การลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยสามารถทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอย่างแม่นยำเฉพาะพื้นที่โดยการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยที่ถูกต้อง ถูกอัตรา ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปไม่มากหรือน้อยเกินกว่าความต้องการของพืช การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีถูกเวลาเพื่อไม่ให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปดินสูญหายไปอย่างเปล่าประโยชน์ การใช้ธาตุอาหารของพืชนอกจากขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพแวดล้อมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความต้องการของพืชอีกด้วยซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์

งานวิจัยการศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร มีการดำเนินการในปี พ.ศ.2524-2528 ได้ดำเนินการทดลองใน 2 กลุ่มดิน คือกลุ่มดินเหนียวสีแดง และกลุ่มดินเหนียวสีน้ำตาลคล้ำ ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 1 และในปี พ.ศ.2532-2537 ได้ดำเนินการทดลองใน 3 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโคราช ชุดดินสตึก และชุดดินวาริน และใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 1 ในการทดสอบ (สัมฤทธิ์, 2541) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้ทำการทดลองในพันธุ์สุวรรณ 1

ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตและมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างจากข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมที่ใช้กันในปัจจุบัน ดังนั้นเมื่อมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาปรับปรุงคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อให้เหมาะสมกับศักยภาพพันธุ์และศักยภาพดินในแต่ละพื้นที่ การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วนในเขตที่เสี่ยงต่อสภาพแห้งแล้งเพื่อใช้ในการพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยต่อไป

## 6. วิธีดำเนินการ

### - อุปกรณ์

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พันธุ์นครสวรรค์ 3 พันธุ์ NSX052014 ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยทรูปเปลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ท่อเจาะดิน (soil sampling tube) ค้อนตอกท่อเจาะดิน พลั่วมือ จอบ เสียม วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถุงตาข่าย ถุงกระดาษ วัสดุอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องแก้ว กระดาษกรอง น้ำกรองปราศจากไอออน สารเคมีต่างๆ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) เครื่องวัดการเปล่งแสงโดยเปลวไฟ (Flame photometer) เครื่องเขย่า และเตาย่อย (Digestion block)

### - วิธีการ

#### 1) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินร่วนเหนียวชุดดิน

##### วังสะพุง

ดำเนินงานในฤดูปลูกปี 2554 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 10 กรรมวิธี 3 ซ้ำ กรรมวิธีเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 0-0-0 0-5-5 5-5-5 10-5-5 15-5-5 15-0-5 15-10-5 15-5-0 15-5-3 และ 15-5-7 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่ ขนาดแปลงย่อย 4.5 x 5.0 เมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองมาวิเคราะห์สมบัติเคมี ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร และหยอดเมล็ด 2-3 เมล็ดต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่เต็มอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครึ่งอัตราที่กำหนด ฤดูปลูกปี 2554 ปลูกข้าวโพดวันที่ 30 มิถุนายน 2554 และเก็บเกี่ยววันที่ 8 พฤศจิกายน 2554 ฤดูปลูกปี 2555 ปลูกข้าวโพดวันที่ 12 กรกฎาคม 2555 และเก็บเกี่ยววันที่ 5 พฤศจิกายน 2555

#### 2) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช

ดำเนินงานในฤดูปลูกปี พ.ศ. 2556 – 2557 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย

การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 0-10-10 10-10-10 20-10-10 30-10-10 และ 40-10-10 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 20-0-10 20-5-10 20-10-10 20-15-10 และ 20-20-10 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

การทดลองย่อยที่ 3 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 20-10-0 20-10-5 20-10-10 20-10-15 และ 20-10-20 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

ดำเนินการทดลองในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช ไถเตรียมดินและพื้นที่ปลูกเพื่อปรับพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับทำการทดลอง ขนาดแปลงย่อย 6 x 6 เมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองในแต่ละแปลงย่อยมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชใส่เต็มอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครึ่งอัตราที่กำหนด ฤดูปลูกปี 2556 ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2556 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2556 ฤดูปลูกปี 2557 ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2557 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2557

### 3) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไธ

ดำเนินงานในฤดูปลูกปี พ.ศ. 2558 วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 3 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 การทดลองย่อย

การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ปัจจัยหลักประกอบด้วยข้าวโพด 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ปัจจัยรองเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยเคมี 5 ระดับ ได้แก่ 0-10-5 5-10-5 10-10-5 15-10-5 และ 20-10-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต ปัจจัยหลักประกอบด้วยข้าวโพด 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ปัจจัยรองเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยเคมี 5 ระดับ ได้แก่ 10-0-5 10-5-5 10-10-5 10-15-5 และ 10-20-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

การทดลองย่อยที่ 3 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช ปัจจัยหลักประกอบด้วยข้าวโพด 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ปัจจัยรองเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยเคมี 5 ระดับ ได้แก่ 10-10-0 10-10-2.5 10-10-5 10-10-7.5 และ 10-10-10 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่

ดำเนินการทดลองในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮ ไถเตรียมดินและพื้นที่ปลูกเพื่อปรับพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการทดลอง ขนาดแปลงย่อย 6 x 6 เมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองในแต่ละแปลงย่อยมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 โดยใช้ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชใส่เต็มอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครึ่งอัตราที่กำหนด ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2558 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2558

การวิเคราะห์ดิน ทำโดยเก็บตัวอย่างดิน ที่ระดับ 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วนดิน: น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) อินทรีย์วัตถุวิเคราะห์ด้วยวิธี Walkley and Black (Jackson, 1958) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช วิเคราะห์โดยการสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวัดการเกิดสีตามวิธี molybdenum blue โดยใช้ Spectrophotometer โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ วิเคราะห์โดยการสกัดดินด้วย 1N Ammonium Acetate, pH 7.0 (Chapman, 1965) และวัดด้วยเครื่อง Atomic spectrophotometer

เก็บตัวอย่างพืชนำมาวิเคราะห์การดูดใช้ธาตุอาหาร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างตัวอย่างข้าวโพดแปลงละ 2 ต้นที่เป็นตัวแทน นำมาแยกเป็นส่วนของลำต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง บันทึกร้ำน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความชื้น แล้วนำไปดให้ละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆของข้าวโพด วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชและผลผลิต

บันทึกข้อมูลในพื้นที่ปลูก ได้แก่ วันปลูก วันงอก วันเก็บเกี่ยว ความสูงต้น จำนวนต้นเก็บเกี่ยว ผลผลิต วิเคราะห์การตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวโพด วิเคราะห์ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan, s New Multiple Range Test และสรุปผล

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (nitrogen use efficiency; NUE) ดังนี้

$$\text{NUE} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้รับ (กิโลกรัมต่อไร่)}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม N ต่อไร่)}}$$

วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ Value to Cost Ratio (VCR) (Food and Agricultural Organization of the United Nations 1984) โดย

$$\begin{aligned} \text{Gross return} &= \text{ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม} \times \text{ราคาผลผลิต} \\ \text{Net return} &= \text{Gross return} - \text{ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม} \\ \text{VCR} &= \frac{\text{Gross return}}{\text{ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม}} \end{aligned}$$

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2558

แปลงทดลองไร่เกษตรกร อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย (ชุดดินวังสะพุง ฤดูปลูกปี 2554-2555)

แปลงทดลองไร่เกษตรกร อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ (ชุดดินโคราซ ฤดูปลูกปี 2556-2557)

แปลงทดลอง F7 ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ (ชุดดินวังไฮ ฤดูปลูกปี 2558)

ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์

## 7. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินร่วนเหนียวชุดดินวังสะพุง

#### ผลวิเคราะห์ดินชุดดินวังสะพุงก่อนปลูก

จากการสุ่มตัวอย่างดินก่อนปลูกมาวิเคราะห์ พบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.3 มีอินทรีย์วัตถุ 2.02 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 1.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 136 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.3 มีอินทรีย์วัตถุ 1.24 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) จะเห็นได้ว่าดินดังกล่าวมีค่าความเป็นกรด-ด่าง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าวิกฤตสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

#### สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2554 และ ปี 2555

ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอากาศเกษตรเลย พบว่า ในฤดูปลูกปี 2554 ฝนมีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่มีลักษณะการตกของฝนต่อครั้งในปริมาณมากและต่อเนื่องกัน ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (30 มิถุนายน 2554 - 8 พฤศจิกายน 2554) มีปริมาณสูงถึง 1,198 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินไปกว่าความต้องการของข้าวโพด อีกทั้งพื้นที่ทำการทดลองอยู่ในบริเวณที่ลาดเชิงเขา จึงทำให้เกิดการชะล้างสูงมาก ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปดินสามารถถูกชะล้างสูญหายไปและไม่เป็นประโยชน์กับพืช

ปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไปยังส่งผลให้ดินชุ่มน้ำมากเกินไปและทำให้อากาศในช่องว่างของดินลดน้อยลงทำให้รากพืชขาดอากาศได้ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด ดังนั้นจึงทำให้ข้าวโพดที่ปลูกในปี 2554 ให้ผลผลิตต่ำ

ส่วนในฤดูปลูกปี 2555 ซึ่งปลูกข้าวโพดวันที่ 12 กรกฎาคม 2555 พบว่า ก่อนปลูกข้าวโพดในช่วงวันที่ 10-11 กรกฎาคม 2555 มีปริมาณน้ำฝนรวม 48 มิลลิเมตร แต่ภายหลังจากที่ปลูกข้าวโพดไปแล้ว จนกระทั่งถึงวันที่ 20 สิงหาคม 2555 รวมระยะเวลา 39 วัน มีปริมาณน้ำฝนรวมเพียง 46 มิลลิเมตร ซึ่งไม่เพียงพอแก่ความต้องการของข้าวโพด จึงทำให้ข้าวโพดในระยะเจริญเติบโตทางลำต้นมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดี จากนั้นตั้งแต่วันที่ 21 สิงหาคม 2555 ไปจนกระทั่งถึงวันที่ 30 กันยายน 2555 รวมระยะเวลา 40 วัน ฝนมีการกระจายตัวดี มีปริมาณน้ำฝนรวม 355 มิลลิเมตร ซึ่งในระยะดังกล่าวข้าวโพดมีอายุ 40-80 วัน หลังปลูก อยู่ในระยะออกดอกและสร้างเมล็ด ดังนั้นจึงไม่กระทบต่อการผสมเกสรและการสร้างเมล็ด แต่การที่ข้าวโพดได้รับผลกระทบในระยะแรกของการเจริญเติบโตส่งผลต่อความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของต้นซึ่งมีผลต่อเนื่องต่อการสร้างผลผลิตได้ Arnon (1974) รายงานว่าหากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบก่อนที่จะออกดอกตัวผู้ จะทำให้ผลผลิตลดลง 25 เปอร์เซ็นต์

#### การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด

ในฤดูปลูกปี 2554 ปริมาณฝนในฤดูปลูกมากเกินไปจนส่งผลเสียต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด จึงทำให้ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ให้ผลผลิตต่ำ เฉลี่ย 304 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) และไม่พบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ปุ๋ยในระดับปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน เนื่องจากฝนที่ตกในปริมาณมากและต่อเนื่องกัน ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินสามารถถูกชะล้างสูญหายไปได้ง่ายและไม่เป็นประโยชน์กับพืช ส่วนในฤดูปลูกปี 2555 พบว่าในช่วงที่ปลูกข้าวโพดฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงจึงทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ โดยกรรมวิธีที่ให้ผลผลิตสูงสุดได้แก่ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 15-10-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-5 15-5-5 15-5-3 15-5-7 5-5-5 และ 10-0-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ และจากการวิเคราะห์ผลรวม 2 ปี พบว่าให้ผลในทำนองเดียวกัน

#### ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง พบว่า ไนโตรเจนมีความเข้มข้นสูงสุดในส่วนของเมล็ด ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 1.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นส่วนของใบซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 0.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของลำต้น กาบฝัก และชัง มีไนโตรเจนในความเข้มข้นต่ำ เฉลี่ย 0.34 0.40 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ดูดใช้ไนโตรเจนเฉลี่ย 10.31 กิโลกรัม N ต่อไร่ หรือใช้ในโตรเจนเฉลี่ย 21 กรัม N ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม และมี



ประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนสร้างผลผลิตได้เฉลี่ย 47 กิโลกรัมต่อไนโตรเจนที่ข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม (Table 3)

สำหรับฟอสฟอรัส ข้าวโพดมีการดูดใช้ในปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเมล็ดเช่นเดียวกัน โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสในต้น ใบ กาบฝัก และชัง มีในปริมาณน้อย เมื่อคำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ดูดใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 1.42 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 3 กรัม P ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม แม้ว่าข้าวโพดดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย แต่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสสร้างผลผลิตได้เฉลี่ย 344 กิโลกรัมต่อฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม (Table 3)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด ข้าวโพดดูดใช้โพแทสเซียมไปสะสมไว้ในส่วนของต้นและใบมากกว่าส่วนของเมล็ด โดยพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และชัง เฉลี่ย 2.01 2.43 0.94 0.42 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ดูดใช้โพแทสเซียมเฉลี่ย 15.72 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือใช้โพแทสเซียมเฉลี่ย 32 กรัม K ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม และมีประสิทธิภาพในการใช้โพแทสเซียมสร้างผลผลิตได้ 31 กิโลกรัม ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ดูดใช้ 1 กิโลกรัม (Table 3)

ในการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นอกจากพิจารณาในแง่ของความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดแล้ว สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกันคือการคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยการนำผลผลิตออกไปซึ่งได้แก่เมล็ดและชัง โดยพบว่าธาตุอาหารในส่วนของเมล็ดและชังประกอบด้วยไนโตรเจน 6.89 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.20 กิโลกรัม P ต่อไร่ (เทียบเท่าฟอสเฟตจากปุ๋ย 2.75 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่) และโพแทสเซียม 3.95 กิโลกรัม K ต่อไร่ (เทียบเท่าโพแทชจากปุ๋ย 4.74 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่) (Table 3) ดังนั้นในการใช้ที่ดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืนควรใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เพียงพอที่สามารถชดเชยธาตุอาหารเหล่านี้กลับลงไปในพื้นที่เพื่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและทำให้ดินมีศักยภาพในการผลิตพืชต่อไป

#### การตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังสะพุง

เนื่องจากในปี พ.ศ.2554 ปริมาณฝนในฤดูปลูกมากผิดปกติก่อให้เกิดการชะล้างสูง ข้าวโพดจึงไม่สามารถใช้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปได้อย่างเต็มประสิทธิภาพของปุ๋ย ทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตต่ำ แต่อย่างไรก็ตามข้าวโพดยังแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ย โดยมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดที่ระดับ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ส่วนในปี พ.ศ.2555 เกิดภาวะแห้งแล้งในช่วงฤดูปลูกซึ่งทำให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปไม่สามารถละลายและปลดปล่อยให้ข้าวโพดสามารถนำไปใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นข้าวโพดจึงแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดที่ระดับ 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ (Figure 3)

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังสะพุง ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชค่อนข้างต่ำ โดยให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตรา 3 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ (Figure 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ที่ผ่านมาซึ่งพบว่าข้าวโพดเป็นพืชที่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพด แต่อย่างไรก็ตามในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยควรพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่สูญหายออกไปจากพื้นที่เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจด้วย

### ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียว ชุดดินวังสะพุง

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ Value to Cost Ratio (VCR) พบว่า การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในชุดดินวังสะพุง จังหวัดเลย ฤดูปลูกปี 2554 ซึ่งข้าวโพดได้รับความเสียหายจากปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไปนั้น ควรลงทุนการใช้ปุ๋ยโดยใส่ในระดับที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 15-5-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ จะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 1.72 ซึ่งหมายถึงได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 1.72 บาทต่อต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น 1 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยอัตรา 15-5-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยถึง 73 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยในอัตรา 15-0-5 และ 15-5-0 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ซึ่งให้ค่า VCR เท่ากับ 1.33 และ 1.08 ตามลำดับ และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย 41 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยอัตราอื่นๆ ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน (Table 6)

ส่วนผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ VCR ในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในชุดดินวังสะพุง จังหวัดเลย ฤดูปลูกปี 2555 พบว่า ทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน แต่การใช้ปุ๋ยในอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 2.48 ซึ่งหมายถึง ต้นทุนปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น 1 บาท จะให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 2.48 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย 43 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นการใช้ปุ๋ยในอัตรา 5-5-5 และ 15-5-3 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่ ซึ่งให้ค่า VCR เท่ากับ 2.31 และ 2.15 ตามลำดับ (Table 7)

## 2) ศึกษาการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช

### ผลวิเคราะห์ดินชุดดินโคราชก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวม 1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.92 มีอินทรีย์วัตถุ 0.58 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวม 1.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.45 มีอินทรีย์วัตถุ 0.37 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 1.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 8) จะเห็นได้ว่าดินดังกล่าวเป็นดินแน่นทึบ

เนื่องจากมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย เป็นดินกรดจัดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใช้ดินดังกล่าวในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อาจจำเป็นต้องลงทุนในการปรับปรุงดินค่อนข้างสูง

### สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2556 และ ปี 2557

ในฤดูปลูกปี 2556 ปลูกข้าวโพดวันที่ 9 กรกฎาคม 2556 พบว่า หลังปลูกข้าวโพดไปได้ 1 สัปดาห์ เกิดภาวะฝนแล้งยาวนานถึง 2 สัปดาห์ โดยปริมาณน้ำฝนตั้งแต่วันที่ 18 กรกฎาคม 2556 ถึงวันที่ 1 สิงหาคม 2556 รวมระยะเวลา 15 วัน มีปริมาณฝนรวม 22.8 มิลลิเมตร ซึ่งช่วงดังกล่าวข้าวโพดมีอายุ 9-23 วันหลังปลูก ซึ่งมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบแม้จะมีความต้องการน้ำค่อนข้างน้อย แต่ปริมาณน้ำฝนที่ข้าวโพดได้รับอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ หลังจากนั้นในช่วงระหว่างวันที่ 10-21 สิงหาคม 2556 รวมระยะเวลา 11 วัน มีปริมาณน้ำฝนรวม 13.3 มิลลิเมตร (Figure 5) ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวโพดมีอายุ 32-43 วันหลังปลูก เป็นระยะที่มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและเริ่มมีการพัฒนาตาดอกซึ่งมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น แต่ข้าวโพดได้รับน้ำไม่เพียงพอแก่ความต้องการ ทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ไม่ดีและส่งผลกระทบต่อ การให้ผลผลิตได้ แต่ในช่วงปลายฤดูปลูกในเดือนกันยายน พบว่า ฝนตกในปริมาณมากซึ่งก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินได้มาก และทำให้แปลงทดลองอยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง

ในฤดูปลูกปี 2557 ปลูกข้าวโพดวันที่ 26 มิถุนายน 2557 พบว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอ ฝนมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ แต่หลังจากวันที่ 19 กรกฎาคม 2556 จนถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2556 รวมระยะเวลา 24 วัน มีปริมาณฝนรวม 24.4 มิลลิเมตร (Figure 6) ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวข้าวโพดมีอายุ 23 - 46 วัน เป็นระยะที่ข้าวโพดกำลังเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและเข้าสู่ระยะออกดอก ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อ การสร้างผลผลิตของข้าวโพดได้ ซึ่ง Arnon (1974) รายงานว่าหากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงระยะเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบก่อนที่จะออกดอก ตัวผู้ จะทำให้ผลผลิตลดลง 25 เปอร์เซ็นต์

### ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด

แม้ว่าชุดดินโคราชเป็นดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่เมื่อพิจารณาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 20 30 และ 40 กิโลกรัม N ต่อไร่ ข้าวโพดให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้ผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (Table 9) แต่ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินดังกล่าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตสูงมาก โดยกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 10 20 และ 30 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 5 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 10) สำหรับผลของการใช้ปุ๋ยโพแทชต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพด พบว่า การใช้ปุ๋ยโพแทชอัตรา 5-20 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทช อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 11)

### ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินโคราช

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช พบว่า ไนโตรเจนมีความเข้มข้นสูงสุดในส่วนของเมล็ด ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 1.58 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นส่วนของใบซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 1.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของ ลำต้น กาบฝัก และชัง มีไนโตรเจนในความเข้มข้นต่ำ เฉลี่ย 0.60 0.52 และ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้ส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ดูดใช้ ไนโตรเจนเฉลี่ย 11.65 กิโลกรัม N ต่อไร่ หรือใช้ไนโตรเจนเฉลี่ย 21 กรัม N ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม และมี ประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนสร้างผลผลิตได้เฉลี่ย 59 กิโลกรัมต่อไนโตรเจนที่ข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม (Table 12)

สำหรับฟอสฟอรัส ข้าวโพดมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ ไนโตรเจน โดยฟอสฟอรัสส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเมล็ดเช่นเดียวกัน โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสในต้น ใบ กาบฝัก และชัง มีในปริมาณน้อย เมื่อคำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้พบว่า ข้าวโพด พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ดูดใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2.06 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือเทียบเท่ากับ ฟอสฟอรัสจากปุ๋ยฟอสเฟตเท่ากับ 4.72 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ หรือใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 4 กรัม P ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม แม้ว่าข้าวโพดดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย แต่ฟอสฟอรัสข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม สามารถทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินโคราชสร้างผลผลิตได้เฉลี่ย 307 กิโลกรัม (Table 12)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของ ข้าวโพด ข้าวโพดดูดใช้โพแทสเซียมไปสะสมไว้ในส่วนของต้นและใบมากกว่าส่วนของเมล็ด โดยพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในต้น ใบ กาบฝัก เมล็ด และชัง เฉลี่ย 0.64 0.44 0.61 0.57 และ 0.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินวังสะพุง ดูดใช้โพแทสเซียมเฉลี่ย 6.14 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือใช้โพแทสเซียมเฉลี่ย 64 กรัม K ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม โดยโพแทสเซียมที่ ข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม สามารถสร้างผลผลิตได้ 64 กิโลกรัม (Table 12)

การจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นอกจากพิจารณาในแง่ของความ ต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดแล้ว สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกันคือการคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่สูญ หายออกไปจากพื้นที่โดยการนำผลผลิตออกไปซึ่งได้แก่เมล็ดและชัง โดยพบว่าธาตุอาหารในส่วนของเมล็ด และชังประกอบด้วยไนโตรเจน 6.98 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.61 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 2.86 กิโลกรัม K ต่อไร่ (Table 12) ดังนั้นการใช้ที่ดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างยั่งยืนควรใส่ปุ๋ยใน ปริมาณที่เพียงพอที่สามารถชดเชยปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปเหล่านี้กลับคืนลงไปในพื้นที่เพื่อรักษาความ อุดมสมบูรณ์ของดินและทำให้ดินมีศักยภาพในการผลิตพืชต่อไป

### การตอบสนองต่อธาตุอาหารของข้าวโพดในชุดดินโคราช

จากการวิเคราะห์ response curve ของข้าวโพดต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราชซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 0.58 เปอร์เซ็นต์ (Table 8) พบว่าข้าวโพดมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่ำมาก โดยข้าวโพดตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดที่ระดับ 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทั้งในฤดูปลูกปี 2556 และ ปี 2557 ซึ่งให้ผลเป็นไปในทำนองเดียวกัน (Figure 7)

ดินร่วนปนทรายชุดดินโคราชมียอดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบนเฉลี่ย 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในดินล่างเฉลี่ย 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 8) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าจุดวิกฤติของข้าวโพด ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจึงพบว่าข้าวโพดมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตสูงมาก โดยตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตสูงสุดถึงระดับ 20 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ (Figure 8)

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งในดินบนและดินล่างของดินร่วนปนทรายชุดดินโคราชมียอดเฉลี่ย 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 8) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าจุดวิกฤติของข้าวโพด แต่พบว่าข้าวโพดตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสูงสุดถึงระดับ 15 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 20 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ไม่ทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่กลับส่งผลให้ข้าวโพดให้ผลผลิตลดลง (Figure 9) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวโพดมีความต้องการธาตุอาหารอยู่ในระดับที่จำกัด การใส่ปุ๋ยที่มากเกินไปนอกจากเป็นการสิ้นเปลืองในแง่ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว ยังอาจก่อผลเสียให้ข้าวโพดให้ผลผลิตลดลงได้

#### **ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใส่ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช ฤดูปลูกปี 2556 และ ปี 2557**

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ Value to Cost Ratio (VCR) เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุนการใส่ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช ฤดูปลูกปี 2556 พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 1.78 ซึ่งหมายถึง ต้นทุนจากการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้น 1 บาท ให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 1.78 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนรองลงมา โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 1.42 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 30 และ 40 กิโลกรัม N ต่อไร่ ไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าแก่การลงทุน ส่วนในฤดูปลูกปี 2557 พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 1.40 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 30 และ 40 กิโลกรัม N ต่อไร่ ไม่ก่อให้เกิดความคุ้มค่าแก่การลงทุน (Table 13)

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราชมียอดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตั้งแต่ 5 - 20 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ ก่อให้เกิดความคุ้มค่าแก่การลงทุนทุกกรรมวิธี แต่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุดเมื่อใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 10 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ โดยในฤดูปลูกปี 2556 ให้ค่า VCR เท่ากับ 1.74 ในขณะที่ฤดูปลูกปีให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 2.61 (Table 14)

ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทชในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราชซึ่งมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณต่ำ พบว่า ให้ผลตอบแทนค้ำค่าแก่ลงทุนมากที่สุดเมื่อใช้ในอัตรา 15 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ทั้งในฤดูปลูกปี 2556 และปี 2557 โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 1.46 และ 1.62 ตามลำดับ (Table 15)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยที่ค้ำค่าแก่การลงทุนในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช ควรใส่ปุ๋ยในอัตรา 10-10-15 กิโลกรัม  $N-P_2O_5-K_2O$  ต่อไร่

### 3) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮ

#### ผลวิเคราะห์ดินชุดดินวังไฮก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ดินชุดดินวังไฮก่อนทำการทดลอง พบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.57 มีอินทรีย์วัตถุ 1.55 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.43 มีอินทรีย์วัตถุ 1.27 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 16) จากผลวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าดินในพื้นที่ทำการทดลองมีลักษณะเป็นดินกรดจัด มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพด

#### สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2558

การทดลองในชุดดินวังไฮ ดำเนินการปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2558 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2558 ซึ่งหลังจากปลูกข้าวโพดได้เพียง 2 วัน พบว่าฝนตกมาในปริมาณมาก ซึ่งอาจมีผลให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปละลายเร็วเกินไปและถูกชะละลายลงไปในดินชั้นล่างซึ่งไม่เป็นประโยชน์กับพืชได้ แต่หลังจากข้าวโพดอายุได้ 12 วันหลังปลูก ไปจนกระทั่งอายุ 35 วันหลังปลูก เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานถึง 24 วัน โดยฝนที่ตกในระยะเวลาดังกล่าว (ตั้งแต่วันที่ 17 สิงหาคม – 9 กันยายน 2558) มีปริมาณน้อยมากไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่ภายหลังจากนั้นพบว่าฝนในปริมาณค่อนข้างมากและกระจายตัวสม่ำเสมอ โดยในระยะที่ข้าวโพดออกดอกได้รับน้ำอย่างเพียงพอ จึงทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม ในช่วงปลายฤดูฝนก่อนเก็บเกี่ยว นอกจากมีปริมาณฝนมากแล้ว ยังมีพายุลมแรง จึงมีผลทำให้ข้าวโพดหักล้มค่อนข้างมากก่อนถึงอายุเก็บเกี่ยว โดยปริมาณฝนในช่วงที่ปลูกข้าวโพดตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม 2558 ถึงวันที่ 16 พฤศจิกายน 2558 มีปริมาณรวมเท่ากับ 760.2 มิลลิเมตร (Figure 10)

#### ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮ ฤดูปลูกปี 2558

ในการศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กรรมวิธีต่างๆ ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชในระดับเดียวกัน โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 10 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยโพแทชอัตรา 5 กิโลกรัม

K<sub>2</sub>O ต่อไร่ พบว่า ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 5 10 15 และ 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทำให้ข้าวโพดมีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย (ASI) ความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม เปอร์เซ็นต์ต้นหัก และการให้ผลผลิตในกรรมวิธีต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 17 – 24) จะเห็นได้ว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0 – 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ดังนั้นอาจไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่เป็นการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดความยั่งยืน เนื่องจากหากไม่ใส่ปุ๋ยอย่างต่อเนื่องยาวนานจะมีผลทำให้ดินเสื่อมโทรมและศักยภาพการผลิตของดินลดลงได้ ในกรณีดังกล่าวนี้ควรพิจารณาถึงปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจในการใช้ปุ๋ยร่วมด้วย โดยสามารถใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำสุดที่สามารถชดเชยปริมาณไนโตรเจนที่สูญหายออกไป

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ASI และความสูงต้น แตกต่างกันสถิติ โดยข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 52.4 วัน วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 53.8 วัน และมี ASI เฉลี่ย 1.4 วัน ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 47.6 วัน วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 49.9 วัน และมี ASI เฉลี่ย 2.3 วัน (Tables 17 – 19) จะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์ NSX052014 ออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมียเร็วกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 และมีระยะห่างระหว่างวันที่ออกดอกตัวผู้และวันที่ออกดอกตัวเมียมากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งข้อมูลวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย และระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย ควรนำมาใช้ในการตัดสินใจพิจารณาวันปลูกให้สัมพันธ์กับข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูปลูกเพื่อให้ข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนในระดับที่เพียงพอและเหมาะสมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

จากการเจริญเติบโตของข้าวโพด พบว่า พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงต้นเฉลี่ย 218.3 เซนติเมตร สูงกว่าพันธุ์ NSX052014 ซึ่งมีความสูงต้นเฉลี่ย 205.0 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญ (Table 20) ส่วนความสูงฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติ แม้ว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงฝักเฉลี่ย 117.0 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีความสูงฝักเฉลี่ย 108.4 เซนติเมตร (Table 21) พันธุ์ NSX052014 ซึ่งมีความสูงต้นและความสูงฝักน้อยกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มไม่แตกต่างกัน (Table 22) แต่พันธุ์ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์ต้นหักหรือการหักของต้นในตำแหน่งใต้ฝักค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์นครสวรรค์ 3 (Table 23)

ในส่วนของการให้ผลผลิตนั้น พบว่า พันธุ์ NSX052014 ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจมีผลจากความเสียหายเนื่องจากพายุลมแรงในช่วงที่ข้าวโพดอยู่ในระยะสุกแก่ ซึ่งพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวกว่าพันธุ์ NSX052014 ได้รับความเสียหายจากพายุลมที่ทำให้ลำต้นหักขณะที่ข้าวโพดอายุได้ประมาณ 85 วันหลังปลูก ซึ่งการหักของลำต้นในตำแหน่งที่ต่ำกว่าฝักนี้ มีผลทำให้การลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปสร้างผลผลิตหยุดชะงักและส่งผลต่อเนื่องต่อการให้ผลผลิต ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำกว่าพันธุ์ NSX052014 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มี

อายุเก็บเกี่ยวสั้นซึ่งได้รับผลกระทบจากพายุลมแรงที่ทำให้ล้มต้นหักหลังจากที่ข้าวโพดผ่านระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยาไปแล้ว

### ผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด

การศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งกรรมวิธีต่างๆ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชในระดับเดียวกัน โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยโพแทชอัตรา 5 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ พบว่า ผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตราต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 5 10 15 และ 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ไม่ทำให้วันออกดอกตัวผู้ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละกรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติ (Table 25) แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อวันออกดอกตัวเมียอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าข้าวโพดออกดอกตัวเมียช้าที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 5 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และไม่ต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต และพบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้น ข้าวโพดมีวันออกดอกตัวเมียเร็วขึ้น (Table 26) ส่วนระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย (ASI) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ระดับต่างๆ กัน พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 27) นอกจากนี้ ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ระดับต่างๆ ไม่ทำให้ความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม เปอร์เซ็นต์ต้นหัก และการให้ผลผลิตของข้าวโพดในกรรมวิธีต่างๆ แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 28 – 32) จะเห็นได้ว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 0 – 20 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินวังไฮโดยไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต แต่หากเป็นปฏิบัติเช่นนี้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานก็จะมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและศักยภาพการผลิตของดินลดลง ไม่ก่อให้เกิดการผลิตที่มีความยั่งยืน ดังนั้นต้องพิจารณาถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจในการใช้ปุ๋ยร่วมด้วย

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ความสูงฝัก และเปอร์เซ็นต์ต้นหัก แตกต่างกันสถิติ โดยข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 52.3 วัน วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 53.4 วัน และมี ASI เฉลี่ย 1.1 วัน ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 47.5 วัน วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 49.5 วัน และมี ASI เฉลี่ย 2.1 วัน (Tables 25 – 27) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้นอกจากนี้พบว่า พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงต้นเฉลี่ย 215.1 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับพันธุ์ NSX052014 ซึ่งมีความสูงต้นเฉลี่ย 206.2 เซนติเมตร (Table 28) แต่มีความสูงฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงฝักเฉลี่ย 115.4 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีความสูงฝักเฉลี่ย 109.7 เซนติเมตร (Table 29) เปอร์เซ็นต์ต้นล้มของข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (Table 30) แต่พันธุ์ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์ต้นหักหรือการหักของต้นในตำแหน่งใต้ฝัก เฉลี่ย 65.2 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต้นหักเฉลี่ย 38.6 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ (Table 31)



ในส่วนของการให้ผลผลิตนั้น พบว่า พันธุ์ NSX052014 ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 32) ทั้งนี้เป็นเหตุผลตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นในการศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งอาจเป็นผลกระทบที่ได้รับจากการหักของต้นในส่วนที่ต่ำกว่าฝักในช่วงที่ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ยังไม่สุกแก่ทางสรีระในขณะที่ช่วงระยะเวลาดังกล่าวข้าวโพดพันธุ์ NSX052014 ได้สุกแก่ทางสรีระวิทยาแล้ว ดังนั้นเมื่อต้นหักหักจากที่สุกแก่ทางสรีระวิทยาไปแล้วจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิต

### ผลของการใส่ปุ๋ยโพแทชต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด

การศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสเฟตในระดับเดียวกันในอัตรา 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ และ 10 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ ตามลำดับ พบว่า ผลของการใส่ปุ๋ยโพแทชอัตราต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 2.5 5 7.5 และ 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ไม่ทำให้วันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ASI ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม เปอร์เซ็นต์ต้นหัก และการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละกรรมวิธีแตกต่างกันทางสถิติ (Tables 33-35 and 37-39) แต่ทำให้ความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทชอัตรา 7.5 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นสูงสุด (Table 36) จะเห็นได้ว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไธที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง การใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตรา 0 – 10 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่การให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยควรพิจารณาในแง่มุมการการรักษาทฤษฎากรดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืนด้วย โดยอาจจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่สามารถชดเชยกับปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิต

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย เปอร์เซ็นต์ต้นหัก และผลผลิตแตกต่างกันสถิติ โดยข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 53.9 วัน วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 55.3 วัน และมี ASI เฉลี่ย 1.3 วัน ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 48.7 วัน วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 51.1 วัน และมี ASI เฉลี่ย 2.3 วัน (Tables 33 – 35) ส่วนความสูงต้นและความสูงฝักของข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงต้นเฉลี่ย 204.6 เซนติเมตร และความสูงฝักเฉลี่ย 110.3 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับพันธุ์ NSX052014 ซึ่งมีความสูงต้นเฉลี่ย 196.8 เซนติเมตร และ ความสูงฝักเฉลี่ย 103.0 เซนติเมตร (Tables 36 and 37) เปอร์เซ็นต์ต้นล้มของข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (Table 38) แต่พันธุ์ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์ต้นหักหรือการหักของต้นในตำแหน่งใต้ฝัก เฉลี่ย 86.7 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต้นหักเฉลี่ย 41.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ (Table 39) ซึ่งการที่พันธุ์ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์ต้นหักสูง อาจส่งผลต่อการให้ผลผลิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดต้นหักก่อนที่ข้าวโพดมีการสุกแก่ทางสรีระ แต่ในกรณีการทดลองนี้ พบว่า ข้าวโพดมีการหักล้มในระยะที่ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ยังไม่เข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีระ แต่พันธุ์ NSX052014 ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 เข้าสู่ระยะสุกแก่แล้ว ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์

NSX052014 แต่ส่งผลกระทบต่อพันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งพบว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ NSX052014 อย่างมีนัยสำคัญ (Table 40)

#### การตอบสนองต่อธาตุอาหารของข้าวโพดในชุดดินวังไฮ

จาก response curve (Figure 11) พบว่า ข้าวโพดพันธุ์ NSX052014 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยพันธุ์ NSX052014 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดที่ 5 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่พันธุ์นครสวรรค์ 3 ไม่พบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน และจะเห็นได้ว่าที่ระดับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนระดับเดียวกัน ข้าวโพดพันธุ์ NSX052014 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 นั้นแสดงว่าพันธุ์ NSX052014 มีประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตได้ดีกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ส่วนการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช (Figures 12 and 13) พบว่า ข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮ มีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชต่ำมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชให้แก่ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮ สามารถเพิ่มผลผลิตได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช

#### ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินวังไฮ ฤดูปลูกปี 2558

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ Value to cost ratio (VCR) พบว่า การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง สำหรับพันธุ์นครสวรรค์ 3 การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช อัตราต่างๆ ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ NSX052014 ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 5 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน (Tables 41-43)

ในกรณีที่ปลูกข้าวโพดในดินร่วนเหนียวชุดดินวังไฮซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง หากเกิดภาวะเศรษฐกิจตกต่ำหรือผลผลิตมีราคาต่ำ เกษตรกรสามารถตัดสินใจผลิตข้าวโพดโดยไม่ใส่ปุ๋ยหรือใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำได้ แต่ไม่ควรที่จะปฏิบัติเช่นนี้ติดต่อกันเนื่องจากมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและศักยภาพการผลิตพืชของดินลดลง

#### 8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

1) ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย-ดินร่วนเหนียว ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดังนี้ มีการดูดใช้ไนโตรเจน 10.3 – 11.7 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.4 – 2.1 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 6.1 - 15.7 กิโลกรัม K ต่อไร่

2) ปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกจากพื้นที่โดยเมล็ดและซังของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียว ประกอบด้วย ไนโตรเจน 7 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.2 – 1.6 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือเทียบเท่าฟอสฟอรัสจากปุ๋ยฟอสเฟต 2.7 – 3.7 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และโพแทสเซียม 2.9 – 4.0 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือเทียบเท่าโพแทสเซียมจากปุ๋ยโพแทช 3.5 – 4.8 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่

3) อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมในดินร่วน

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในดินร่วนเหนียวชุดดินวังสะพุง จังหวัดเลย ควรใส่ ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10-15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 5 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ ปุ๋ยโพแทช 3-5 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในดินร่วนปนทรายชุดดินโคราช จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 10 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และ ปุ๋ยโพแทช 15 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียวชุดดินวังโฮ จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และ พันธุ์ NSX052014 ตอบสนองต่อปุ๋ยต่ำมาก สำหรับพันธุ์นครสวรรค์ 3 การใช้ปุ๋ยอัตราต่างๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยดังกล่าว และไม่ให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนพันธุ์ NSX052014 ให้ผลตอบสนองคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 5 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน อย่างไรก็ตาม การให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยควรพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่โดยผลผลิตรวมด้วยเพื่อรักษาคุณภาพดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืน ดังนั้นในกรณีที่ปลูกข้าวโพดในดินร่วนเหนียวชุดดินวังโฮซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางควรแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำเพื่อให้ข้าวโพดได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอสามารถตั้งตัวได้ในระยะแรกของการเจริญเติบโต โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 7-10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 3-5 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทช 3-5 กิโลกรัม  $K_2O$  ต่อไร่

9. **การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:** ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม และใช้เป็นข้อมูลในการบรรยายให้การฝึกอบรมแก่นักวิจัยและเกษตรกร

## 10. เอกสารอ้างอิง:

โชติ สิริพิบูลย์. 2541. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 119 หน้า

ศานิต เก้าเอี้ยน. 2557. การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดกาญจนบุรี. น.

103-116 ใน การประชุมเชิงปฏิบัติ โครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ครั้งที่ 6 ณ โรงแรมรอยัลฮิลล์ กอล์ฟ รีสอร์ท แอนด์ สปา อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ วันที่ 24-25 กรกฎาคม 2557
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2540. การบันทึกข้อมูลพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 274 หน้า
- สัมฤทธิ์ ชัยวรรณคุปต์. 2541. การปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ยสำหรับพืชเศรษฐกิจในดินไร่. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 81 หน้า
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ 136 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2557. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรุงเทพมหานคร. 215 หน้า.
- Arnon, L. 1974. Mineral Nutrition on Maize. International Potash Institute. Werder AG, Switzerland, 452 P.
- Bray, R. H. 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.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1984. Fertilizer and Plant Nutrition Guide. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 9. 176 P.
- Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. 214-221.
- 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.

**Table 1.** Chemical properties of Wang Saphung Soil before planting

Analytical parameters	0-20 cm depth	20-50 cm depth
Soil pH	6.3	5.3
Cation exchange capacity; CEC (cmole/kg)	17	22
Organic matter (%)	2.02	1.24
Available phosphorus (mg/kg)	1.8	0.3
Exchangeable potassium (mg/kg)	136	89
Exchangeable calcium (mg/kg)	2,343	2,271
Exchangeable magnesium (mg/kg)	208	259
Extractable iron (mg/kg)	127	132
Extractable manganese (mg/kg)	367	213
Extractable copper (mg/kg)	15	14
Extractable zinc (mg/kg)	4	1

**Table 2.** Grain yield of Nakhon Sawan 3 maize grown on Wang Saphung Soil at Loei Province during 2011-2012

Fertilizer application (kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai)	Grain yield (2011) (kg/rai)	Grain yield (2012) (kg/rai)	Grain yield (combined 2 yrs) (kg/rai)
0-0-0	234	520 c	377 c
0-5-5	243	588 bc	415 bc
5-5-5	270	685 abc	478 abc
10-5-5	263	742 ab	502 ab
15-5-5	323	728 ab	525 ab
15-0-5	331	615 abc	473 ab
15-10-5	339	780 a	560 abc
15-5-0	328	621 abc	474 a
15-5-3	405	733 ab	569 abc
15-5-7	307	696 abc	501 a
Average	304	671	488 ab
cv (%)	21.45	10.32	13.80
F-test	ns	**	**

\* and \*\* : significant different at 5% and 1% levels of probability, respectively, ns: not significant different

Means in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 3.** Nutrients concentration and uptake in different parts of Nakhon Sawan 3 maize grown on Wang Saphung Soil at Loei Province.

Plant parts	Dry matter (kg/rai)	N (%)	P (%)	K (%)	N uptake (kg N/rai)	P uptake (kg P/rai)	K uptake (kg K/rai)
Stalk	191	0.34	0.02	2.01	0.65	0.05	4.05
Leave	295	0.77	0.05	2.43	2.27	0.14	6.51
Husk	125	0.40	0.03	0.94	0.50	0.03	1.21
Grain	522	1.20	0.23	0.42	6.26	1.15	2.05
Cob	180	0.35	0.02	0.90	0.63	0.05	1.90
Total uptake (kg nutrient/rai)					10.31	1.42	15.72
Average yield (kg/rai)					488	488	488
g nutrient uptake/kg yield					21	3	32
Nutrients use efficiency (kg yield/kg nutrient uptake)					47	344	31

**Table 6.** Value to cost ratio (VCR) of fertilizer application for maize grown on Wang Saphung Soil at Loei Province during 2011

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
0-0-0	234	-	-	-	-	-
0-5-5	243	4	66	411	-344	0.16
5-5-5	270	15	276	546	-271	0.50
10-5-5	263	12	223	682	-459	0.33
15-5-5	323	38	681	817	-137	0.83
15-0-5	331	41	740	556	184	1.33

15-10-5	339	45	799	1,078	-279	0.74
15-5-0	328	40	719	667	52	1.08
15-5-3	405	73	1301	757	544	<u>1.72</u>
15-5-7	307	31	554	877	-323	0.63

---

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

**Table 7.** Value to cost ratio (VCR) of fertilizer application for maize grown on Wang Saphung Soil at Loei Province during 2012

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
0-0-0	520	-	-	-	-	-
0-5-5	588	13	520	411	109	1.26
5-5-5	685	32	1261	546	715	<b>2.31</b>
10-5-5	742	43	1691	682	1,010	<b>2.48</b>
15-5-5	728	40	1583	817	766	1.94
15-0-5	615	18	723	556	166	1.30
15-10-5	780	50	1987	1,078	909	1.84
15-5-0	621	19	767	667	100	1.15
15-5-3	733	41	1628	757	870	<b>2.15</b>
15-5-7	696	34	1343	877	466	1.53

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

**Table 8.** Chemical properties of Korat Soil before planting

Analytical parameters	0-20 cm depth	20-50 cm depth
Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	1.69	1.61
Soil pH	4.92	4.45
Organic matter (%)	0.58	0.37
Available phosphorus (mg/kg)	2	1
Exchangeable potassium (mg/kg)	10	10



**Table 9.** Effect of nitrogen application on grain yield of Nakhon Sawan 3 maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province during 2013-2014

Fertilizer application (kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai)	Grain yield (2013) (kg/rai)	Grain yield (2014) (kg/rai)	Grain yield (combined 2 yrs) (kg/rai)
0-10-10	409 b	658	534 b
10-10-10	664 a	858	761 a
20-10-10	663 a	756	710 a
30-10-10	578 a	852	715 a
40-10-10	653 a	732	693 a
Average	593	771	683
cv (%)	12.9	14.29	13.90
F-test	**	ns	**

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different

Means in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 10.** Effect of phosphate application on grain yield of Nakhon Sawan 3 maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province during 2013-2014

Fertilizer application (kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai)	Grain yield (2013) (kg/rai)	Grain yield (2014) (kg/rai)	Grain yield (combined 2 yrs) (kg/rai)
20-0-10	310 c	360 c	335 c
20-5-10	489 b	587 b	538 b
20-10-10	620 a	827 a	724 a
20-15-10	605 a	897 a	751 a
20-20-10	670 a	950 a	810 a
Average	539	724	632
cv (%)	9.6	12.20	11.45
F-test	**	**	**

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different

Means in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 11.** Effect of potash application on grain yield of Nakhon Sawan 3 maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province during 2013-2014

Fertilizer application (kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai)	Grain yield (2013) (kg/rai)	Grain yield (2014) (kg/rai)	Grain yield (combined 2 yrs) (kg/rai)
20-10-0	178 c	227	203 b
20-10-5	322 b	442	382 a
20-10-10	408 ab	471	440 a
20-10-15	468 a	548	508 a
20-10-20	382 ab	466	397 a
Average	352	431	392
cv (%)	17.8	33.77	28.63
F-test	**	ns	**

\* and \*\*: significant different at 5% and 1% levels of probability, respectively, ns: not significant different

Means in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 12.** Nutrients concentration and uptake in different parts of Nakhon Sawan 3 maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province

Plant parts	N (%)	P (%)	K (%)	N uptake (kg N/rai)	P uptake (kg P/rai)	K uptake (kg K/rai)
Stalk	0.60	0.05	0.64	1.16	0.09	1.22
Leave	1.27	0.10	0.44	2.80	0.29	1.23
Husk	0.52	0.05	0.61	0.71	0.07	0.83
Grain	1.58	0.39	0.57	6.59	1.58	2.35
Cob	0.55	0.05	0.72	0.39	0.03	0.51
Total uptake (kg nutrient/rai)				11.65	2.06	6.14
Average yield (kg/rai)				568	568	568
g nutrient uptake/kg yield				21	4	11
Nutrients use efficiency (kg yield/kg nutrient uptake)				59	307	64



**Table 13.** Value to cost ratio (VCR) of nitrogen fertilizer application for maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province during 2013

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
2013 cropping season						
0-10-10	409	-	-	-	-	-
10-10-10	664	62	1,943	271	1,672	1.78
20-10-10	663	62	1,937	542	1,395	1.42
30-10-10	578	41	1,286	813	473	0.79
40-10-10	653	59	1,857	1,083	774	0.97
2014 cropping season						
0-10-10	658	-	-	-	-	-
10-10-10	858	30	1,524	271	1,253	1.40
20-10-10	756	15	746	542	204	0.55
30-10-10	852	30	1,483	813	670	0.91
40-10-10	732	11	563	1,083	-521	0.30

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

**Table 14.** Value to cost ratio (VCR) of phosphate fertilizer application for maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province during 2013

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
2013 cropping season						
20-0-10	310	-	-	-	-	-
20-5-10	489	58	1,369	261	1,108	1.24
20-10-10	620	100	2,369	522	1,847	1.74
20-15-10	605	95	2,250	783	1,468	1.39
20-20-10	670	116	2,750	1,043	1,707	1.46
2014 cropping season						
20-0-10	360	-	-	-	-	-

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
20-5-10	587	63	1,728	261	1,467	1.57
20-10-10	827	129	3,560	522	3,038	2.61
20-15-10	897	149	4,095	783	3,312	2.52
20-20-10	950	164	4,497	1,043	3,454	2.39

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

**Table 15.** Value to cost ratio (VCR) of potash fertilizer application for maize grown on Korat Soil at Nakhon Sawan Province during 2013

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
2013 cropping season						
20-10-0	178	-	-	-	-	-
20-10-5	322	81	1,097	150	947	0.90
20-10-10	408	129	1,756	300	1,456	1.29
20-10-15	468	163	2,212	450	1,762	1.46
20-10-20	382	115	1,557	600	957	0.94
2014 cropping season						
20-10-0	227	-	-	-	-	-
20-10-5	442	95	1,640	150	1,490	1.35
20-10-10	471	107	1,859	300	1,559	1.36
20-10-15	548	141	2,449	450	1,999	1.62
20-10-20	466	105	1,825	600	1,225	1.10

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

**Table 16.** Chemical properties of Wang Hai Soil before planting

Analytical parameters	0-20 cm depth	20-50 cm depth
Soil pH	4.57	4.43
Organic matter (%)	1.55	1.27

---

Available phosphorus (mg/kg)	17	9
Exchangeable potassium (mg/kg)	96	36

---

**Table 17.** Days to tasseling of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application at Nakhon Sawan Province during 2015.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
0-10-5	53.0	48.0	50.5
5-10-5	51.7	47.3	49.5
10-10-5	52.0	47.3	49.7
15-10-5	52.0	47.3	49.7
20-10-5	53.3	48.0	50.7
Average	52.4	47.6	

cv (a) 1.61%, cv (b) 1.98%, F-test: A = \*\*, B = ns, AxB = ns

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 18.** Days to silking of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
0-10-5	54.3	50.3	52.3
5-10-5	53.3	50.0	51.7
10-10-5	53.7	49.3	51.5
15-10-5	53.3	49.7	51.5
20-10-5	54.3	50.0	52.2
Average	53.8	49.9	

CV (A) 1.53%, CV (B) 2.01%, F-test: A = \*\*, B = ns, AxB = ns

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 19.** Anthesis-silking intervals (ASI) of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3		NSX052014		Average
0-10-5	1.3		2.3		1.8
5-10-5	1.7		2.7		2.2
10-10-5	1.7		2.0		1.8
15-10-5	1.3		2.3		1.8
20-10-5	1.0		2.0		1.5
Average	1.4	B	2.3	A	

cv (a) 19.90%, cv (b) 33.77%, F-test: A = \*, B = ns, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 20.** Plant height at 60 days after planting of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (cm)		NSX052014 (cm)		Average (cm)
0-10-5	217.9		202.4		210.2
5-10-5	220.8		205.4		213.1
10-10-5	219.8		208.9		214.4
15-10-5	215.4		204.5		210.0
20-10-5	217.4		203.9		210.7
Average	218.3	A	205.0	B	

cv (a) 3.81%, cv (b) 1.96%, F-test: A = \*, B = ns, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT



**Table 21.** Ear height at 60 days after planting of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
0-10-5	114.5	106.8	110.7
5-10-5	121.6	109.0	115.3
10-10-5	118.1	109.5	113.8
15-10-5	114.4	109.0	111.7
20-10-5	116.2	107.8	112.0
Average	117.0	108.4	

cv (a) 8.71%, cv (b) 2.83%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

**Table 22.** Root lodging of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average
0-10-5	4.6	3.0	3.8
5-10-5	3.2	4.9	4.1
10-10-5	3.3	3.3	3.3
15-10-5	4.9	4.0	4.4
20-10-5	2.3	5.2	3.8
Average	3.6	4.1	

cv (a) 132.24%, cv (b) 60.82%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

**Table 23.** Stalk lodging of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
0-10-5	39.2	77.3	58.3
5-10-5	22.4	66.3	44.4
10-10-5	28.8	51.4	40.1

15-10-5	37.4	37.5	37.4
20-10-5	44.5	65.1	54.8
Average	34.5	59.5	

cv (a) 37.82%, cv (b) 29.51%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

**Table 24.** Grain yield of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (kg/rai)	NSX052014 (kg/rai)	Average (kg/rai)
0-10-5	1,008	1,007	1,007
5-10-5	942	1,171	1,056
10-10-5	942	1,182	1,062
15-10-5	1,042	1,114	1,078
20-10-5	965	1,161	1,063
Average	980	1,127	

cv (a) 18.34%, cv (b) 7.56%, F-test : A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

**Table 25.** Days to tasseling of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application. (Unit: days)

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
10-0-5	53.0	48.0	50.5
10-5-5	53.3	48.0	50.7
10-10-5	52.0	47.3	49.7
10-15-5	52.3	47.0	49.7
10-20-5	50.7	47.0	48.8
Average	52.3 A	47.5 B	

cv (a) 3.96%, cv (b) 2.15%, F-test : A = \*, B = ns, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT



**Table 26.** Days to silking of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)	
10-0-5	53.7	50.0	51.8	ab
10-5-5	54.7	50.0	52.3	a
10-10-5	53.0	49.3	51.2	bc
10-15-5	53.3	49.3	51.3	abc
10-20-5	52.3	49.0	50.7	c
Average	53.4 A	49.5 B		

cv (a) 2.56%, cv (b) 1.56%, F-test : A = \*, B = \*, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different.

Means of main-plot in a row and means of subplot in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 27.** Anthesis-silking intervals (ASI) of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3	NSX052014	Average
10-0-5	0.7	2.0	1.3
10-5-5	1.3	2.0	1.7
10-10-5	1.0	2.0	1.5
10-15-5	1.0	2.3	1.7
10-20-5	1.7	2.0	1.8
Average	1.1	2.1	

cv (a) 41.13%, cv (b) 21.21%, F-test : A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 28.** Plant height at 60 days after planting of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
10-0-5	216.8	204.3	210.6
10-5-5	209.7	206.9	208.3

10-10-5	217.0	211.7	214.4
10-15-5	213.0	202.4	207.7
10-20-5	219.1	205.7	212.4
Average	215.1	206.2	

cv (a) 16.18%, cv (b) 14.84%, F-test : A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 29.** Ear height at 60 days after planting of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
10-0-5	112.8	107.7	110.2
10-5-5	113.7	109.4	111.6
10-10-5	115.7	113.0	114.3
10-15-5	116.6	108.4	112.5
10-20-5	118.0	110.1	114.0
Average	115.4	A 109.7 B	

cv (a) 0.39%, cv (b) 3.93%, F-test: A = \*\*, B = ns, AxB = ns

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 30.** Root lodging of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
10-0-5	5.5	11.0	8.3
10-5-5	2.2	7.2	4.7
10-10-5	4.6	6.5	5.5
10-15-5	3.3	3.9	3.6
10-20-5	2.6	3.6	3.1
Average	3.6	6.4	

cv (a) 196.13%, cv (b) 82.91%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 31.** Stalk lodging of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (%)		NSX052014 (%)	Average (%)
10-0-5	45.8		53.0	49.4
10-5-5	47.1		64.8	55.9
10-10-5	34.7		67.1	50.9
10-15-5	45.0		62.4	53.7
10-20-5	20.6		65.3	43.0
Average	38.6	B	62.5	A

cv (a) 22.58%, cv (b) 47.68%, F-test: A = \*, B = ns, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 32.** Grain yield of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (kg/rai)		NSX052014 (kg/rai)	Average (kg/rai)
10-0-5	1,019		1,155	1,087
10-5-5	994		1,156	1,075
10-10-5	1,080		1,217	1,148
10-15-5	1,036		1,158	1,097
10-20-5	1,066		1,232	1,149
Average	1,039		1,184	

cv (a) 10.65%, cv (b) 5.37%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 33.** Days to tasseling of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (days)		NSX052014 (days)		Average (days)
10-10-0	54.3		48.7		51.5
10-10-2.5	53.0		48.3		50.7
10-10-5	53.7		49.3		51.5
10-10-7.5	54.0		48.7		51.3
10-10-10	54.7		48.7		51.7
Average	53.9	A	48.7	B	

cv (a) 4.27%, cv (b) 2.51%, F-test: A = \*, B = ns, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 34.** Days to silking of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application. (Unit: days)

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (days)		NSX052014 (days)		Average (days)
10-10-0	55.0		51.0		53.0
10-10-2.5	54.3		51.0		52.7
10-10-5	55.7		51.7		53.7
10-10-7.5	55.0		50.7		52.8
10-10-10	56.3		51.0		53.7
Average	55.3	A	51.1	B	

cv (a) 1.78%, cv (b) 2.35%, F-test: A = \*\*, B = ns, AxB = ns

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 35.** Anthesis-silking intervals (ASI) of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3	NSX052014	Average
10-10-0	0.7	2.3	1.5
10-10-2.5	1.3	2.7	2.0
10-10-5	2.0	2.3	2.2
10-10-7.5	1.0	2.0	1.5
10-10-10	1.7	2.3	2.0
Average	1.3	2.3	

cv (a) 79.06%, cv (b) 31.10%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 36.** Plant height at 60 days after planting of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application. (Unit: cm)

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)	
10-10-0	202.4	194.0	198.2	b
10-10-2.5	208.2	193.4	200.8	b
10-10-5	201.0	196.4	198.7	b
10-10-7.5	212.5	204.0	208.2	a
10-10-10	199.0	196.2	197.6	b
Average	204.6	196.8		

cv (a) 4.17%, cv (b) 2.96%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 37.** Ear height at 60 days after planting of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application. (Unit: cm)

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
10-10-0	109.5	100.0	104.8
10-10-2.5	112.0	103.9	108.0
10-10-5	110.2	102.0	106.1
10-10-7.5	111.7	106.8	109.3



10-10-10	108.0	102.4	105.2
Average	110.3	103.0	

cv (a) 7.71%, cv (b) 4.48%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 38.** Root lodging of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application at Nakhon Sawan Province during 2015.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
10-10-0	1.6	1.3	1.5
10-10-2.5	1.3	0.3	0.8
10-10-5	2.6	0.0	1.3
10-10-7.5	0.3	0.7	0.5
10-10-10	1.3	0.6	1.0
Average	1.4	0.6	

cv (a) 142.43%, cv (b) 120.77%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

**Table 39.** Stalk lodging of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
10-10-0	37.8	85.9	61.8
10-10-2.5	31.7	88.7	60.2
10-10-5	34.1	76.8	55.5
10-10-7.5	58.7	90.6	74.7
10-10-10	45.1	91.6	68.4
Average	41.5	86.7	

cv (a) 12.24%, cv (b) 23.96%, F-test: A = \*\*, B = ns, AxB = ns

\*\* : significant different at 1% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 40.** Grain yield of two varieties of maize grown on Wang Hai Soils under different levels of potash fertilizer application at Nakhon Sawan Province during 2015.

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	NS3 (kg/rai)		NSX052014 (kg/rai)		Average (kg/rai)
10-10-0	884		1,081		983
10-10-2.5	934		1,143		1,039
10-10-5	917		1,109		1,013
10-10-7.5	994		1,175		1,085
10-10-10	847		1,138		993
Average	915	B	1,129	A	

cv (a) 8.52%, cv (b) 12.29%, F-test: A = \*, B = ns, AxB = ns

\* : significant different at 5% levels of probability, ns: not significant different.

Means in a row followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

**Table 41.** Value to cost ratio (VCR) of nitrogen fertilizer application for maize grown on Wang Hai Soils at Nakhon Sawan Province during 2015

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
Nakhon Sawan 3 variety						
0-10-5	1,008	-	-	-	-	-
5-10-5	942	-6.5	-504	135	-639	-0.62
10-10-5	942	-6.5	-502	271	-773	-0.53
15-10-5	1,042	3.4	258	406	-148	0.24
20-10-5	965	-4.2	-326	542	-868	-0.27
NSX052014 variety						
0-10-5	1,007	-	-	-	-	-
5-10-5	1,171	16.3	1,251	135	1,115	1.55
10-10-5	1,182	17.4	1,335	271	1,064	1.42
15-10-5	1,114	10.6	813	406	407	0.75
20-10-5	1,161	15.3	1,174	542	633	0.97

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

**Table 42.** Value to cost ratio (VCR) of phosphate fertilizer application for maize grown on Wang Hai Soils at Nakhon Sawan Province during 2015

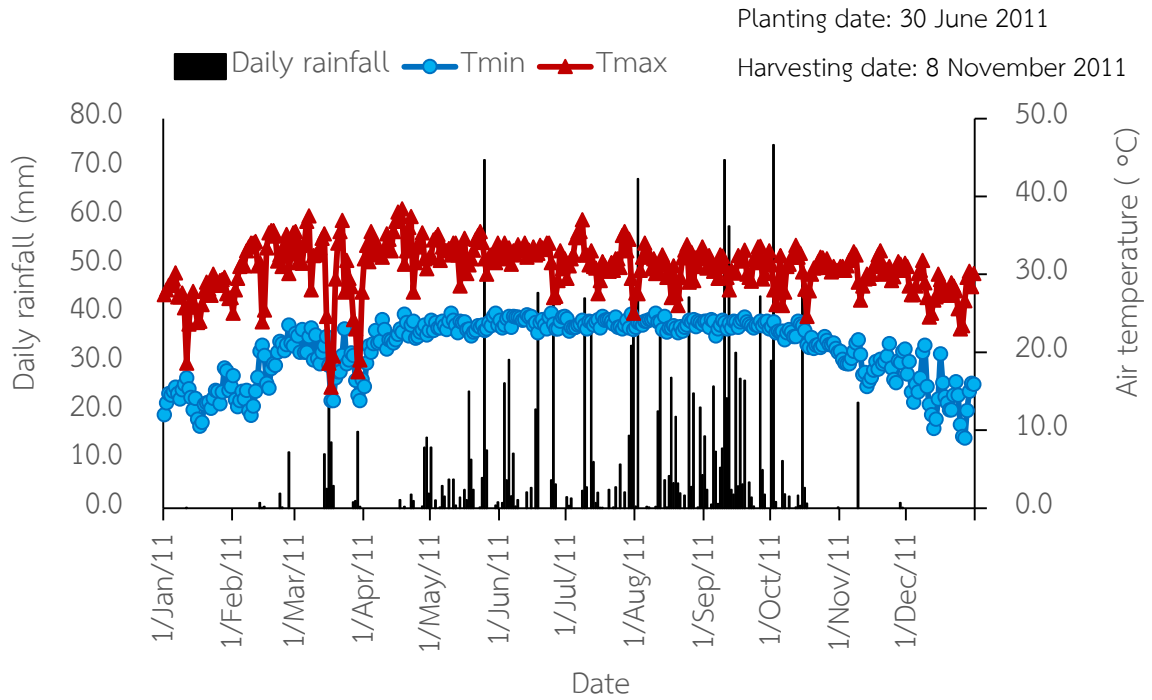
Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
Nakhon Sawan 3 variety						
10-0-5	1,019	-	-	-	-	-
10-5-5	994	-2.4	-185	261	-446	-0.27
10-10-5	1,080	6.0	467	522	-55	0.50
10-15-5	1,036	1.7	135	783	-647	0.11
10-20-5	1,066	4.6	358	1,043	-686	0.24
NSX052014 variety						
10-0-5	1,155	-	-	-	-	-
10-5-5	1,156	0.2	13	261	-248	0.02
10-10-5	1,217	5.4	475	522	-47	0.50
10-15-5	1,158	0.3	28	783	-754	0.02
10-20-5	1,232	6.7	594	1,043	-449	0.41

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

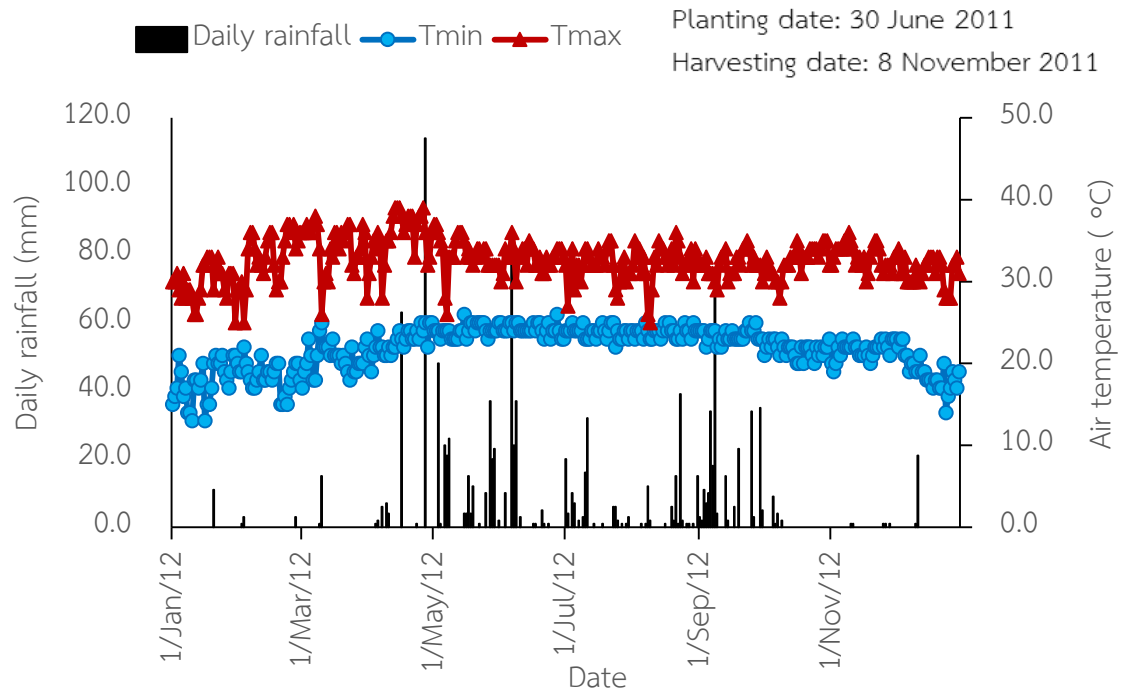
**Table 43.** Value to cost ratio (VCR) of potash fertilizer application for maize grown on Wang Hai Soils at Nakhon Sawan Province during 2015

Fertilizer application kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
Nakhon Sawan 3 variety						
10-10-0	884	-				
10-10-2.5	934	5.7	383	75	308	0.44
10-10-5	917	3.7	247	150	97	0.26
10-10-7.5	994	12.4	840	225	615	0.83
10-10-10	847	-4.2	-284	300	-584	-0.26
NSX052014 variety						
10-10-0	1,081	-				
10-10-2.5	1,143	5.7	473	75	398	0.55
10-10-5	1,109	2.6	215	150	65	0.23
10-10-7.5	1,175	8.7	717	225	492	0.70
10-10-10	1,138	5.3	433	300	133	0.40

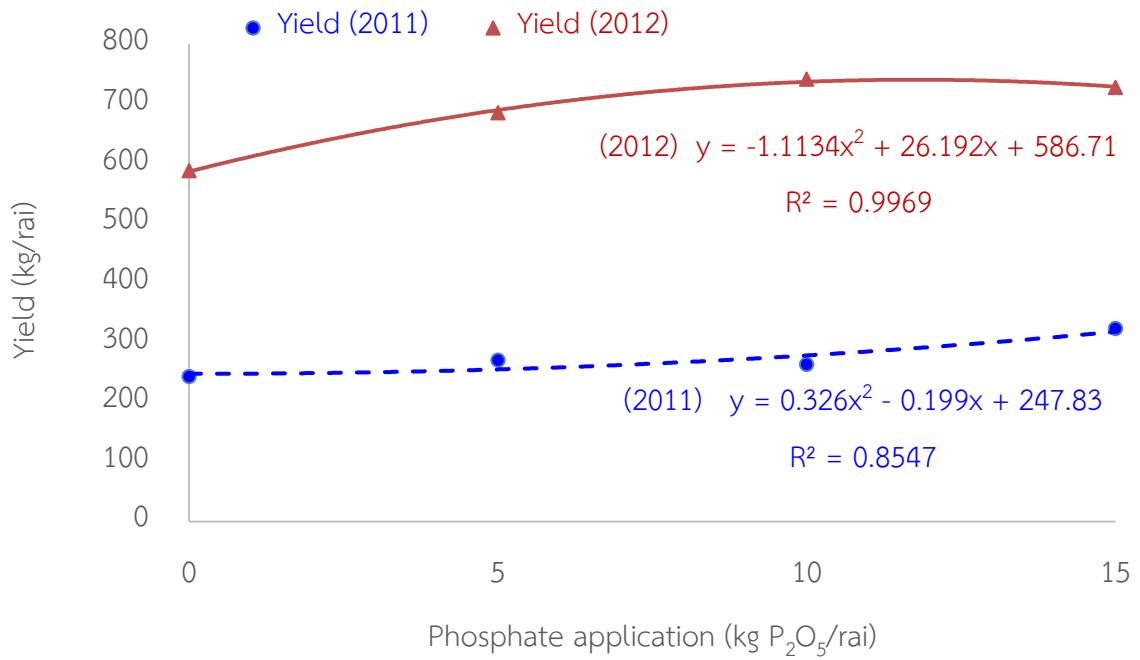
Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: urea 623 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.



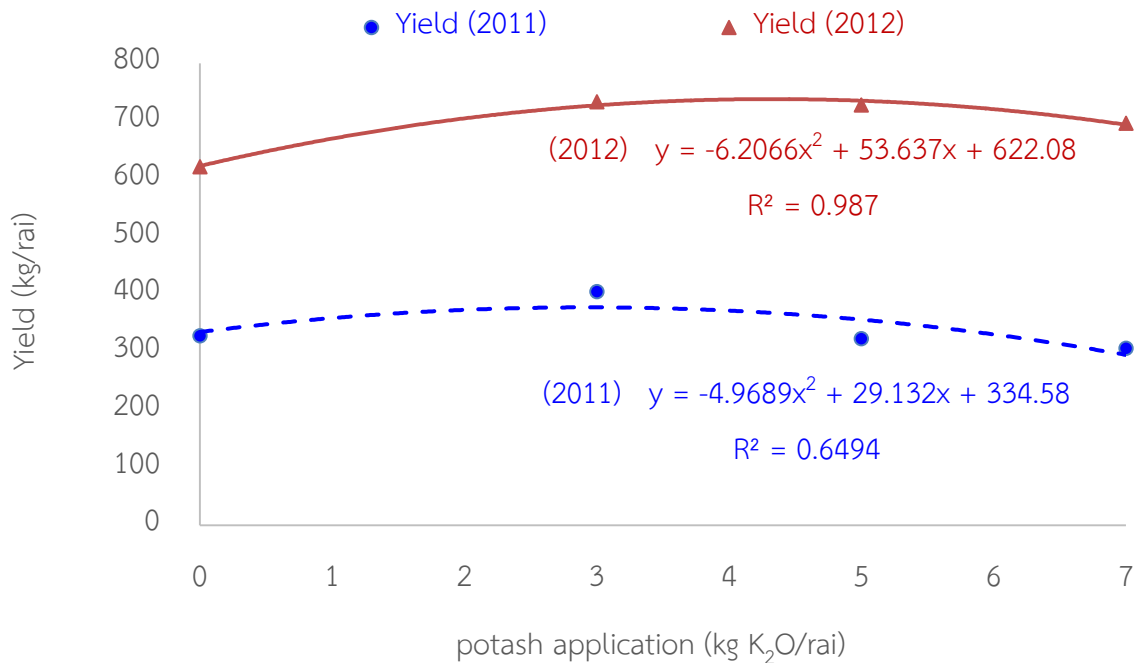
**Figure 1.** Daily rainfall and air temperature at Loei Agrometeorological Station, Na Pong Sub-District, Mueang District, Loei Province during January to December 2011



**Figure 2.** Daily rainfall and air temperature at Loei Agrometeorological Station, Na Pong Sub-District, Mueang District, Loei Province during January to December 2012



**Figure 3.** Response of Nakhon Sawan 3 maize to phosphate fertilizer application in Wang Saphung Soils at Loei Province during 2011 and 2012



**Figure 4.** Response of Nakhon Sawan 3 maize to potash fertilizer application in Wang Saphung Soils at Loei Province during 2011 and 2012

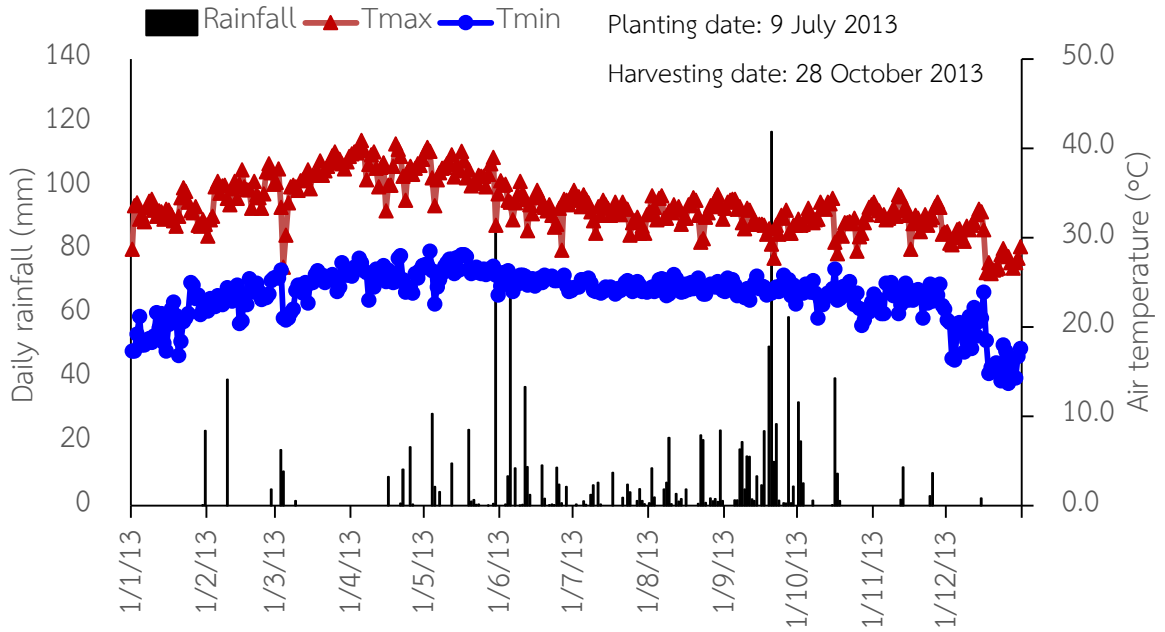


Figure 5. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan (Takfa) Meteorological Station during January to December 2013

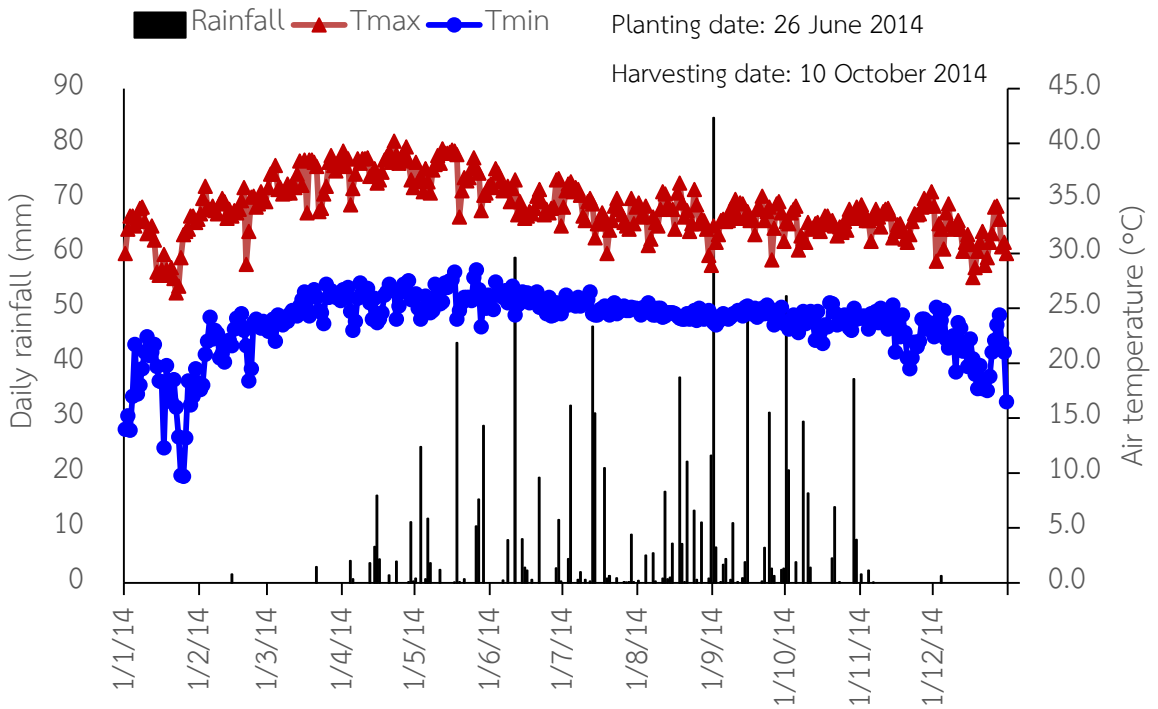
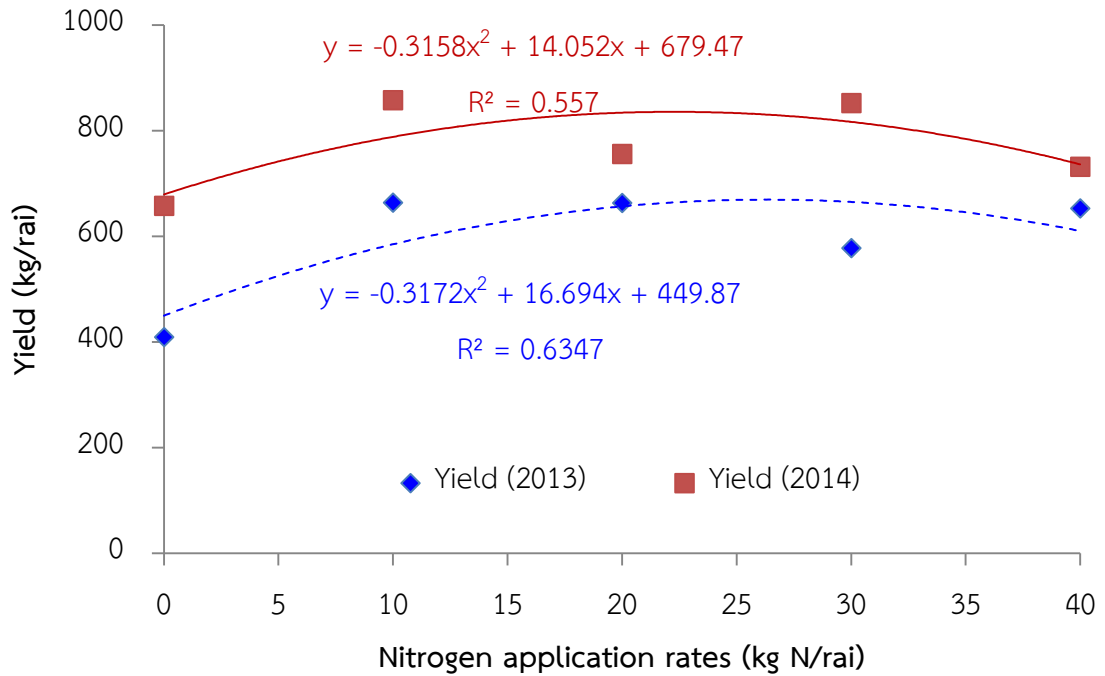


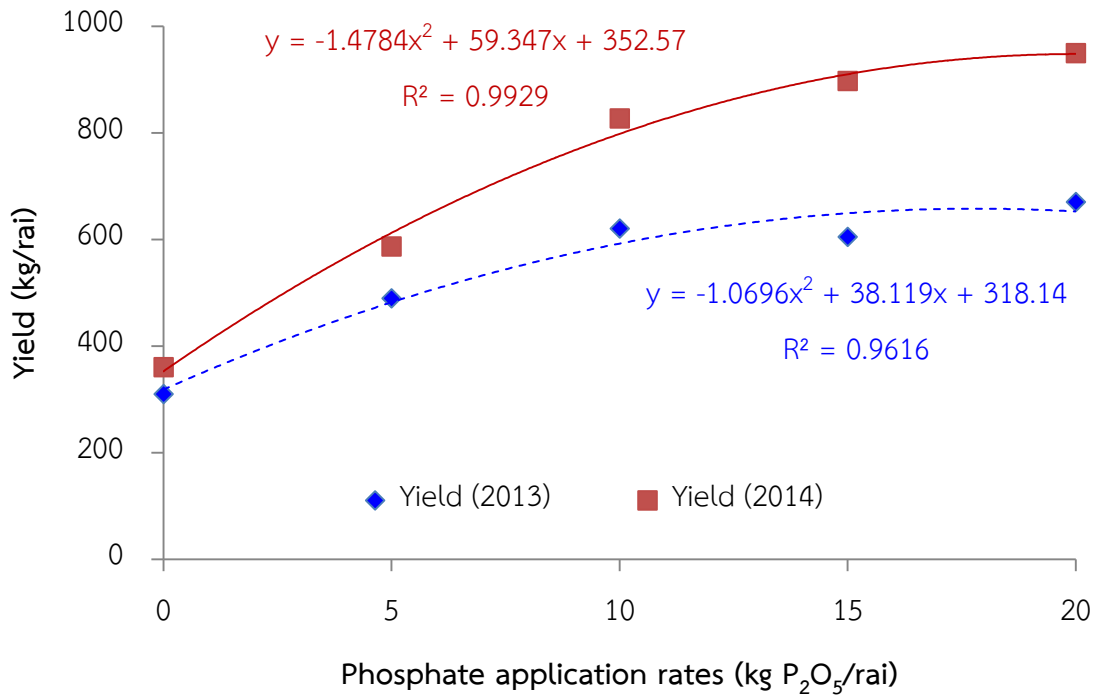
Figure 6. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan (Takfa)



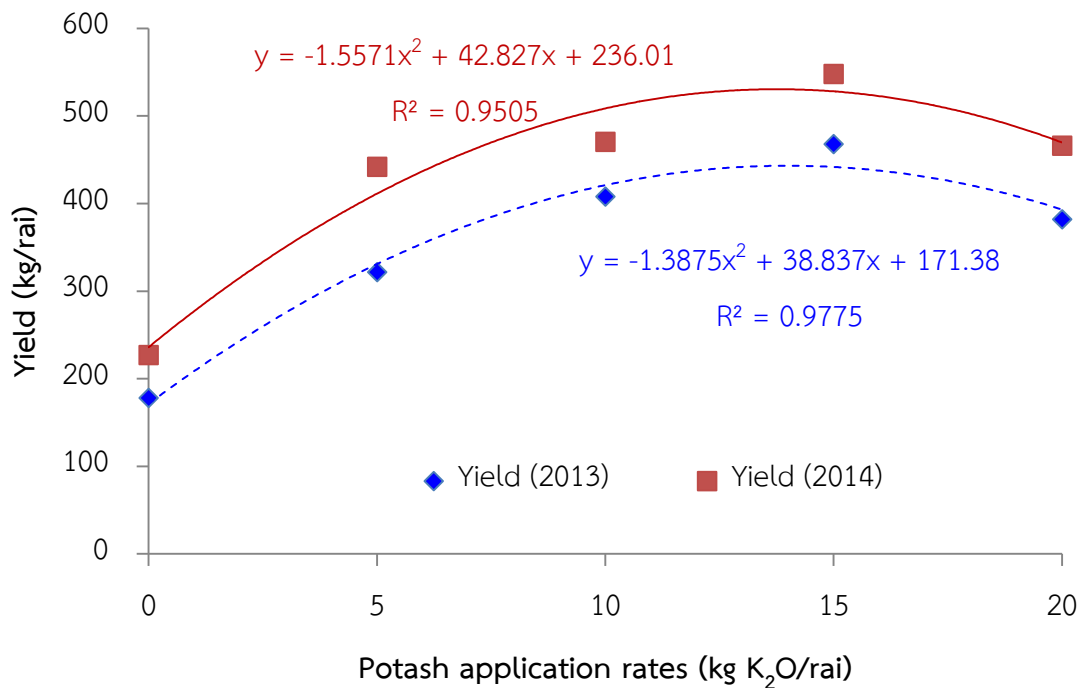
Meteorological Station during January to December 2014



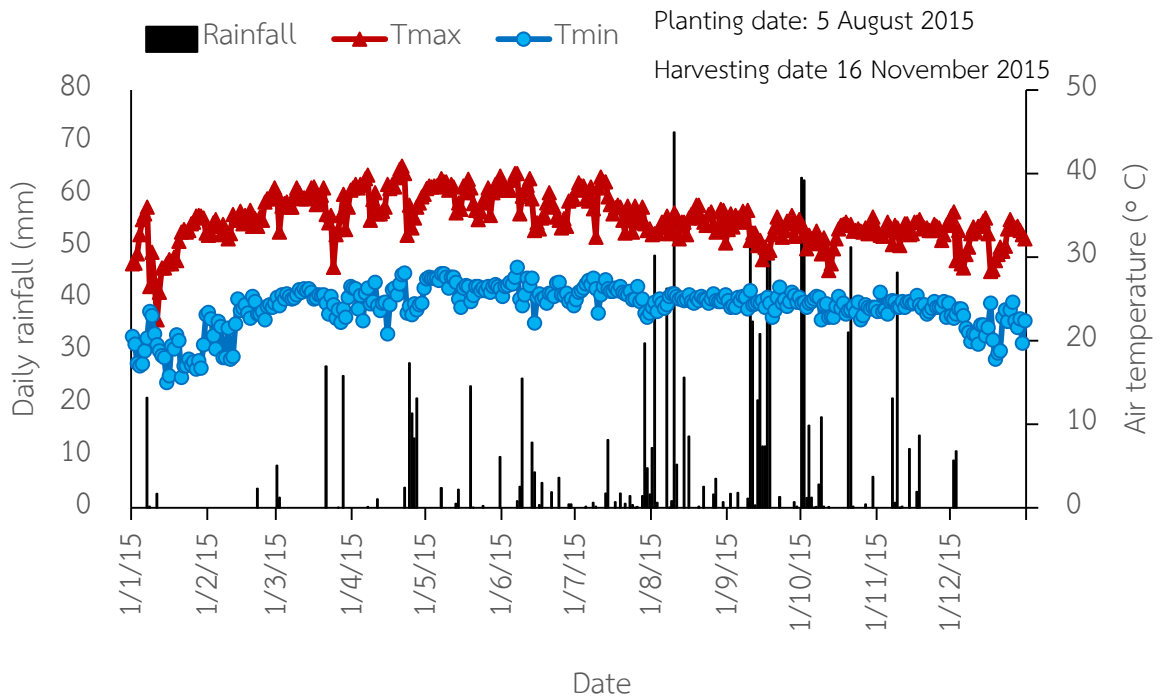
**Figure 7.** Response of Nakhon Sawan 3 maize to nitrogen fertilizer application in Korat Soils at Nakhon Sawan Province during 2013 and 2014



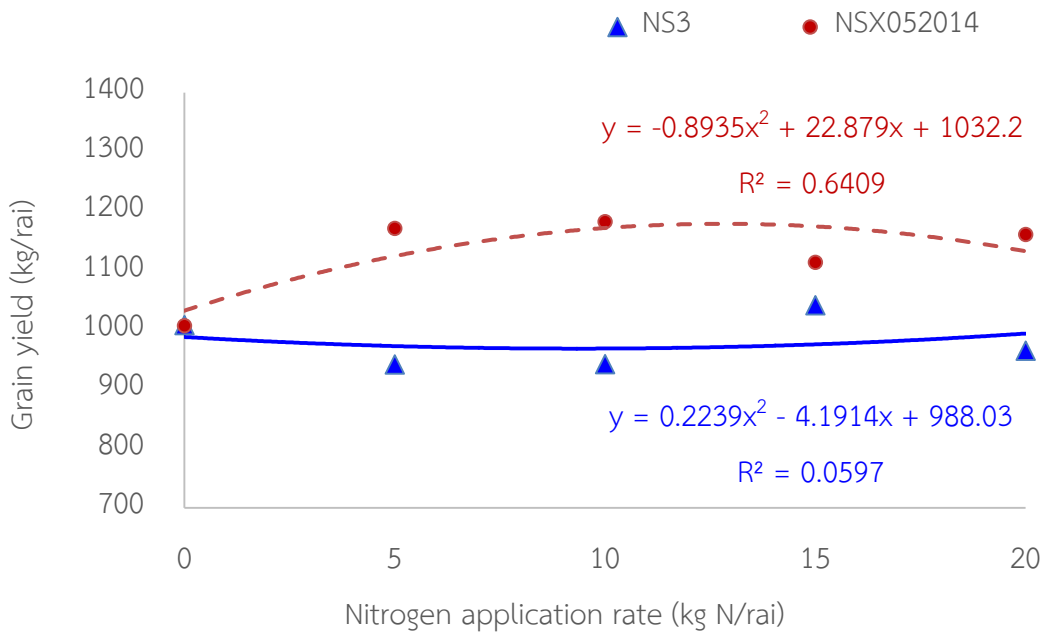
**Figure 8.** Response of Nakhon Sawan 3 maize to phosphate fertilizer application in Korat Soils at Nakhon Sawan Province during 2013 and 2014



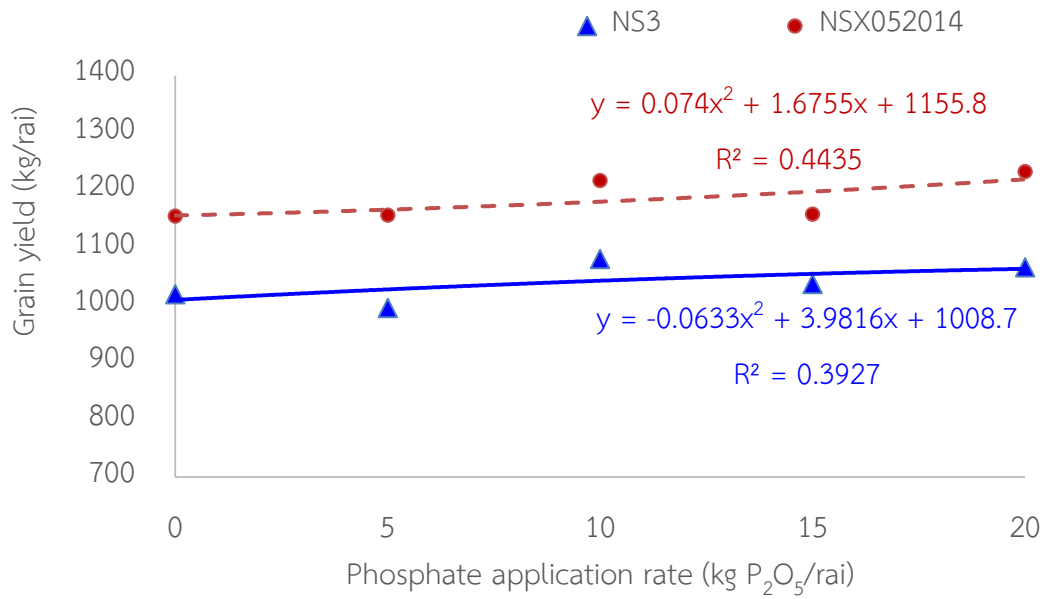
**Figure 9.** Response of Nakhon Sawan 3 maize to potash fertilizer application in Korat Soils at Nakhon Sawan Province during 2013 and 2014



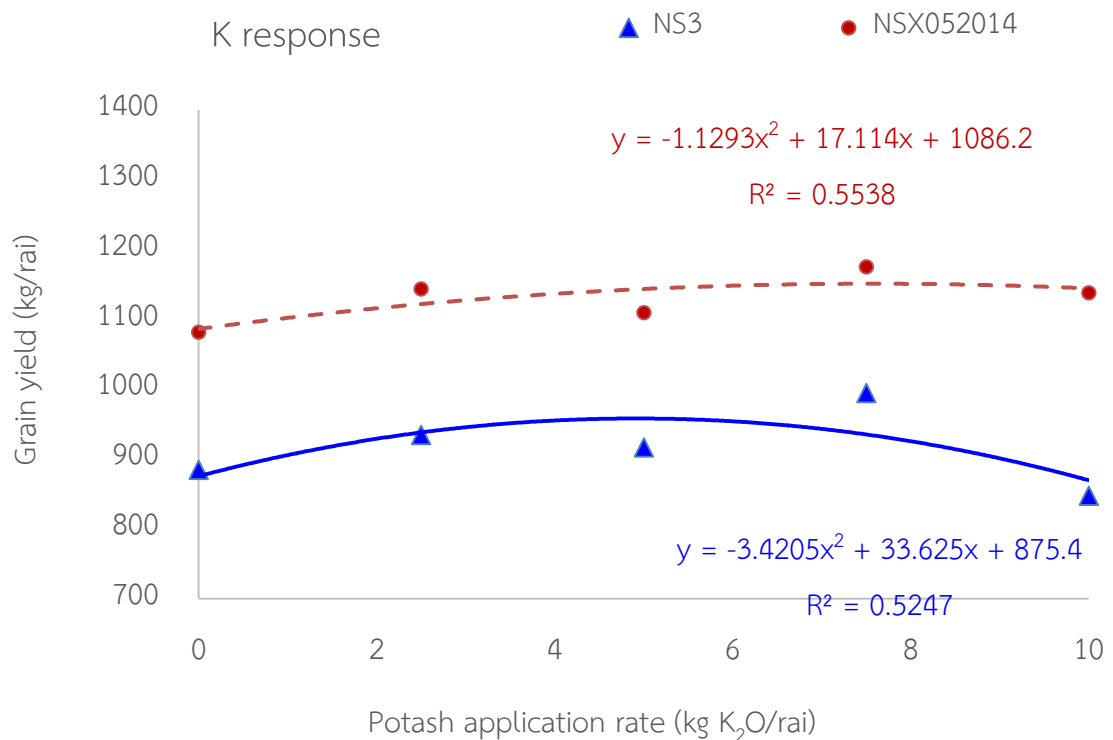
**Figure 10.** Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan (Takfa) Meteorological Station during January 2015 to December 2015



**Figure 11.** Response of maize to nitrogen fertilizer application in Wang Hai Soil at Nakhon Sawan Province during 2015.



**Figure 12.** Response of maize to phosphate fertilizer application in Wang Hai Soil at Nakhon Sawan Province during 2015.



**Figure 13.** Response of maize to potash fertilizer application in Wang Hai Soil at Nakhon Sawan Province during 2015.