

ความสามารถในการใช้ปุ๋ยและการดูดใช้น้ำและธาตุอาหาร ส่วนการปลูกข้าวโพดในชุดดินสมอทอดซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 15-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 ซึ่งปลูกในชุดดินสมอทอดให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

คำสำคัญ: ข้าวโพด ดินต่าง ปุ๋ย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

Abstract:

Fertilizer application is an important factor 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 4 alkaline soils at Nakhon Sawan Province i.e. Takli Soil during 2011 cropping season, Lop Buri Soil during 2012 cropping season, Lam Narai Soil during 2013-2014 cropping seasons, and Samo Thod Soil during 2015 cropping season.

The results revealed that nutrients uptake of Nakhon Sawan 3 maize grown on alkaline soils comprised nitrogen 16.2-18.5 kg N/rai, phosphorus 2.4-3.1 kg P/rai and potassium 8.6-13.0 kg K/rai. Nutrients loss by removing of grain and cob out of planting area consisted of nitrogen 7.0 – 13.7 kg N/rai, phosphorus 1.2 – 2.3 kg P/rai and potassium 2.0 – 4.7 kg K/rai. In Takli Soil, fertilizer application at a nutrient level of 10-5-2.5 kg N-P₂O₅-K₂O/rai showed the highest benefit return. When the maize was grown on Lop Buri Soil which had high fertility, fertilizer application at any levels did not increase any benefit return. However, the fertilizer should be applied at the lowest rate to support growth of seedling and maintain the soil fertility for sustainable crop production. Whereas, the production of maize on Lam Narai Soil which had high fertility but had shallow soil depth less than 65 cm showed extremely high of yield loss during long periods of erratic seasonal rainfall shortage during 2013-2014 cropping seasons. This was due to a limitation of root to penetrate and uptake water and nutrients. The maize grown on Samo Thod Soil which had moderate fertility showed that the optimum nutrient levels of fertilizer application for Nakhon Sawan 3 and NSX052014 were 15-0-0 and 10-0-0 kg N-P₂O₅-K₂O/rai, respectively.

Key Words: Maize, Alkaline 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 API (1963) อ้างโดย โชติ (2541) ได้จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยการผลิตที่จำกัดการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดังนี้ คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ร้อยละ 16.0 การกระจายของฝน ร้อยละ 14.5 ความเหมาะสมของอัตราปลูก ร้อยละ 13.3 ความเหมาะสมของการเขตกรรม 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 ดินต่างส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง แต่อาจมีข้อจำกัดจากปฏิกิริยาดินที่เป็นด่างซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี ดินต่างที่พบในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ชุดดินตาคลี ชุดดินลพบุรี ชุดดินลำนารายณ์ ชุดดินชัยบาดาล ชุดดินสมอทอด เป็นต้น

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) ได้สำรวจต้นทุนในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าประกอบด้วย 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 ฤดูการผลิต พบว่าเป็นต้นทุนจากค่าแรงงานในการเตรียมดิน ปลูก ถอนแยก ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และเก็บเกี่ยว เฉลี่ย 38.43 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยอินทรีย์อื่นๆ เฉลี่ย 23.3 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนจากเมล็ดพันธุ์ 7.73 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด จะเห็นได้ว่าค่าปุ๋ยเป็นต้นทุนการผลิตที่สูงในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รองจากต้นทุนค่าแรงงาน อีกทั้งในปัจจุบันปุ๋ยนับวันมีแต่จะราคาสูงขึ้นเนื่องจากประเทศไทยไม่สามารถผลิตปุ๋ยเองได้จำเป็นต้องนำเข้าปุ๋ยจากต่างประเทศ การลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยสามารถทำได้โดยการใช้ปุ๋ยอย่างแม่นยำเฉพาะพื้นที่โดยการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยที่ถูกกรด ถูกอัตรา ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปไม่มากหรือน้อยเกินกว่าความต้องการของพืช การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีถูกเวลาเพื่อไม่ให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปอยู่ในดินสูญหายไปอย่างเปล่าประโยชน์ การ

ใช้ธาตุอาหารของพืชนอกจากขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพแวดล้อมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความต้องการของพืชอีกด้วยซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์

งานวิจัยการศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร มีการดำเนินการในปี พ.ศ.2524-2528 ได้ดำเนินการทดลองใน 2 กลุ่มดิน คือกลุ่มดินเหนียวสีแดง และกลุ่มดินเหนียวสีน้ำตาลคล้ำ ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 1 และในปีพุทธศักราช 2532 - 2537 ได้ดำเนินการทดลองใน 3 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโคราช ชุดดินสติ๊ก และชุดดินวาริน และใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 1 ในการทดสอบ (สัมฤทธิ์, 2541) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้ทำการทดลองในพันธุ์สุวรรณ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตและมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างจากข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมที่ใช้กันในปัจจุบัน ดังนั้นเมื่อมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาปรับปรุงคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อให้เหมาะสมกับศักยภาพพันธุ์และศักยภาพดินในแต่ละพื้นที่ การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นที่ปลูกในพื้นที่ดินต่างในเขตที่เสี่ยงต่อสภาพแห้งแล้งเพื่อใช้ในการพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยต่อไป

6. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พันธุ์นครสวรรค์ 3 พันธุ์ NSX052014 ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ท่อเจาะดิน (soil sampling tube) ค้อนตอกท่อเจาะดิน พลั่วมือ จอบ เสียม วัสดุอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถังตาข่าย ถังกระดาษ วัสดุอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องแก้ว กระจกทรง น้ำกรองปราศจากไอออน สารเคมีต่างๆ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) เครื่องวัดการเปล่งแสงโดยเปลวไฟ (Flame photometer) เครื่องเขย่า และเตาย่อย (Digestion block)

- วิธีการ

1) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินตาคลี ฤดูปลูกปี 2554

ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ดินต่างชุดดินตาคลี แปลงเกษตรกร ตำบลตากฟ้า อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ กรรมวิธีเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยเคมี ได้แก่ 0-5-5 5-5-5 10-5-5 15-5-5 10-10-5 10-15-5 15-5-2.5 และ 10-5-7.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ขนาดแปลงย่อย 6 x 6 เมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลองมาวิเคราะห์สมบัติเคมี ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร และหยอดเมล็ด 2-3 เมล็ดต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชใส่เต็มอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครึ่งอัตราที่กำหนด ปลูกข้าวโพดวันที่ 26 พฤษภาคม 2554 เก็บเกี่ยววันที่ 22 กันยายน 2554

2) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินลพบุรี ฤดูปลูกปี 2555

ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ดินต่างชุดดินลพบุรี แปลงเกษตรกร ตำบลสุขสำราญ อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครสวรรค์ พิกัดแปลงทดลอง UTM: 47P 663486E 1696265N วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 10 กรรมวิธี 3 ซ้ำ กรรมวิธีเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยเคมี ได้แก่ 0-8-4 4-8-4 8-8-4 12-8-4 8-0-4 8-4-4 8-12-4 8-8-0 8-8-8 และ 8-8-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แปลงย่อยมีขนาด 6 x 6 เมตร ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ใช้ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชใส่เต็มอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ถอน

แยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครั้งอัตราที่กำหนด ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2555 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2555

3) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินลำนารายณ์ ฤดูปลูกปี 2556-2557

ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ดินต่าง ดำเนินการในดินร่วนเหนียวชุดดินลำนารายณ์ แปลงเกษตรกรบ้านซับตะเคียน ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 10 กรรมวิธี 3 ซ้ำ กรรมวิธีเป็นปริมาณธาตุอาหารที่ได้ใส่ปุ๋ยเคมี 0-10-5 5-10-5 10-10-5 15-10-5 20-10-5 10-0-5 10-5-5 10-15-5 10-10-0 และ 10-10-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แปลงย่อยมีขนาด 4.5 × 5 เมตร ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ใช้ระยะปลูก 75 × 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครั้งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่เต็มอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครั้งอัตราที่กำหนด ฤดูปลูกปี 2556 ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2556 และเก็บเกี่ยววันที่ 24 กันยายน 2556 ส่วนฤดูปลูกปี 2557 ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2557 แต่เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน ทำให้ข้าวโพดได้รับความเสียหายจึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

4) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558

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

การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ปัจจัยหลักประกอบด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสม 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-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต ปัจจัยหลักประกอบด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสม 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-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

การทดลองย่อยที่ 3 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช ปัจจัยหลักประกอบด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ลูกผสม 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-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

ดำเนินการทดลองในชุดดินสมอทอด 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 15 มิถุนายน 2558 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 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 0.5 M Sodium bicarbonate, pH 8.5 ตามวิธีของ Olsen (Olsen and Sommer, 1982) 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 และชัง บันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความชื้น แล้วนำไปบดให้ละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆของข้าวโพด วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชและผลผลิต

บันทึกข้อมูลการปฏิบัติในแปลงทดลอง การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพด ได้แก่ วันปลูก วันงอก วันเก็บเกี่ยว ความสูงต้น จำนวนต้นเก็บเกี่ยว น้ำหนักต้นในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักฝัก น้ำหนักเมล็ดและชัง ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์การตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวโพด วิเคราะห์ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test และสรุปผล

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (nitrogen use efficiency; NUE) ดังนี้

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

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

รายได้สุทธิ (Gross return) = ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม x ราคาผลผลิต

ผลตอบแทนสุทธิ (Net return) = รายได้สุทธิ - ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม

$$VCR = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม}}$$

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2558

แปลงทดลองไร่เกษตรกร ตำบลตากฟ้า อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครสวรรค์ (ชุดดินตาคลี ฤดูปลูกปี 2554)

แปลงทดลองไร่เกษตรกร ตำบลสุขสำราญ อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครสวรรค์ (ชุดดินลพบุรี ฤดูปลูกปี 2555)

แปลงทดลองไร่เกษตรกร บ้านซับตะเคียน ตำบลสุขสำราญ อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครสวรรค์ (ชุดดินลำน้ำราษณ์ ฤดูปลูกปี 2556-2557)

แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ (แปลง A5) ตำบลสุขสำราญ อำเภอดงเจริญ จังหวัดนครสวรรค์ (ชุดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558)

ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์

7. ผลการทดลองและวิจารณ์

1) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินตาคลี

ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

จากการสุ่มตัวอย่างดินก่อนปลูกมาวิเคราะห์ พบว่า ชุดดินตาคลีในพื้นที่ทำการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.90 มีอินทรีย์วัตถุ 2.19 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 311 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) ซึ่งมีลักษณะเป็นดินต่างปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าวิกฤตสำหรับข้าวโพด เนื่องจากในดินต่างฟอสฟอรัสจะตกตะกอนอยู่กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในดินและถูกดูดยึดไว้แน่นปลดปล่อยออกมาให้เป็นประโยชน์แก่พืชได้ในปริมาณน้อย พืชที่ปลูกในดินต่างอาจแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสได้

สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2554

ปริมาณน้ำฝนที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ (ตากฟ้า) พบว่า ในฤดูปลูกปี 2554 ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณมากและกระจายตัวสม่ำเสมอ วันที่ 25 พฤษภาคม 2554 ก่อนปลูกข้าวโพด 1 วัน มีฝนตกในปริมาณมากถึง 102.7 มิลลิเมตร จึงทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินในปริมาณมากและเพียงพอสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวโพด และหลังจากปลูกข้าวโพดไปแล้ว ข้าวโพดยังคงได้รับน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูก (26 พฤษภาคม 2554) จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (22 กันยายน 2554) เท่ากับ 917.1 มิลลิเมตร (Figure 1)

การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินต่างชุดดินตาคลี ฤดูปลูกปี 2554

จากการที่ข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก และดินในพื้นที่ปลูกชุดดินตาคลีเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง จึงทำให้ข้าวโพดที่ปลูกในฤดูปลูกปี 2554 ให้ผลผลิตสูง โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 0-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 778 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 1,325 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-15-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ แต่ให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 0-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ (Table 2)

การตอบสนองต่อปุ๋ยธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินต่างชุดดินตาคลี

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินตาคลีซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูง โดยมีอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 2.19 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอตลอดฤดูปลูก พบว่า ข้าวโพดตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงโดยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ (Figure 2)

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินต่างชุดดินตาคลี

เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินต่างชุดดินตาคลี ฤดูปลูกปี 2554 ด้วยวิธี Value to cost ratio (VCR) พบว่า ทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนแต่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 10-5-2.5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ค่า VCR 4.12 ซึ่งหมายถึง ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้น 1 บาท ให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น 4.12 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 0-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ (Table 3)

2) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินลพบุรี

ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.40 มีอินทรีย์วัตถุ 2.95 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 121 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 4) ซึ่งจัดเป็นดินต่างอ่อน มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในปริมาณต่ำกว่าค่าวิกฤตสำหรับข้าวโพดเนื่องจากดินที่มีปฏิกิริยาเป็นต่างจะมีแคลเซียมอยู่ในปริมาณสูงและฟอสฟอรัสจะตกตะกอนร่วมกับแคลเซียมทำให้ปลดปล่อยออกมาให้พืชนำไปใช้ได้ปริมาณน้อย

สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2555

ฤดูปลูกปี 2555 ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2555 ซึ่งก่อนปลูก 1 สัปดาห์ มีปริมาณฝนรวม 98.2 มิลลิเมตร และในวันที่ปลูกข้าวโพดมีฝนตก 15.8 มิลลิเมตร แต่หลังจากนั้นเป็นระยะเวลา 11 วัน พบว่ามีปริมาณฝนรวมเพียง 3.7 มิลลิเมตร แต่มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของข้าวโพดในระยะแรกไม่มากนักเนื่องจากเป็นระยะที่ข้าวโพดต้องการใช้น้ำในปริมาณน้อย ในฤดูปลูกปี 2555 การกระจายตัวของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอยกเว้นที่มีภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลาไม่ยาวนานมากนักเกิดขึ้น 2 ช่วง คือในช่วงวันที่ 11-25 มิถุนายน 2555 รวมระยะเวลา 15 วัน มีปริมาณฝนรวมเพียง 13.7 มิลลิเมตร (Figure 3) ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะเจริญเติบโตทางลำต้นซึ่งต้องการน้ำประมาณ 7-8 มิลลิเมตรต่อวัน อาจกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดได้ Arnon (1974) รายงานว่าหากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบก่อนที่จะออกดอกตัวผู้ จะทำให้ผลผลิตลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูปลูกปี 2555 ได้เกิดฝนทิ้งช่วงอีกครั้งในช่วงวันที่ 15-28 กรกฎาคม 2555 รวมระยะเวลา 14 วัน มีปริมาณฝนรวมเพียง 20.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวโพดออกดอกและสร้างเมล็ด ซึ่งข้าวโพดต้องการน้ำประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อวัน และอาจมีผลกระทบต่ออาการให้ผลผลิตของข้าวโพดได้ ซึ่ง พิเชษฐ และคณะ (2250) รายงานว่าหากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมขาดน้ำในช่วงออกดอกมีผลทำให้ผลผลิตลดลง 44 เปอร์เซ็นต์

ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินต่างชุดดิน

ลพบุรี ฤดูปลูกปี 2555

เนื่องจากชุดดินลพบุรีเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมาก โดยมีอินทรีย์วัตถุสูงถึง 2.95 เปอร์เซ็นต์ และฝนมีการกระจายตัวค่อนข้างดีแม้จะเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ เกิดขึ้น 2 ช่วง ในระยะที่ข้าวโพดมีอายุ 25-39 วันหลังปลูก และที่อายุ 59-72 วันหลังปลูก แต่ข้าวโพดยังให้ผลผลิตค่อนข้างสูงเฉลี่ย 990 กิโลกรัมต่อไร่ และแม้แต่ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 0-8-4 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ยังให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 967 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่พบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแตกต่างกัน (Table 5)

ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดิน

ลพบุรี

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินลพบุรี พบว่า ไนโตรเจนมีความเข้มข้นสูงสุดในส่วนของเมล็ด ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 1.55 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นส่วนของใบซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 0.63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของลำต้น กาบฝัก และชัง มีไนโตรเจนในความเข้มข้นต่ำ เฉลี่ย 0.52 0.40 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดและน้ำหนักรวมของแต่ละส่วนมาคำนวณปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารไปสะสมในส่วนต่างๆ ของข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินลพบุรีมีการดูดใช้ไนโตรเจนเฉลี่ย 18.50 กิโลกรัม N ต่อไร่ หรือใช้ไนโตรเจนเฉลี่ย 19 กรัม N ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม และมีประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนสร้างผลผลิตได้เฉลี่ย 54 กิโลกรัมต่อไนโตรเจนที่ข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม (Table 6)

ความต้องการฟอสฟอรัสของข้าวโพดพบว่ามีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่สะสมอยู่ในเมล็ดเช่นกัน โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 0.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟอสฟอรัสในต้น ใบ กาบฝัก และชัง มีในปริมาณน้อย เฉลี่ย 0.20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณเป็นปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดพบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินลพบุรี ดูดใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2.43 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 2 กรัม P ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม แม้ว่าข้าวโพดดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย แต่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสสร้างผลผลิตได้เฉลี่ย 407 กิโลกรัมต่อฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดใช้ทั้งหมด 1 กิโลกรัม (Table 6)

ส่วนความต้องการโพแทสเซียมของข้าวโพดพบว่ามีปริมาณน้อยกว่าไนโตรเจนแต่มากกว่าฟอสฟอรัส โพแทสเซียมส่วนใหญ่สะสมในส่วนของต้นและใบมากกว่าส่วนของเมล็ด โดยพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในต้น ชัง กาบฝัก เมล็ด และใบ เฉลี่ย 0.73 0.54 0.51 0.42 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินลพบุรี ดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดเฉลี่ย 8.62 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือใช้โพแทสเซียมเฉลี่ย 9 กรัม K ต่อผลผลิต 1 กิโลกรัม และมีประสิทธิภาพในการใช้โพแทสเซียมสร้างผลผลิตได้ 115 กิโลกรัม ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ดูดใช้ 1 กิโลกรัม (Table 6)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินลพบุรีในฤดูปลูกปี 2555 มีการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 18.50 2.43 และ 8.62 กิโลกรัม N P และ K ต่อไร่ สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยการนำผลผลิตออกไปซึ่งได้แก่เมล็ดและชัง ประกอบด้วยไนโตรเจน 13.70 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 2.25 กิโลกรัม P ต่อไร่ (เทียบเท่าฟอสฟอรัสจากปุ๋ยฟอสเฟต 5.15 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) และโพแทสเซียม 4.68 กิโลกรัม K ต่อไร่ (เทียบเท่าโพแทสเซียมจากปุ๋ยโพแทช 5.62 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) (Table 6) ซึ่งจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยชดเชยกลับไปเพื่อรักษาคุณภาพดินให้มีความเหมาะสมต่อการผลิตอย่างยั่งยืนต่อไป

การตอบสนองต่อธาตุอาหารของข้าวโพดในชุดดินลพบุรี

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินลพบุรีในฤดูปลูกปี 2555 ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อยมาก แม้ว่าจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจนถึงระดับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยฟอสเฟต 12 กิโลกรัม

P₂O₅ ต่อไร่ แต่ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียง 2.58 และ 5.29 เปอร์เซ็นต์ จากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสเฟต ตามลำดับ และพบว่าข้าวโพดไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช ในทางกลับกัน การใส่ปุ๋ยโพแทชเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตลดลง (Figures 4-6)

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินต่างชุด ดินลพบุรี ฤดูปลูกปี 2555

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธี VCR เปรียบเทียบความคุ้มค่าจากการลงทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุมหรือกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ดังนั้นหากพิจารณาในแง่ของผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในแง่รวมเดียว อาจไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ย แต่จะไม่ก่อให้เกิดความยั่งยืนในการผลิต ควรพิจารณาในแง่ของการรักษาทรัพยากรดินร่วมด้วย

3) ศึกษาการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินลำนารายณ์ ฤดูปลูกปี 2556-2557

ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ผลวิเคราะห์ดินชุดดินลำนารายณ์ แปลงเกษตรกร บ้านซับตะเคียน ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.33 อินทรีย์วัตถุ 2.12 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 233 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.22 อินทรีย์วัตถุ 2.08 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 193 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 8) จัดเป็นดินต่างอ่อน มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่อาจมีข้อจำกัดความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส และจากการตรวจสอบความลึกของหน้าตัดดิน พบว่า ในพื้นที่ทดลองมีหน้าตัดดินลึก 65 เซนติเมตร ซึ่งจัดว่าเป็นดินตื้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่จำกัดเมื่อเกิดภาวะแห้งแล้งได้ เนื่องจากดินสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้น้อย และจำกัดการไหลของรากพืชในการใช้น้ำและธาตุอาหาร

สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2556 และ ปี 2557

ในฤดูปลูกปี 2556 ปลูกข้าวโพดวันที่ 6 มิถุนายน 2556 พบว่า ตั้งแต่วันที่ 18 กรกฎาคม 2556 ถึงวันที่ 1 สิงหาคม 2556 เกิดภาวะฝนแล้งยาวนานถึง 2 สัปดาห์ มีปริมาณฝนรวม 22.8 มิลลิเมตร ซึ่งในระยะเวลาดังกล่าวข้าวโพดอายุ 42-56 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะออกดอกและต้องการน้ำในปริมาณมาก แต่ปริมาณน้ำที่ได้รับไม่เพียงพอแก่ความต้องการของข้าวโพด นอกจากนี้ในช่วงระหว่างวันที่ 10-21 สิงหาคม 2556 รวมระยะเวลา 11 วัน มีปริมาณน้ำฝนรวม 13.3 มิลลิเมตร (Figure 7) ซึ่งในระยะเวลาดังกล่าวข้าวโพดมีอายุ 65-76 วันหลังปลูก เป็นระยะที่มีการสร้างเมล็ดและมีความต้องการน้ำในปริมาณมาก จะเห็น

ได้ว่าตลอดฤดูปลูกปี 2556 ข้าวโพดประสบภาวะขาดน้ำถึง 2 ระยะ ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยและการให้ผลผลิตข้าวโพด Arnon (1974) รายงานว่าหากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบก่อนที่จะออกดอกตัวผู้ จะทำให้ผลผลิตลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ หากขาดน้ำในช่วงตั้งแต่ออกดอกตัวผู้จนกระทั่งเริ่มสร้างเมล็ด จะทำให้ผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองของ Grudloyma *et al.* (2005) และ พิเชษฐ์ และคณะ (2250) พบว่า หากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงออกดอก มีผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม ลดลง 44-53 เปอร์เซ็นต์ และ Arnon (1974) รายงานว่า หากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงหลังจากระยะสร้างเมล็ดสมบูรณ์แล้ว จะทำให้ผลผลิตลดลง 21 เปอร์เซ็นต์

ส่วนในฤดูปลูกปี 2557 ปลูกข้าวโพดวันที่ 7 พฤษภาคม 2557 พบว่า เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน ตั้งแต่วันที่ 19 กรกฎาคม 2556 จนถึงวันที่ 11 สิงหาคม 2556 รวมระยะเวลา 24 วัน โดยมีปริมาณฝนรวมในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเพียง 24.4 มิลลิเมตร (Figure 8) ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวโพดกำลังสร้างเมล็ดและต้องการใช้น้ำในปริมาณมาก ดังนั้นจึงทำให้ข้าวโพดไม่ติดเมล็ดสร้างความเสียหายต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก

ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดในดินต่างชุด

ดินลำนารายณ์ ฤดูปลูกปี 2556

ในฤดูปลูกปี 2556 ข้าวโพดได้รับผลกระทบจากภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนาน 2 ระยะ ได้แก่ที่อายุ 42-56 วันหลังปลูก และ 65-76 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวโพดอยู่ในระยะออกดอกและสร้างเมล็ด ดังนั้นจึงทำให้ข้าวโพดไม่แสดงอาการตอบสนองต่อปุ๋ยและให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ เนื่องจากประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยของพืชนั้นขึ้นอยู่กับความชื้นดิน หากดินมีความชื้นต่ำ ความสามารถในการละลายได้ของปุ๋ยเกิดขึ้นน้อย และทำให้พืชนำธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยไปใช้ได้ปริมาณน้อย ดังนั้นในฤดูปลูกปี 2556 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินลำนารายณ์ ที่ใช้ปุ๋ยอัตราต่างๆ จึงให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 648 กิโลกรัมต่อไร่

ความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินลำนารายณ์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินลำนารายณ์ มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน 16.34 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 3.05 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 13.05 กิโลกรัม K ต่อไร่ โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสส่วนใหญ่อยู่ในส่วนของเมล็ด ซึ่งมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงถึง 1.75 เปอร์เซ็นต์ แต่ฟอสฟอรัสมีในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน โดยพบว่าเมล็ดมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 0.29 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาอยู่ในส่วนของใบ ต้น กาบฝัก และชัง ส่วนโพแทสเซียมส่วนใหญ่สะสมอยู่ในลำต้น ซึ่งมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมเฉลี่ย 1.77 เปอร์เซ็นต์ (Table 10) และจากผลผลิตเฉลี่ย 648 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในส่วนของผลผลิต (เมล็ด) และชัง ซึ่งเป็นส่วนที่นำออกไปจากพื้นที่ประกอบด้วยไนโตรเจน 7.04 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.22 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือเทียบเท่าฟอสฟอรัสจากปุ๋ยฟอสเฟต

2.79 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และโพแทสเซียม 1.95 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือเทียบเท่าโพแทสเซียมจากปุ๋ยโพแทช 2.34 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินต่างชุด ดินลำนารายณ์ ฤดูปลูกปี 2556

เนื่องจากข้าวโพดได้รับผลกระทบจากภาวะฝนทิ้งช่วงในระยะที่ข้าวโพดอยู่ในระยะออกดอกและสร้างเมล็ด ดังนั้นจึงทำให้ข้าวโพดไม่แสดงอาการตอบสนองต่อปุ๋ยและให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำในฤดูปลูกปี 2556 และผลผลิตเสียหายเกือบทั้งหมดในฤดูปลูกปี 2557 ดังนั้นเมื่อคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ปริมาณธาตุอาหารที่ระดับต่าง ๆ ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี 0-10-5 10-0-5 และ 10-10-0 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่

4) ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีเด่นในดินต่างชุดดินสมอทอด

ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ผลวิเคราะห์ดินชุดดินสมอทอด แปลงทดลอง A5 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.22 อินทรีย์วัตถุ 1.61 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.23 อินทรีย์วัตถุ 1.41 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 12) ซึ่งจัดเป็นดินที่มีปฏิกริยาเป็นต่างอ่อน มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง เหมาะแก่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

สภาพภูมิอากาศ ฤดูปลูกปี 2558

การทดลองในชุดดินสมอทอด ปลูกข้าวโพดเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2558 ปริมาณฝนในช่วงที่ปลูกข้าวโพด ถึงวันที่ 12 ตุลาคม 2558 มีปริมาณรวมเท่ากับ 766.6 มิลลิเมตร (Figure 9) แต่ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวฝนมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ พบการทิ้งช่วงของฝนเป็นระยะเวลายาวนานถึง 2 ระยะ ระยะแรกเกิดขึ้นภายหลังจากปลูกข้าวโพด ตั้งแต่วันที่ 15 มิถุนายน 2558 ไปจนกระทั่งถึงวันที่ 27 กรกฎาคม 2558 รวมระยะเวลา 42 วัน มีปริมาณฝนรวม 43.2 มิลลิเมตร ซึ่งช่วงดังกล่าวข้าวโพดอยู่ในระยะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบจนกระทั่งเข้าสู่ระยะออกดอก การขาดน้ำในระยะดังกล่าวสามารถทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลงได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ (Arnon, 1974) และมีผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดลดน้อยลงต่อมาได้เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงอีกครั้งในช่วงวันที่ 17 สิงหาคม 2558 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2558 รวมระยะเวลา 23 วัน มีปริมาณน้ำฝนรวม 21.1 มิลลิเมตร (Figure 9) ซึ่งช่วงระยะเวลาดังกล่าวข้าวโพดมีอายุ 63-86 วัน หลังปลูก เป็นระยะที่ข้าวโพดออกดอก ผสมเกสร และสร้างเมล็ด ซึ่งข้าวโพดมีความต้องการน้ำสูงสุด ดังนั้น

จึงอาจส่งผลกระทบต่อทำให้ผลผลิตลดลงได้ Arnon (1974) รายงานว่า หากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงตั้งแต่ออกดอกตัวผู้จนกระทั่งเริ่มสร้างเมล็ด จะทำให้ผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Grudloyma *et al.* (2005) และ พิเชษฐ และคณะ (2250) รายงานว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวโพดลดลง 44-53 เปอร์เซ็นต์ หากขาดน้ำในช่วงออกดอก และ Arnon (1974) รายงานว่าข้าวโพดที่ขาดน้ำในช่วงหลังจากระยะสร้างเมล็ดสมบูรณ์แล้ว จะทำให้ผลผลิตลดลง 21 เปอร์เซ็นต์

ผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินต่างชนิดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินต่างชนิดดินสมอทอดในฤดูปลูกปี 2558 ภายใต้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่าง ๆ กัน พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ไม่ทำให้วันออกดอกตัวผู้แตกต่างกันทางสถิติ (Table 13) แต่มีผลต่อวันออกดอกตัวเมียอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวโพดออกดอกตัวเมียช้าที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ (Table 14) แต่ไม่ทำให้ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมียแตกต่างกันทางสถิติ (Table 15) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ความสูงต้น ความสูงฝัก และเปอร์เซ็นต์ต้นล้ม แตกต่างกัน (Tables 16-18) แต่ทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 10 และ 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ (Table 19)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย และความสูงฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 58.5 วันหลังปลูก วันออกดอกตัวเมีย 62.2 วันหลังปลูก ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย 3.7 วัน และความสูงฝักเฉลี่ย 96.9 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 56.1 วันหลังปลูก วันออกดอกตัวเมีย 58.7 วันหลังปลูก ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย 2.7 วัน และความสูงฝักเฉลี่ย 80.7 เซนติเมตร (Tables 13-15 and 17) และเป็นที่น่าสนใจว่าข้าวโพดพันธุ์ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มค่อนข้างสูง เฉลี่ย 11.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มเพียง 1.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 18) อย่างไรก็ตาม พบว่า ข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 19)

ผลของการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินต่างชนิดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินต่างชนิดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558 พบว่า การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตราต่าง ๆ ทำให้ข้าวโพดมีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย (ASI) ความสูงต้น ความสูงฝัก เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม และการให้ผลผลิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 20 – 26) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชนิดดินสมอทอดโดยไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใส่

ปุ๋ยฟอสเฟต ในทางปฏิบัติในช่วงภาวะที่เศรษฐกิจตกต่ำ เกษตรกรอาจไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟต แต่หากเป็นปฏิบัติเช่นนี้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอันยาวนานก็จะมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและศักยภาพการผลิตของดินลดลง ไม่ก่อให้เกิดการผลิตที่มีความยั่งยืน ดังนั้นต้องพิจารณาถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจในการใช้ปุ๋ยร่วมด้วย

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ ภายใต้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยโพแทชในระดับเดียวกัน พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 มีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ความสูงต้น เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม และผลผลิต ไม่แตกต่างกันสถิติ (Tables 20 – 21, 23, 25 and 26) แต่ข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ มีระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมียและความสูงฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 3.1 วัน ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 2.2 วัน (Table 22) ความสูงฝักของพันธุ์นครสวรรค์ 3 เฉลี่ย 97.1 เซนติเมตร ส่วนความสูงฝักของพันธุ์ NSX052014 เฉลี่ย 83.7 เซนติเมตร (Table 24)

ผลของการใช้ปุ๋ยโพแทชต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินต่างชุดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินต่างชุดดินสมอทอด ฤดูปลูกปี 2558 พบว่า การใช้ปุ๋ยโพแทชอัตราต่าง ๆ ทำให้ข้าวโพดมีวันออกดอกตัวผู้ วันออกดอกตัวเมีย ระยะห่างระหว่างวันออกดอกตัวผู้และวันออกดอกตัวเมีย (ASI) ความสูงต้น เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม และการให้ผลผลิต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 27 – 30) จะเห็นได้ว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินสมอทอดที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง การใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตรา 0 – 20 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่อาจจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่สามารถชดเชยกับปริมาณโพแทสเซียมที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิต เพื่อรักษาทรัพยากรดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืน

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 มีอายุวันออกดอกตัวผู้ อายุวันออกดอกตัวเมีย และความสูงของฝักแตกต่างกันสถิติ โดยข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีอายุวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 56.7 วัน อายุวันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 60.1 วัน ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีอายุวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ย 54.7 วัน อายุวันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 56.9 วัน (Tables 27 and 28) ส่วนความสูงฝักของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 เฉลี่ย 96.2 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 มีความสูงฝักเฉลี่ย 85.0 เซนติเมตร (Table 31) แต่ความสูงต้น เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม และผลผลิต ของทั้ง 2 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 30, 32 and 33) แม้ว่าเปอร์เซ็นต์ต้นล้มของข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พันธุ์ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้ม เฉลี่ย 24.6 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มเฉลี่ย 7.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 32)

การตอบสนองต่อธาตุอาหารของข้าวโพดในชุดดินสมอทอด

จาก response curve (Figure 11) พบว่า ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนไปในทางเดียวกันและไม่แตกต่างกัน โดยมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดถึง 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ และพบว่าข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์ ที่ปลูกในดินต่างชุดดินสมอทอด ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช (Figures 11 and 12) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชให้แก่ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ NSX052014 ที่ปลูกในดินต่างชุดดินสมอทอดซึ่งมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินวังไฮ ฤดูปลูกปี 2558

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้ Value to cost ratio (VCR) พบว่า การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินต่างชุดดินสมอทอดที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง สำหรับพันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช ตามลำดับ (Tables 34-36) ดังนั้นสามารถแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในอัตรา 15-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเช่นเดียวกัน (Tables 34-36) ดังนั้นสามารถแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในอัตรา 10-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แต่หากให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวต่อเนื่องกันทุกปี จะมีผลทำให้ดินมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลดลงได้ ดังนั้นอาจจำเป็นต้องแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชในอัตราต่ำสุดเพียงเพื่อชดเชยกับส่วนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิต

8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ:

- 1) ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่างที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงความอุดมสมบูรณ์สูง ประกอบด้วยไนโตรเจน 16.3 – 18.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 2.4 – 3.1 กิโลกรัม P ต่อไร่ และโพแทสเซียม 8.6 – 13.0 กิโลกรัม K ต่อไร่
- 2) ปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกจากพื้นที่โดยเมล็ดและซังของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินต่าง ประกอบด้วยไนโตรเจน 7.0 – 13.7 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.2 – 2.3 กิโลกรัม P ต่อไร่ หรือเทียบเท่าฟอสฟอรัสจากปุ๋ยฟอสเฟต 2.7 – 5.3 กิโลกรัม P₂O₅ ต่อไร่ และโพแทสเซียม 2.0 – 4.7 กิโลกรัม K ต่อไร่ หรือเทียบเท่าโพแทสเซียมจากปุ๋ยโพแทช 2.4 – 5.6 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่
- 3) อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ปลูกในดินต่าง

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินดินต่างชุดดินตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ ในฤดูปลูกปี 2554 ซึ่งข้าวโพดได้รับปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก 917.1 มิลลิเมตร กรรมวิธีให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุดคือกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยในอัตรา 10-5-2.5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินดินต่างชุดดินลพบุรีซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีการตอบสนองต่อปุ๋ยต่ำมาก จึงทำให้การใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยและไม่ทำให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น ดังนั้นในกรณีที่ปลูกข้าวโพดในดินดินต่างชุดดินลพบุรีซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูงในช่วงที่เกิดภาวะเศรษฐกิจตกต่ำหรือผลผลิตมีราคาต่ำ เกษตรกรสามารถตัดสินใจผลิตข้าวโพดโดยไม่ใส่ปุ๋ยหรือใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำได้ แต่ไม่ควรที่จะปฏิบัติเช่นนี้ติดต่อกันเนื่องจากมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและศักยภาพการผลิตพืชของดินลดลง แนวทางในการผลิตอย่างยั่งยืนควรแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำที่สามารถยอมรับได้ทั้งในแง่ของผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และชดเชยปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิต

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินดินต่างชุดดินลำนารายณ์ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงแต่มีลักษณะเป็นดินต้นมีความลึกของชั้นดินน้อยกว่า 65 เซนติเมตร ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวโพดสูงมากเมื่อประสบปัญหาภาวะฝนทิ้งช่วงยาวนานติดต่อกัน

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในดินดินต่างชุดดินสมอทอด ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช ดังนั้นจึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ NSX052014 ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ อย่างไรก็ตามหากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวต่อเนื่องกันทุกปีโดยไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช จะมีผลทำให้ดินมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลดลงได้ ดังนั้นจำเป็นต้องแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชในอัตราต่ำสุดเพื่อให้ได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในระดับที่สามารถยอมรับได้และเพื่อชดเชยปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิต

9. **การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์:** ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม และใช้เป็นข้อมูลในการบรรยายให้การฝึกอบรมแก่นักวิจัยและเกษตรกร

10. เอกสารอ้างอิง:

โชติ สิริบุศย์. 2541. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 119 หน้า

- พิเชษฐ์ กรุดลอยมา และ สมชาย บุญประดับ. 2550. การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความทนแล้งในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. รายงานผลงานวิจัยสิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร ปีงบประมาณ 2550. 10 น. ศานิต แก้วเอี่ยม. 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.
- 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.
- Grudloyma, P.; N. Kamlar, and S. Prasitwatanaseri. 2005. Performance of Promising Tropical Late Yellow Maize Hybrids under Drought and Low Nitrogen Conditions. Pages 112-116. In: Maize Adaptation to Marginal Environments. March 6-9, 2005, Pak Chong, Nakhon Ratchasima, Thailand
- Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. 214-221.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommer. 1982. Phosphorus, pp. 403-430. In A.L. Page et al. (ed). Method of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties No. 9. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- 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 Takli Soil before planting

Analytical parameters	Analytical data
Soil pH	7.90
Cation exchange capacity (cmole/kg)	32
Organic matter (%)	2.19
Available phosphorus (mg/kg)	6
Exchangeable potassium (mg/kg)	311
Exchangeable calcium (mg/kg)	9,285
Exchangeable magnesium (mg/kg)	151
Extractable iron (mg/kg)	10
Extractable manganese (mg/kg)	29
Extractable copper (mg/kg)	1.6
Extractable zinc (mg/kg)	0.3

Table 2. Grain yield of Nakhon Sawan 3 maize grown on Takli Soil at Nakhon Sawan Province during 2011

Fertilizer application (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Grain yield (kg/rai)
0-5-5	778 c
5-5-5	1,037 b
10-5-5	1,214 ab
15-5-5	1,267 ab
10-10-5	1,241 ab
10-15-5	1,325 a
10-5-2.5	1,258 ab
10-5-7.5	1,218 ab
Average	1,167
cv (%)	11.48
F-Test	**

** : Significant different at 1% levels of probability.

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

Table 3. Value to cost ratio (VCR) of fertilizer application for maize grown on Takli Soil at Nakhon Sawan Province during 2011

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
0-5-5	778	-	-	-	-	-
5-5-5	1,037	33	1,980	276	1,704	2.88
10-5-5	1,214	56	3,326	552	2,773	3.45
15-5-5	1,267	63	3,730	829	2,901	3.01
10-10-5	1,241	60	3,535	813	2,722	2.89
10-15-5	1,325	70	4,177	1,074	3,103	2.81
10-5-2.5	1,258	62	3,662	477	3,185	4.12
10-5-7.5	1,218	57	3,357	627	2,729	3.23

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: ammonium sulfate 580 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

Table 4. Chemical properties of Lop Buri Soil before planting

Analytical parameters	Analytical data
Soil pH	7.40
Organic matter (%)	2.95
Available phosphorus (mg/kg)	7
Exchangeable potassium (mg/kg)	121

Table 5. Maize height and grain yield of Nakhon Sawan 3 grown on Lop Buri Soil under different levels of nutrient management at Nakhon Sawan Province during 2012

Fertilizer application (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Plant height (cm)	Grain yield (kg/rai)
0-8-4	194	967
4-8-4	195	967
8-8-4	194	990
12-8-4	193	992
8-0-4	197	983
8-4-4	194	988
8-12-4	193	1,035
8-8-0	193	998
8-8-8	196	1,015
8-8-12	195	971
Average	195	990
cv (%)	1.74	5.51
F-Test	ns	ns

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

Table 6. Nutrients concentration and uptake in different parts of Nakhon Sawan 3 maize grown on Lop Buri Soil at Nakhon Sawan 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	290	0.52	0.02	0.73	1.51	0.06	2.14
Leave	410	0.63	0.02	0.22	2.58	0.09	0.89
Husk	178	0.40	0.02	0.51	0.71	0.04	0.91
Grain	845	1.55	0.26	0.42	13.09	2.21	3.57
Cob	203	0.30	0.02	0.54	0.61	0.04	1.11
Total uptake (kg nutrient/rai)					18.50	2.43	8.62
Average yield (kg/rai)					990	990	990
g nutrient uptake/kg yield					19	2	9
Nutrients use efficiency (kg yield/kg nutrient uptake)					54	407	115

Table 7. Value to cost ratio (VCR) of fertilizer application for maize grown on Lop Buri Soil at Nakhon Sawan Province during 2012

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
0-8-4	967	-	-	-	-	-
4-8-4	967	-0.03	-2	237	-239	0.00
8-8-4	990	2.36	174	475	-300	0.17
12-8-4	992	2.55	188	712	-524	0.15
8-0-4	983	-	-	-	-	-
8-4-4	988	0.46	35	209	-174	0.04
8-8-4	990	0.64	48	417	-369	0.05
8-12-4	1,035	5.22	392	626	-235	0.32
8-8-0	998	-	-	-	-	-
8-8-4	990	-0.80	-61	120	-181	-0.06
8-8-8	1,015	1.77	135	240	-105	0.12
8-8-12	971	-2.67	-203	360	-563	-0.16

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: ammonium sulfate 580 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

Table 8. Chemical properties of Lam Narai Soil before planting

Analytical parameters	0-20 cm depth	20-50 cm depth
Soil pH	7.33	7.22
Organic matter (%)	2.12	2.08
Available phosphorus (mg/kg)	9	4
Exchangeable potassium (mg/kg)	233	193

Table 9. Plant height and grain yield of Nakhon Sawan 3 maize grown on Lam Narai Soil at Nakhon Sawan Province during 2013

Fertilizer application (kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Plant height (cm)		Grain yield (kg/rai)
	at 30 DAP	at 60 DAP	
0-10-5	77	103	656
5-10-5	83	100	599
10-10-5	81	98	664
15-10-5	81	97	659
20-10-5	82	96	597
10-0-5	74	94	689
10-5-5	85	103	624
10-15-5	84	103	651
10-10-0	82	103	684
10-10-10	79	103	653
Average	81	100	648
cv (%)	5.55	10.89	15.14
F-Test	ns	ns	ns

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

Table 10. Nutrients concentration and uptake in different parts of Nakhon Sawan 3 maize grown on Lam Narai Soil at Nakhon Sawan 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	303	0.99	0.21	1.77	3.00	0.63	5.51
Leave	519	1.02	0.19	0.84	5.29	1.00	4.35
Husk	144	0.70	0.17	0.84	1.01	0.24	1.22
Grain	363	1.75	0.29	0.35	6.36	1.08	1.30
Cob	113	0.60	0.12	0.58	0.68	0.14	0.65
Total uptake (kg nutrient/rai)					16.34	3.09	13.03
Average yield (kg/rai)					648	648	648
g nutrient uptake/kg yield					25	5	20
Nutrients use efficiency					40	209	50

 (kg yield/kg nutrient uptake)

Table 11. Value to cost ratio (VCR) of fertilizer application for maize grown on Lop Buri Soil at Nakhon Sawan Province during 2012

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	Grain yield (kg/rai)	Increase yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilizer (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
0-10-5	656	-	-	-	-	-
5-10-5	599	-8.69	-435	276	-711	-0.46
10-10-5	664	1.22	61	552	-491	0.05
15-10-5	659	0.51	26	829	-803	0.02
20-10-5	597	-9.03	-452	276	-711	-0.46
10-0-5	689	-	-	-	-	-
10-5-5	624	-9.50	-499	261	-760	-0.52
10-10-5	664	-3.67	-193	522	-715	-0.16
10-15-5	651	-5.53	-291	783	-1,073	-0.20
10-10-0	684	-	-	-	-	-
10-10-5	664	-2.92	-153	150	-303	-0.12
10-10-10	653	-4.44	-232	300	-532	-0.17

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: ammonium sulfate 580 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

Table 12. Chemical properties of Samo Thod Soil before planting

Analytical parameters	0-20 cm depth	20-50 cm depth
Soil pH	7.22	7.23
Organic matter (%)	1.61	1.41
Available phosphorus (mg/kg)	12	6
Exchangeable potassium (mg/kg)	89	55

Table 13. Days to tasseling of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application at Nakhon Sawan Province during 2015.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
1) 0-10-5	59.0	56.0	57.5
2) 5-10-5	58.3	55.7	57.0
3) 10-10-5	58.0	55.7	56.8
4) 15-10-5	58.7	56.3	57.5
5) 20-10-5	58.7	56.7	57.7
Average	58.5 A	56.1 B	

cv (a) = 1.77%, cv (b) = 1.32%, F-test: A = *, B = ns, AxB = ns

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

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

Table 14. Days to silking of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
1) 0-10-5	62.7	58.7	60.7 ab
2) 5-10-5	62.0	58.0	60.0 b
3) 10-10-5	61.7	57.7	59.7 b
4) 15-10-5	62.0	59.3	60.7 ab
5) 20-10-5	62.7	60.0	61.3 a
Average	62.2 A	58.7 B	

cv (a) = 2.58%, cv (b) = 1.40%, F-test: A = *, B = *, AxB = ns

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

Means of variety in a row and means of fertilizer management in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

Table 15. Anthesis - silking intervals (ASI) of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3	NSX052014	Average
1) 0-10-5	3.7	2.7	3.2
2) 5-10-5	3.7	2.3	3.0
3) 10-10-5	3.7	2.0	2.8
4) 15-10-5	3.3	3.0	3.2
5) 20-10-5	4.0	3.3	3.7
Average	3.7 A	2.7 B	

cv (a) = 19.97%, cv (b) = 17.3%, F-test: A = *, B = ns, AxB = ns

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

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

Table 16. Plant height at 60 days after planting of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
1) 0-10-5	171.0	171.1	171.0
2) 5-10-5	180.9	175.1	178.0
3) 10-10-5	183.0	177.0	180.0
4) 15-10-5	174.9	172.3	173.6
5) 20-10-5	174.4	172.8	173.6
Average	176.8	173.6	

cv (a) = 8.15%, cv (b) = 4.24%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different

Table 17. Ear height at 60 days after planting of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
1) 0-10-5	94.3	78.5	86.4
2) 5-10-5	96.1	80.9	88.5
3) 10-10-5	99.8	81.6	90.7
4) 15-10-5	95.6	80.9	88.2
5) 20-10-5	98.7	81.6	90.2
Average	96.9 A	80.7 B	

cv (a) = 2.90%, cv (b) = 3.39%, F-test: A = **, B = ns, AxB = ns

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

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

Table 18. Root lodging of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
1) 0-10-5	0.0	18.8	9.4
2) 5-10-5	0.7	10.9	5.8
3) 10-10-5	2.3	11.3	6.8
4) 15-10-5	3.6	8.4	6.0
5) 20-10-5	1.0	5.5	3.2
Average	1.5	11.0	

cv (a) = 221.34%, cv (b) = 93.83%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

Table 19. Grain yield of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of nitrogen fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (kg/rai)	NSX052014 (kg/rai)	Average (kg/rai)
1) 0-10-5	731	768	750 c
2) 5-10-5	827	843	835 bc
3) 10-10-5	932	938	935 ab
4) 15-10-5	1,021	959	990 ab
5) 20-10-5	1,028	1,011	1,020 a
Average	908	904	

cv (a) = 20.36%, cv (b) = 11.08%, F-test: A = ns, B = **, AxB = ns

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

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

Table 20. Days to tasseling of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
1) 10-0-5	58.7	56.0	57.3
2) 10-5-5	58.3	55.0	56.7
3) 10-10-5	58.0	56.0	57.0
4) 10-15-5	58.7	55.7	57.2
5) 10-20-5	58.0	55.3	56.7
Average	58.3	55.6	

cv (a) = 5.16%, cv (b) = 1.42%, F-test : A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

Table 21. Days to silking of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
1) 10-0-5	62.0	58.7	60.3
2) 10-5-5	61.3	57.0	59.2
3) 10-10-5	61.0	58.0	59.5
4) 10-15-5	61.7	57.7	59.7
5) 10-20-5	61.0	57.7	59.3
Average	61.4	57.8	

cv (a) = 4.63%, cv (b) = 1.64%, F-test : A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

Table 22. Anthesis-silking intervals (ASI) of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application (Unit: cm)

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3	NSX052014	Average
1) 10-0-5	3.3	2.7	3.0
2) 10-5-5	3.0	2.0	2.5
3) 10-10-5	3.0	2.0	2.5
4) 10-15-5	3.0	2.0	2.5
5) 10-20-5	3.0	2.3	2.7
Average	3.1 A	2.2 B	

cv (a) = 18.33%, cv (b) = 25.24%, F-test : A = *, B = ns, AxB = ns,

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

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

Table 23. Plant height at 60 days after planting of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
1) 10-0-5	182.8	178.1	180.5
2) 10-5-5	173.9	187.3	180.6
3) 10-10-5	185.6	182.7	184.2
4) 10-15-5	181.2	183.4	182.3
5) 10-20-5	188.4	180.5	184.5
Average	182.4	182.4	

cv (a) = 11.73%, cv (b) = 3.90%, F-test : A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

Table 24. Ear height at 60 days after planting of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
1) 10-0-5	97.7	81.7	89.7
2) 10-5-5	95.9	82.6	89.3
3) 10-10-5	98.7	85.7	92.2
4) 10-15-5	95.0	86.3	90.6
5) 10-20-5	98.4	82.4	90.4
Average	97.1 A	83.7 B	

cv (a) = 5.95%, cv (b) = 4.28%, F-test: A = *, B = ns, AxB = ns

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

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

Table 25. Root lodging of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
1) 10-0-5	0.3	6.7	3.5
2) 10-5-5	3.9	3.6	3.7
3) 10-10-5	2.9	9.6	6.3
4) 10-15-5	1.3	6.0	3.6
5) 10-20-5	2.7	12.5	7.6
Average	2.2	7.7	

cv (a) = 121.71%, cv (b) = 70.77%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

Table 26. Grain yield of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of phosphate fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (kg/rai)	NSX052014 (kg/rai)	Average (kg/rai)
1) 10-0-5	1,044	1,003	1,023
2) 10-5-5	989	1,093	1,041
3) 10-10-5	1,104	991	1,048
4) 10-15-5	1,014	1,098	1,056
5) 10-20-5	1,086	1,053	1,069
Average	1,047	1,048	

cv (a) = 8.60%, cv (b) = 9.45%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

Table 27. Days to tasseling of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
1) 10-10-0	56.0	55.0	55.5
2) 10-10-5	57.3	54.3	55.8
3) 10-10-10	56.0	55.3	55.7
4) 10-10-15	56.7	54.7	55.7
5) 10-10-20	57.3	54.3	55.8

Average	56.7	A	54.7	B
---------	------	---	------	---

cv (a) = 1.82%, cv (b) = 2.14%, F-test: A = *, B = ns, AxB = ns

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

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

Table 28. Days to silking of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (days)	NSX052014 (days)	Average (days)
1) 10-10-0	59.7	57.0	58.3
2) 10-10-5	61.0	56.7	58.8
3) 10-10-10	58.7	57.7	58.2
4) 10-10-15	60.3	56.7	58.5
5) 10-10-20	60.7	56.3	58.5
Average	60.1	56.9	A B

cv (a) = 3.38%, cv (b) = 2.35%, F-test: A = *, B = ns, AxB = ns

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

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

Table 29. Anthesis-silking intervals (ASI) of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application. (Unit: days)

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3	NSX052014	Average
1) 10-10-0	3.7	2.0	2.8
2) 10-10-5	3.7	2.3	3.0
3) 10-10-10	2.7	2.3	2.5
4) 10-10-15	3.7	2.0	2.8
5) 10-10-20	3.3	2.0	2.7
Average	3.4	2.1	

cv (a) = 34.91%, cv (b) = 14.38%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

Table 30. Plant height at 60 days after planting of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)
1) 10-10-0	191.7	183.9	187.8
2) 10-10-5	184.3	178.0	181.1
3) 10-10-10	184.5	177.0	180.7
4) 10-10-15	183.8	186.6	185.2
5) 10-10-20	178.9	188.6	183.8
Average	184.6	182.8	

cv (a) = 6.16%, cv (b) = 3.79%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns: not significant different.

Table 31. Ear height at 60 days after planting of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (cm)	NSX052014 (cm)	Average (cm)	
1) 10-10-0	101.8	86.7	94.2	a
2) 10-10-5	96.4	81.9	89.2	bc
3) 10-10-10	93.0	81.6	87.3	c
4) 10-10-15	93.1	85.0	89.1	bc
5) 10-10-20	96.6	89.7	93.1	ab
Average	96.2	85.0		A B

cv (a) = 7.71%, cv (b) = 4.36%, F-test: A = *, B = *, AxB = ns

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

Means of variety in a row and means of fertilizer management in a column followed by a common letter are not significant different at 5% level of probability by DMRT

Table 32. Root lodging of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application at Nakhon Sawan Province during 2015.

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3 (%)	NSX052014 (%)	Average (%)
1) 10-10-0	5.2	36.6	20.9
2) 10-10-5	14.4	13.8	14.1
3) 10-10-10	5.8	14.8	10.3

4) 10-10-15	4.2	34.3	19.2
5) 10-10-20	9.5	23.5	16.5
Average	7.8	24.6	

cv (a) = 133.99%, cv (b) = 87.27%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

Table 33. Grain yield of maize grown on Samo Thod Soil under different levels of potash fertilizer application at Nakhon Sawan Province during 2015. (Unit: kg/rai)

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai	NS3	NSX052014	Average
1) 10-10-0	1017	899	958
2) 10-10-5	957	956	956
3) 10-10-10	1051	937	994
4) 10-10-15	996	930	963
5) 10-10-20	954	974	964
Average	995	939	

cv (a) = 6.63%, cv (b) = 8.42%, F-test: A = ns, B = ns, AxB = ns

ns: not significant different.

Table 34. Value to cost ratio (VCR) of nitrogen fertilizer application for maize grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province during 2015

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ 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	731	-	-			
5-10-5	827	13.2	736	276	460	0.78
10-10-5	932	27.6	1,537	552	985	1.26
15-10-5	1,021	39.7	2,215	829	1,386	1.48
20-10-5	1,028	40.6	2,266	1,105	1,161	1.28
NSX052014 variety						
0-10-5	768	-	-			
5-10-5	843	9.8	572	276	296	0.60
10-10-5	938	22.2	1,299	552	746	1.06
15-10-5	959	24.9	1,459	829	631	0.97
20-10-5	1,011	31.6	1,854	1,105	749	1.04

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: ammonium sulfate 580 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

Table 35. Value to cost ratio (VCR) of phosphate fertilizer application for maize grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province during 2015

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ 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	1,044	-				
10-5-5	989	-5.3	-421	261	-682	-0.44
10-10-5	1,104	5.8	463	522	-59	0.38
10-15-5	1,014	-2.8	-226	783	-1009	-0.15
10-20-5	1,086	4.0	321	1,043	-722	0.18
NSX052014 variety						
10-0-5	1,003	-				
10-5-5	1,093	9.0	689	261	428	0.72
10-10-5	991	-1.2	-89	522	-611	-0.07
10-15-5	1,098	9.5	723	783	-59	0.49
10-20-5	1,053	5.0	381	1,043	-663	0.22

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: ammonium sulfate 580 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

Table 36. Value to cost ratio (VCR) of potash fertilizer application for maize grown on Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province during 2015

Fertilizer application kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ 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	1,017	-				
10-10-5	957	-5.9	-459	150	-609	-0.37
10-10-10	1,051	3.4	263	300	-37	0.19
10-10-15	996	-2.1	-160	450	-610	-0.11
10-10-20	954	-6.1	-475	600	-1,075	-0.28
NSX052014 variety						
10-10-0	899	-				
10-10-5	956	6.4	437	150	287	0.36

10-10-10	937	4.3	293	300	-7	0.21
10-10-15	930	3.4	236	450	-214	0.15
10-10-20	974	8.3	572	600	-28	0.34

Note: price of maize grain: 7.63 Baht/kg, price of fertilizers: ammonium sulfate 580 Baht/50kg, triple superphosphate 1,200 Baht/50kg, potassium chloride 900 Baht/50kg.

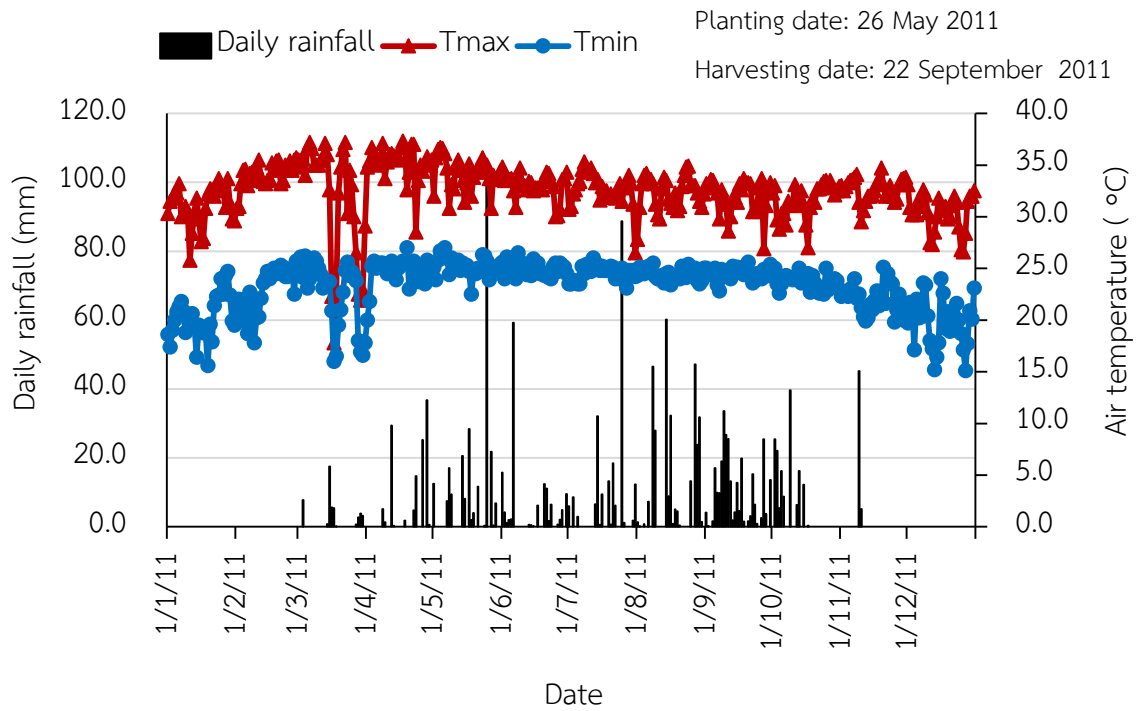


Figure 1. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa), during January to December 2011

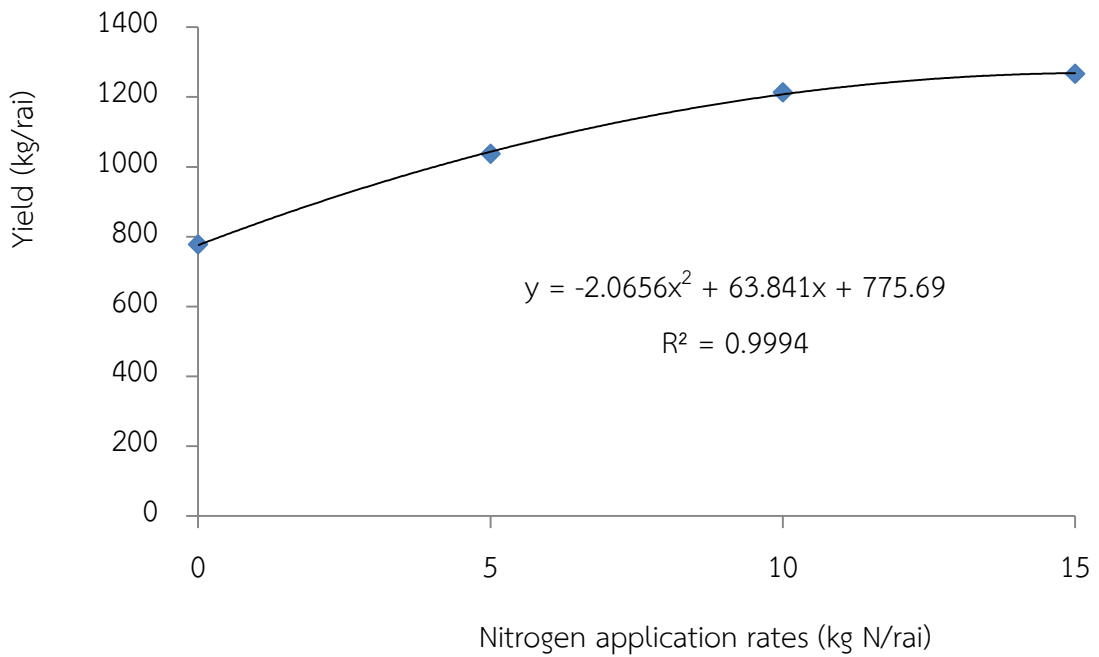


Figure 2. Response of Nakhon Sawan 3 maize to nitrogen fertilizer application in Takli Soil at Nakhon Sawan Province during 2011

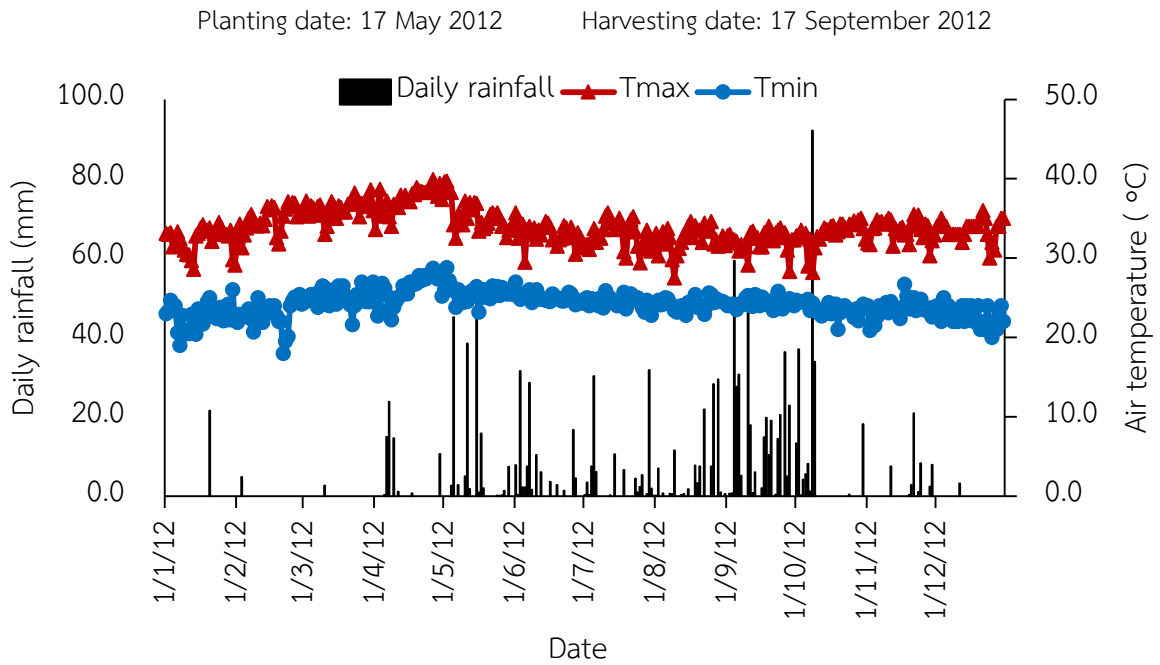


Figure 3. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January to December 2012

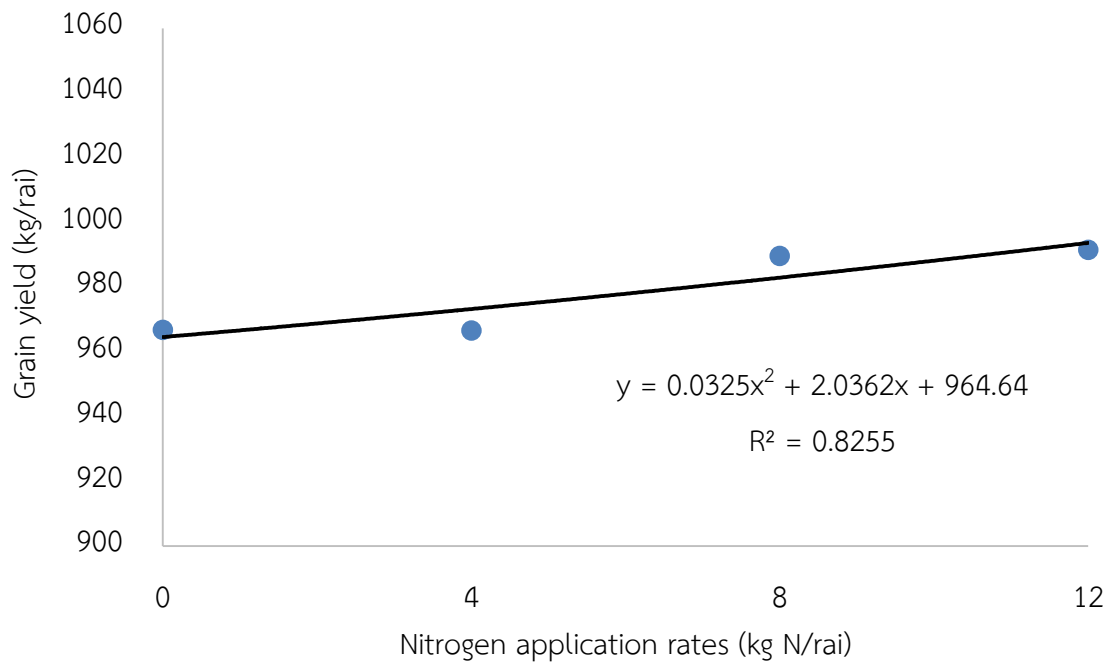


Figure 4. Response of Nakhon Sawan 3 maize to nitrogen fertilizer application in Lop Buri Soil at Nakhon Sawan Province during 2012

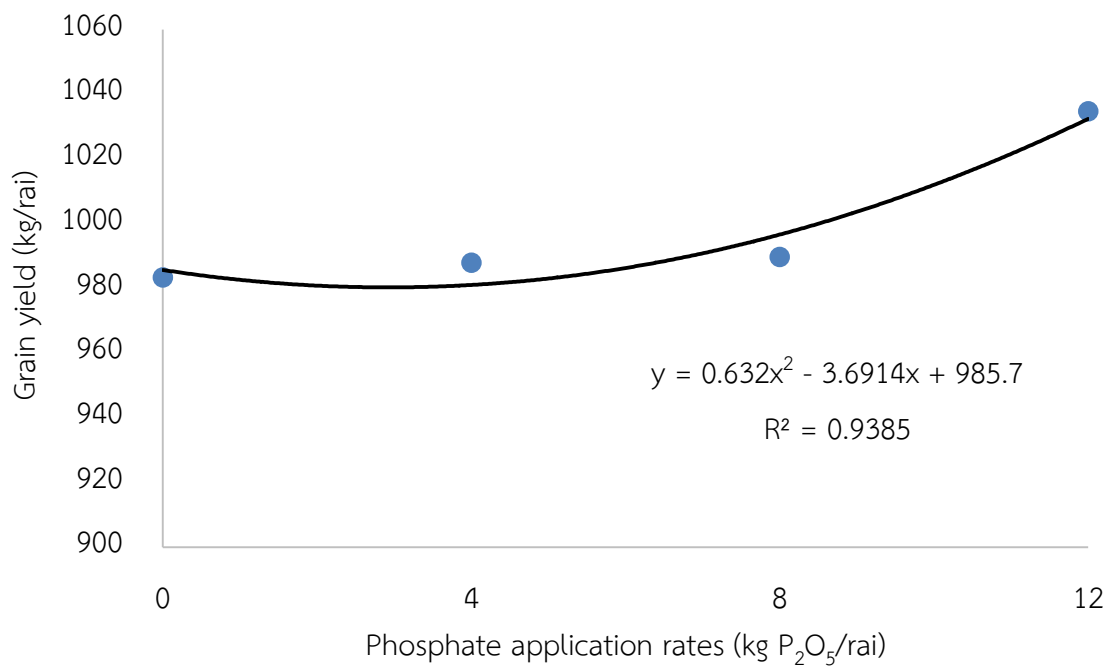


Figure 5. Response of Nakhon Sawan 3 maize to phosphate fertilizer application in Lop Buri Soil at Nakhon Sawan Province during 2012

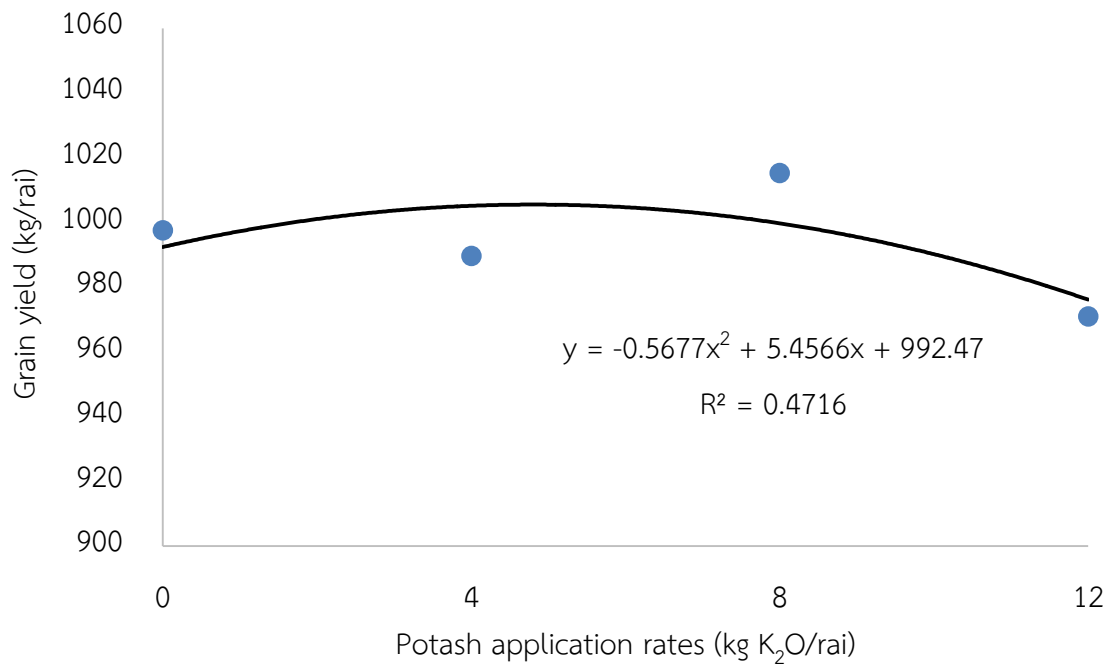


Figure 6. Response of Nakhon Sawan 3 maize to potash fertilizer application in Lop Buri Soil at Nakhon Sawan Province during 2012

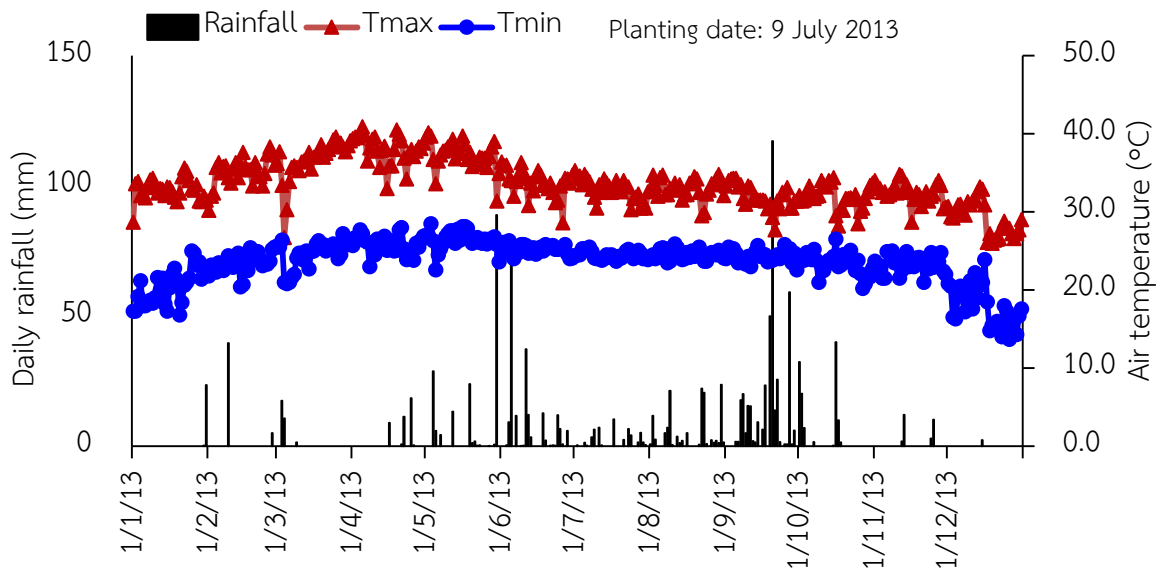


Figure 7. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan Meteorological Station (Takfa) during January to December 2013

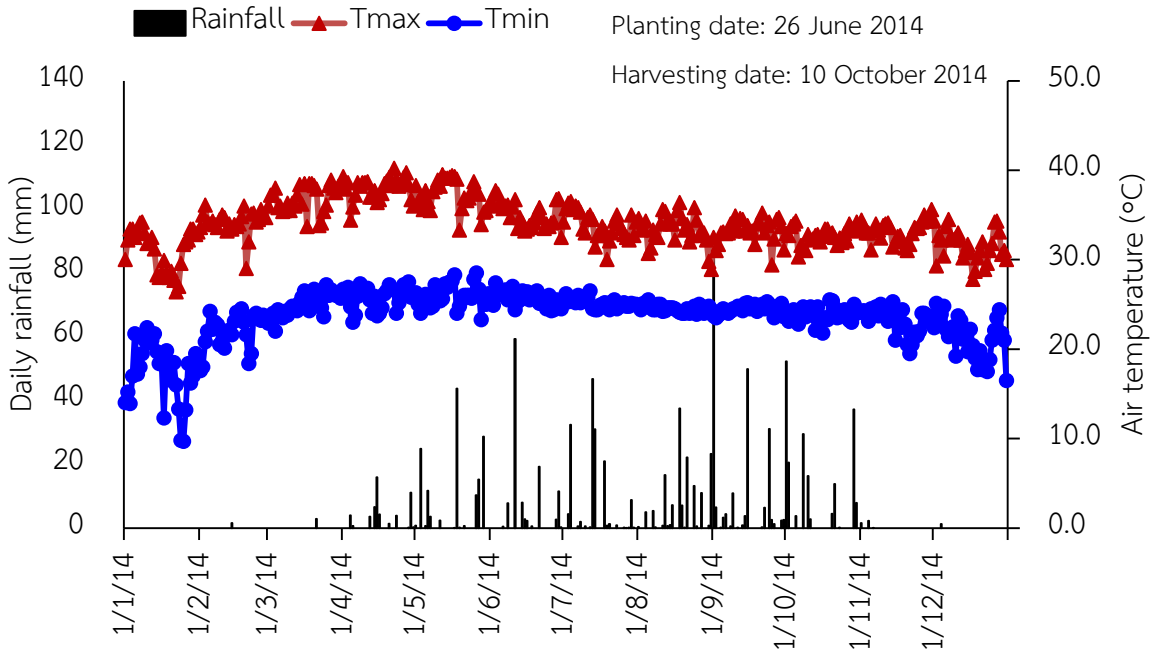


Figure 8. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan (Takfa) Meteorological Station during January to December 2014

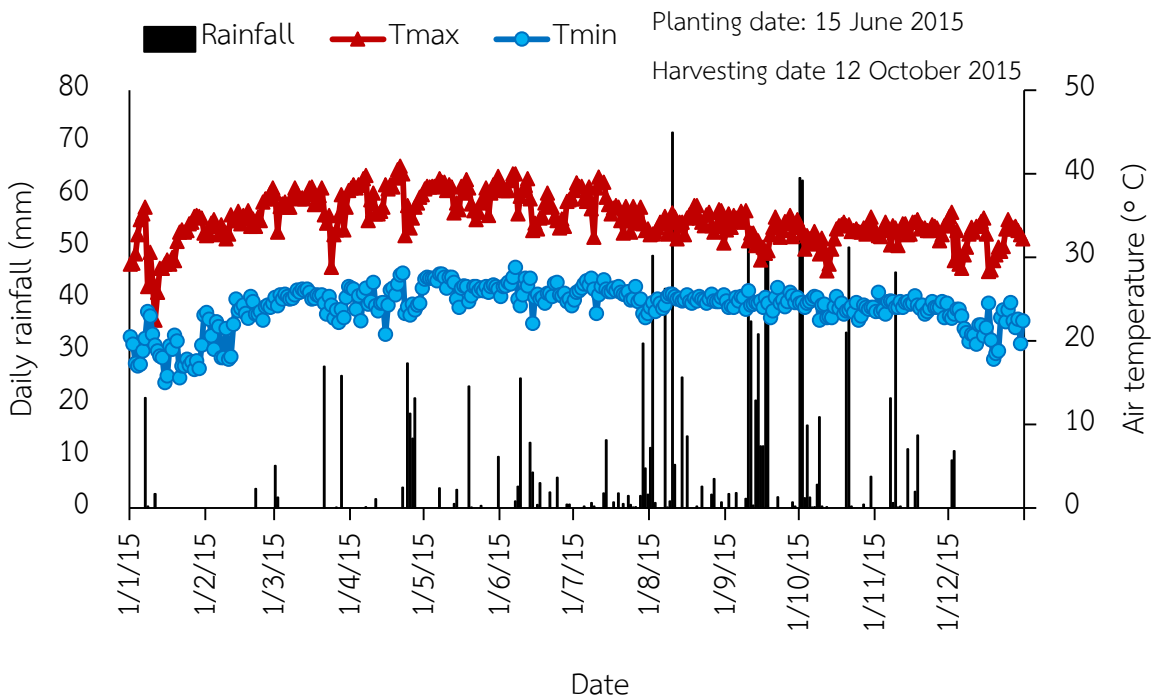


Figure 9. Daily rainfall and air temperature at Nakhon Sawan (Takfa) Meteorological Station during January 2015 to December 2015

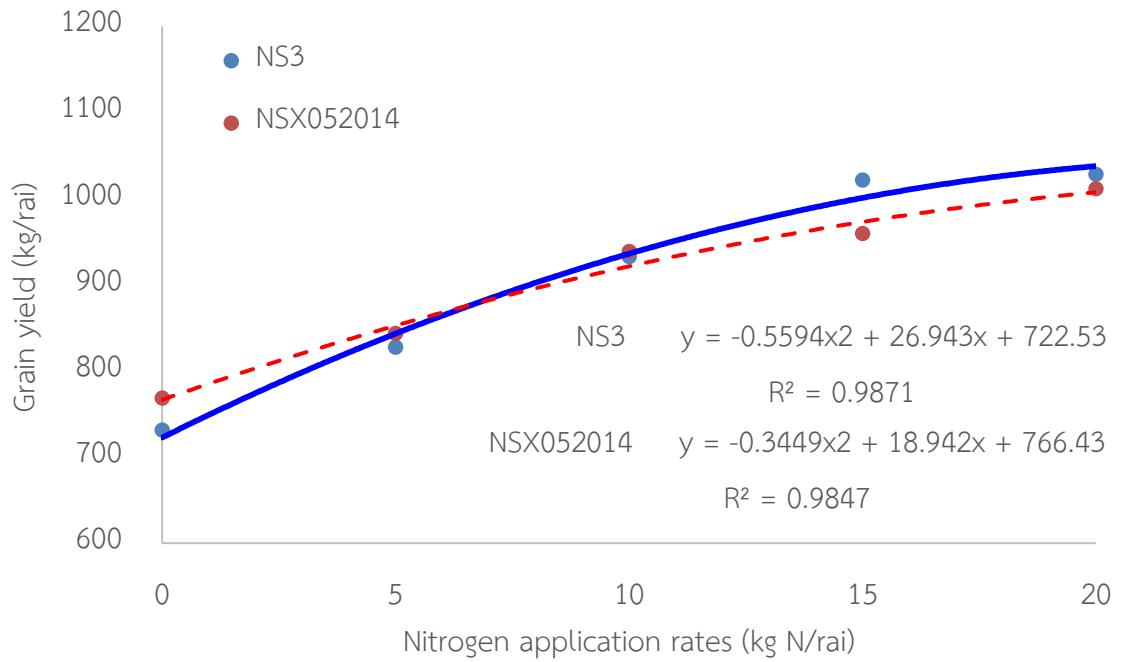


Figure 10. Response of maize to nitrogen fertilizer application in Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province during 2015.

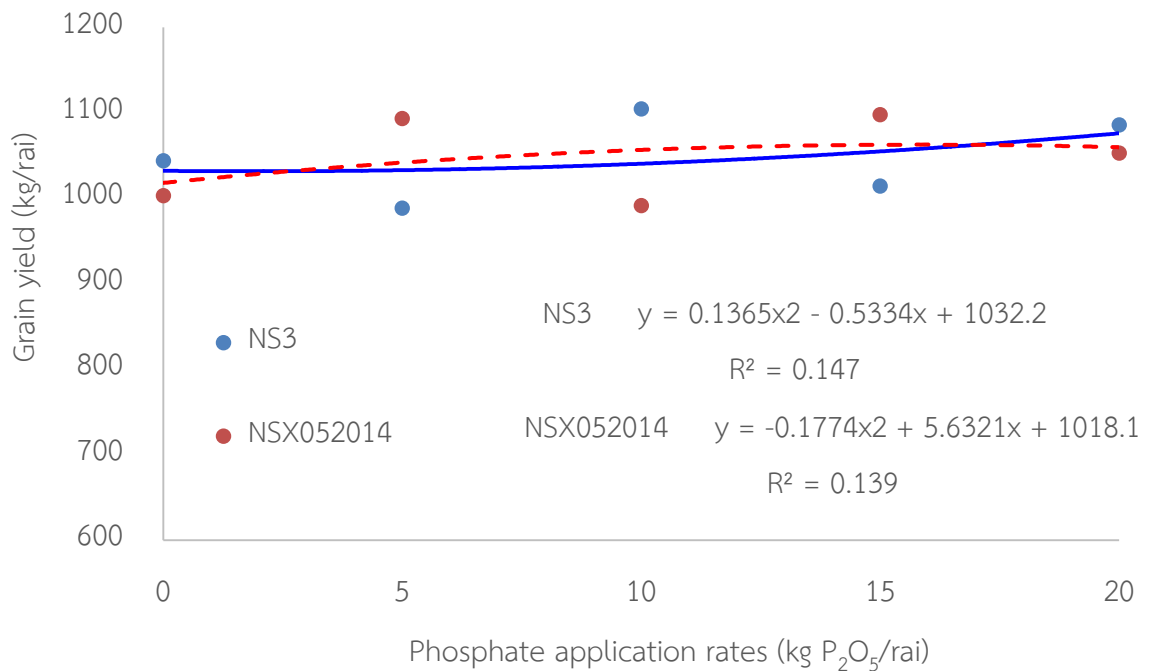


Figure 11. Response of maize to phosphate fertilizer application in Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province during 2015.

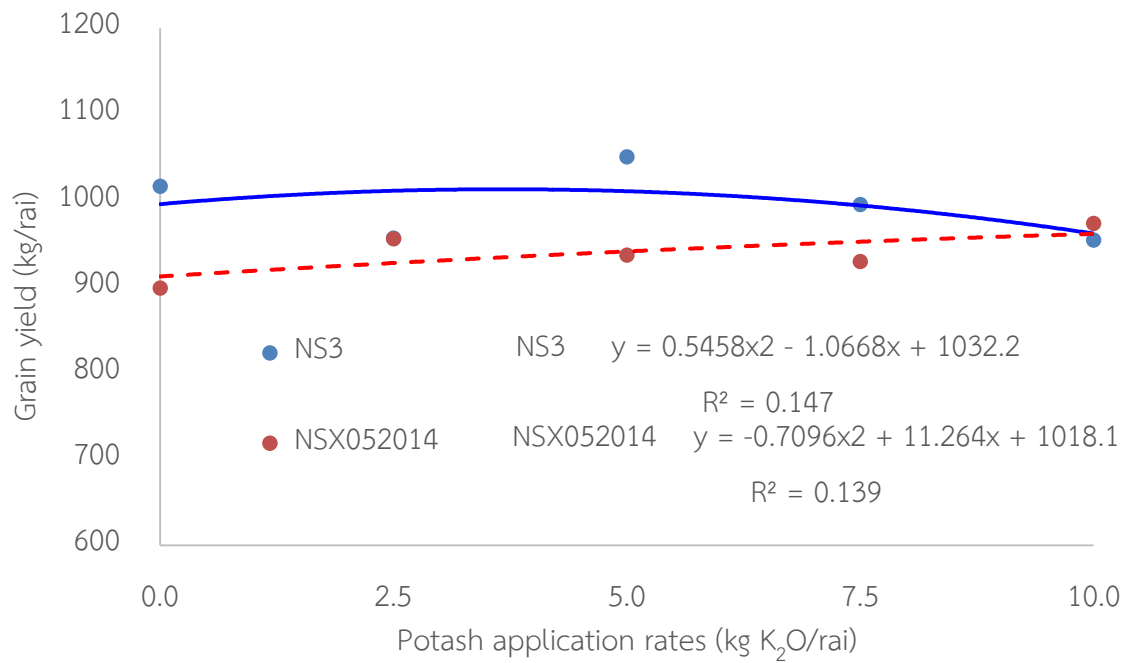


Figure 12. Response of maize to potash fertilizer application in Samo Thod Soil at Nakhon Sawan Province during 2015.