ศึกษาการตอบสนองและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดข้าวเหนียว ในกลุ่มดินร่วน-ร่วนเหนียว

Study the Response and Nutrient Uptake of Waxy Corn in Loam - Clay Loam Soil

วนิดา โนบรรเทา แววตา พลกุล สายน้ำ อุดพ้วย ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ
อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ อนันต์ ทองภู

Wanida Nobuntou Waewta Polkul Sainum Udpuay Nuttapong Srisombut
Anusorn Tiensiriroek Anun Tongpoo

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Regarding waxy corn has been responding to genetic varieties and environmental conditions with affected nutrient requirements. Therefore, the response and nutrient uptake of waxy corn in loam-loam soil were studied in Uthai Thani Province, to get recommendations for the proper fertilizer application for waxy corn production. The experiment was arranged in Randomized Complete Blocks (RCB) with 4 replications. In 2016 - 2017, the response to nitrogen fertilizers was studied at 6 levels, namely 0, 8, 16, 24, 32, and 40 kg N/rai, phosphate, and potash fertilizer applications based on soil analysis at the rate of 5-5 kg P_2O_5 - K_2O /rai. In 2018-2019, the response to phosphate fertilizers were studied at 7 levels 0, 4, 8, 12, 16, 20, and 24 kg P_2O_5 /rai, nitrogen and potash fertilizer application at the rate of 24 kg N/rai and 5 kg P_2O_5 /rai. And in 2020-2021, the response to potash fertilizers was studied at 7 levels: 0, 6, 12, 18, 24, 30, and 36 kg K_2O /rai, nitrogen and phosphate fertilizer application at the rate of 24 kg N/rai and 16 kg P_2O_5/rai. The results showed that the efficiency of nutrient uptake from fertilizers promotes high yields of the waxy corn, provides an economic return that is worth the investment when using nitrogen fertilizer at the rate of 8-16 kg N /rai together with phosphate fertilizer application at the rate of 4-8 kg P_2O_5 /rai and potassium fertilizer at the rate of 6 kg K_2O /rai. In case of farmers had the funds to purchase chemical fertilizer, application of nitrogen fertilizer at the rate of 24-30 kg N /rai combined with phosphate and potash fertilizer at the rate of 12-16 kg P_2O_5 /rai and 12 kg K_2O /rai, gave the maximum yield.

Keywords: Waxy corn, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Nutrient uptake

บทคัดย่อ

ข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้มีความต้องการธาตุอาหารต่างกัน ดังนั้นจึงได้ศึกษาการตอบสนองและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดข้าวเหนียวในดินร่วน-ร่วนเหนียว ที่จังหวัดอุทัยธานี เพื่อให้ได้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Blocks (RCB) 4 ซ้ำ โดยปี 2559-2560 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน 6 ระดับ ได้แก่ 0, 8, 16, 24, 32 และ 40 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทชใส่ตามค่าวิเคราะห์ในอัตรา 5-5 กิโลกรัม P_2O_5- K_2O ต่อไร่ ส่วนปี 2561-2562 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต 7 ระดับ ได้แก่ 0, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่

ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทชอัตรา 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ และปี 2563-2564 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช 7 ระดับ ได้แก่ 0, 6, 12, 18, 24, 30 และ 36 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ ผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเพื่อนำไปสร้างผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสูงและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน เมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 8-16 กิโลกรัม N ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 4-8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทชอัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ แต่ในกรณีที่เกษตรกรมีทุนสำหรับซื้อปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 24-30 กิโลกรัม N ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 12-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และโพแทชอัตรา 12 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตสูงสุด

คำหลัก: ข้าวโพดข้าวเหนียว ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม การดูดใช้ธาตุอาหาร

คำนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn : *Zea mays* ceratina) เป็นข้าวโพดฝักสดที่ได้รับความนิยมบริโภคในหลายประเทศของภาคพื้นเอเชีย ลักษณะเมล็ดมีความเหนียวนุ่ม ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นมีความนิยมในการบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียวที่แตกต่างกัน ปัจจุบันข้าวโพดข้าวเหนียวถูกปรับปรุงสายพันธุ์ขึ้นมาใหม่เพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อม และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคและผู้ปลูก เช่น เกิดโรคราน้ำค้างน้อย ต้านทานต่อโรคใบไหม้แผลใหญ่และราสนิมได้ดี การให้ผลผลิตฝักสดสูง ทั้งผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือก ฝักขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่และติดเมล็ดถึงปลายฝัก ตลอดจนให้คุณภาพรับประทานสูง เช่น ข้าวโพดข้าวเหนียวเพื่อการค้าพันธุ์ PACW 7125, MAX ONE, WXCT-399, WXCT-398 ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ย 1,950 กิโลกรัมต่อไร่ (สำราญ และคณะ, 2553) ส่วนข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม CDBW12 x A5BW1, A5BW1 x CDBW2 และ CDHJ15 x CDBW2 ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ยสูงถึง 2,734, 2,530 และ 2,509 กิโลกรัมต่อไร่ (วรศักดิ์ และคณะ, 2555) นอกจากนั้น บางสายพันธุ์ยังมีสีของเมล็ดที่โดดเด่น เช่น สีเหลือง ขาว ม่วง ส้ม หรือหลากหลายสีในฝักเดียวกัน ซึ่งข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีเมล็ดสีขาว สีเหลือง และสีดำจะมีสารพวก carotenoids, anthocyanins, phenolics และสารแอนตี้ออกซิแดนที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ (Hu and Xue, 2011)

ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวประมาณ 42,106 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 1,329 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในพื้นที่อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานีมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียว 436 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 1,426 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) ซึ่งการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพนั้นนอกจากการใช้พันธุ์ที่ดีและมีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แล้ว การจัดการปุ๋ยยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต เนื่องจากข้าวโพดข้าวเหนียวมีพันธุกรรมที่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่แตกต่างกัน (อุไรวรรณ และคณะ, 2561) จากการศึกษาความต้องการธาตุอาหารของข้าวโพด ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญตลอดช่วงการเจริญเติบโต แต่ช่วงที่ข้าวโพดต้องการไนโตรเจนมากที่สุด คือ ช่วงระยะออกไหม หรือ 30-45 วันหลังปลูก โดยมีอัตราการดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุดต่อวันถึง 0.71 กิโลกรัมต่อไร่ (Piekiele and Fox 1992) ส่วนธาตุฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุอาหาร ที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าไนโตรเจน โดยเฉพาะในช่วงที่เป็นต้นกล้าหรือต้นอ่อน จากรายงานของ Hongzhou *et. al.* (2012) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกในเมือง Chongqing ของประเทศจีน แต่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ต้องใช้อย่างสมดุลถูกต้องตามคำแนะนำหรือตามค่าวิเคราะห์ดิน จึงจะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุดและคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจ (Hongzhou *et al*., 2012; Hongting *et. al*., 2008) นอกจากนี้ข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละสายพันธุ์ยังมีลักษณะประจำพันธุ์ และการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงความต้องการธาตุอาหารและการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดข้าวเหนียวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม และนำไปใช้สำหรับปรับปรุงคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวต่อไป

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว พันธุ์ดอกเตอร์เป๊ก ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่นิยมปลูกในท้องถิ่น

2) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

3) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน เช่น ท่อเจาะดินสแตนเลส กระบอกสแตนเลสสำหรับเก็บตัวอย่างดินขนาด 100 มิลลิลิตร พลั่วมือสแตนเลส ค้อนทองแดง ถุงพลาสติก

4) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช เช่น ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย กรรไกร

5) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช เช่น สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 และ 7 กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดบอริก แอมโมเนียมเมตาวานาเดต โพแทสเซียมไดโครเมต เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ฟีแนนโทรลีนอินดิเคเตอร์ กรดแอสคอร์บิก แอมโมเนียมโมลิบเดต แอมโมเนียมอะซิเตท สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม สารละลายมาตรฐานแคลเซียม สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม เป็นต้น

6) แก๊สอาร์กอน แก๊สไนโตรเจน และแก๊สอะเซทิลีน สำหรับเครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินและพืช

วิธีการ

ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกรที่ ตำบลเกาะเทโพ อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี พิกัดแปลง 47P X= 615650 Y= 1701233 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) 4 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดกรรมวิธีการทดลองในแต่ละปีดังนี้

ปี 2559-2560 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน กรรมวิธีคือ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6 ระดับ ได้แก่ 0 8 16 24 32 และ 40 กิโลกรัม N ต่อไร่ ทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 5 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และ 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยในปี 2559 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียววันที่ 16 มกราคม 2559 เก็บเกี่ยววันที่ 22 มีนาคม 2559 และปี 2560 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียววันที่ 19 ธันวาคม 2559 เก็บเกี่ยววันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2560

ปี 2561-2562 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต กรรมวิธีคือ ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 7 ระดับ คือ 0 4 8 12 16 20 และ 24 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้จากผลการศึกษาในปี 2559-60 อัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยในปี 2561 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียววันที่ 26 ธันวาคม 2560 เก็บเกี่ยววันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2561 และปี 2562 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียววันที่ 6 ธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยววันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2562

ปี 2563-2564 ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช กรรมวิธีคือ ใส่ปุ๋ยโพแทช 7 ระดับ คือ 0 6 12 18 24 30 และ 36 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้จากผลการศึกษาในปี 2559-60 อัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งได้จากการศึกษาในปี 2561-62 อัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยในปี 2563 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียววันที่ 18 ธันวาคม 2562 เก็บเกี่ยววันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563 และปี 2564 ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียววันที่ 11 ธันวาคม 2563 เก็บเกี่ยววันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2564

ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวในขนาดแปลงย่อย 4.5 x 6.0 เมตร ระยะปลูก 75 x 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตรา ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทช ใส่เต็มอัตรา ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 อีกครึ่งอัตรา เมื่อข้าวโพดอายุ 25-30 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวข้าวโพดข้าวเหนียวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตร

การวิเคราะห์ดิน: สุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย เพื่อนำมาวิเคราะห์ 1) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ใช้อัตราส่วนดิน: น้ำ เท่ากับ 1:1 วัดสารละลายดินด้วย pH meter 2) อินทรียวัตถุ ใช้วิธี wet digestion ด้วย 1N $K_2Cr_2O_7$ และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 3) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สกัดดินด้วยน้ำยา Bray II (0.03N NH_4F+0.1N HCl) และทำให้เกิดสีตามวิธี molybdenum blue วัดปริมาณความเข้มสีฟอสฟอรัสที่สกัดได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร 4) โพแทสเซียมที่สกัดได้ สกัดดินด้วย 1N NH_4OAc, pH 7 และวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Inductively Couple

Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

การวิเคราะห์พืช : 1) ไนโตรเจนทั้งหมด ย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น พร้อมกับเติมซิลิเนียม (H_2SO_4 – Se mixed) วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่น 2) ฟอสฟอรัสทั้งหมด ย่อยตัวอย่างดินด้วยกรดผสม nitric-perchloric (2:1) และทำให้เกิดสีตามวิธี vanadomolybdate วัดความเข้มของสีเทียบกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร 3) โพแทสเซียมทั้งหมด ย่อยตัวอย่างดินด้วยกรดผสม nitric-perchloric (3:1) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 5300 DV) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

การคำนวณประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดข้าวเหนียว โดยคำนวณ agronomic nutrient use efficiency (ANUE), physiological nutrient use efficiency (PNUE) และ apparent nutrient recovery efficiency (ANRE) ตามวิธีของ Fageria *et al.* (2008) ดังนี้

- Agronomic Nutrient Use Efficiency (ANUE) หมายถึง ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารที่ใส่

$$ANUE = \frac{\text{ผลผลิต (ใส่ปุ๋ย)} - \text{ผลผลิต (ไม่ใส่ปุ๋ย)}}{\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ใส่}}$$

- Physiological Nutrient Use Efficiency (PNUE) หมายถึง ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย

$$PNUE = \frac{\text{ผลผลิต (ใส่ปุ๋ย)} - \text{ผลผลิต (ไม่ใส่ปุ๋ย)}}{\text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ใส่ปุ๋ย)} - \text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ไม่ใส่)}}$$

- Apparent Nutrient Recovery Efficiency (ANRE) หมายถึง ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารที่ใส่ (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)

$$ANRE\ (\%) = \frac{\text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ใส่ปุ๋ย)} - \text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ไม่ใส่ปุ๋ย)} \times 100}{\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ใส่}}$$

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยใช้ Value to Cost Ratio (VCR)

รายได้สุทธิ (Gross return) = ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม x ราคาผลผลิต

ผลตอบแทนสุทธิ (Net return) = รายได้สุทธิ – ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม

VCR = รายได้สุทธิ / ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2558 สิ้นสุด กันยายน 2564

สถานที่ทำการทดลอง แปลงเกษตรกรจังหวัดอุทัยธานี ต. เกาะเทโพ อ. เมืองอุทัยธานี จ. อุทัยธานี
พิกัดแปลง 47P X= 615650 Y= 1701233
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติดินทั่วไปของแปลงทดลอง

จากการศึกษาลักษณะหน้าตัดดินในแปลงทดลอง ชั้นดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนและชั้นดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีความลึกของหน้าตัดดินมากกว่า 100 เซนติเมตร (Table 1) ตลอดความลึกหน้าตัดดินไม่พบกรวดปน ปฏิกิริยาดินค่อนข้างเป็นกรด แต่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด และเมื่อวิเคราะห์ดินก่อนทำการทดลอง พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 6.7 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 1.31 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai. P) 204 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Ext.K) 98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดว่าเป็นดินที่มีระดับอินทรียวัตถุปานกลาง มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูง (Table 2) นอกจากนี้ดินในพื้นที่ดังกล่าวมีฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (T-P) สูงมากถึง 891 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมทั้งหมด (T-K) 3066 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งถือเป็นแหล่งสำรองของธาตุอาหารในดินที่จะค่อยๆปลดปล่อยความเป็นประโยชน์ให้พืชดูดใช้ต่อไป

Table 1 Soil profile description of the experimental field at Uthai Thani Province

Soil depth (cm.)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture	pH
0-25	44.08	31.57	24.35	Loam	6.53
25-32	36.15	35.64	28.21	Clay loam	6.01
32-47	36.08	33.57	30.35	Clay loam	6.05
47-100+	24.15	39.57	36.28	Clay loam	5.74

Table 2 Basic soil properties before planting

Parameter	Value
pH (1:1)	6.7±0.08
OM (%)	1.31±0.03
Avail. P (mg/kg)	204±11.5
T-P (mg/kg)	891±49.0
Ext. K (mg/kg)	98±4.4
T-K (mg/kg)	3066±169.0

Note: values are the mean of 24 subplots ± sd.

2. ผลผลิตและการตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกในกลุ่มดินร่วน-ร่วนเหนียว

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแตกต่างจากไม่ใส่ปุ๋ย เมื่อพิจารณาผลผลิตเฉลี่ย พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินร่วน-ร่วนเหนียวที่แปลงเกษตรกร ต.เกาะเทโพ อ.เมืองอุทัยธานี จ.อุทัยธานี สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวได้โดยเฉลี่ยเพียง 15.4 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจาก Khan *et. al.* (2018) ที่รายงานว่า การปลูกข้าวโพดหวานในดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำ แต่โพแทสเซียมในดินปานกลาง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 19.2 กิโลกรัม N ต่อไร่ ข้าวโพดให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 54 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้จากกราฟแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ข้าวโพดข้าวเหนียวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 24-30 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,926-1970 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3 and Figure 1A) สอดคล้องกับ Suchada *et. al.* (2010) ที่รายงานว่าข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์การค้า BW 852 และ NSW ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 24-36 กิโลกรัม N ต่อไร่

ส่วนการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลให้ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตที่สูงขึ้นแตกต่างกัน สอดคล้องกับ Geleta *et. al.* (2004) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะไม่ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวานได้ หากดินนั้นมีฟอสฟอรัสในปริมาณสูง เมื่อพิจารณาผลผลิตเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินร่วน-ร่วนเหนียวที่แปลงเกษตรกร ต.เกาะเทโพ อ.เมืองอุทัยธานี จ.อุทัยธานี สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวได้โดยเฉลี่ย 13.9 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 21.2 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวโพดข้าวเหนียวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต ที่อัตรา 8-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,793-1,852 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3 and Figure 1B) เช่นเดียวกันกับการใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ส่งผลให้ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ย โดยข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,708-1,726 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) และผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวต่ำในทุกกรรมวิธี เมื่อพิจารณาผลผลิตเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยโพแทสในดินร่วน-ร่วนเหนียวที่แปลงเกษตรกร ต.เกาะเทโพ อ.เมืองอุทัยธานี จ.อุทัยธานี ซึ่งมีโพแทสเซียมในดินค่อนข้างสูงสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวได้เฉลี่ยเพียง 4.7 เปอร์เซ็นต์ และมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทชที่อัตรา 6-18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (Figure 1C)

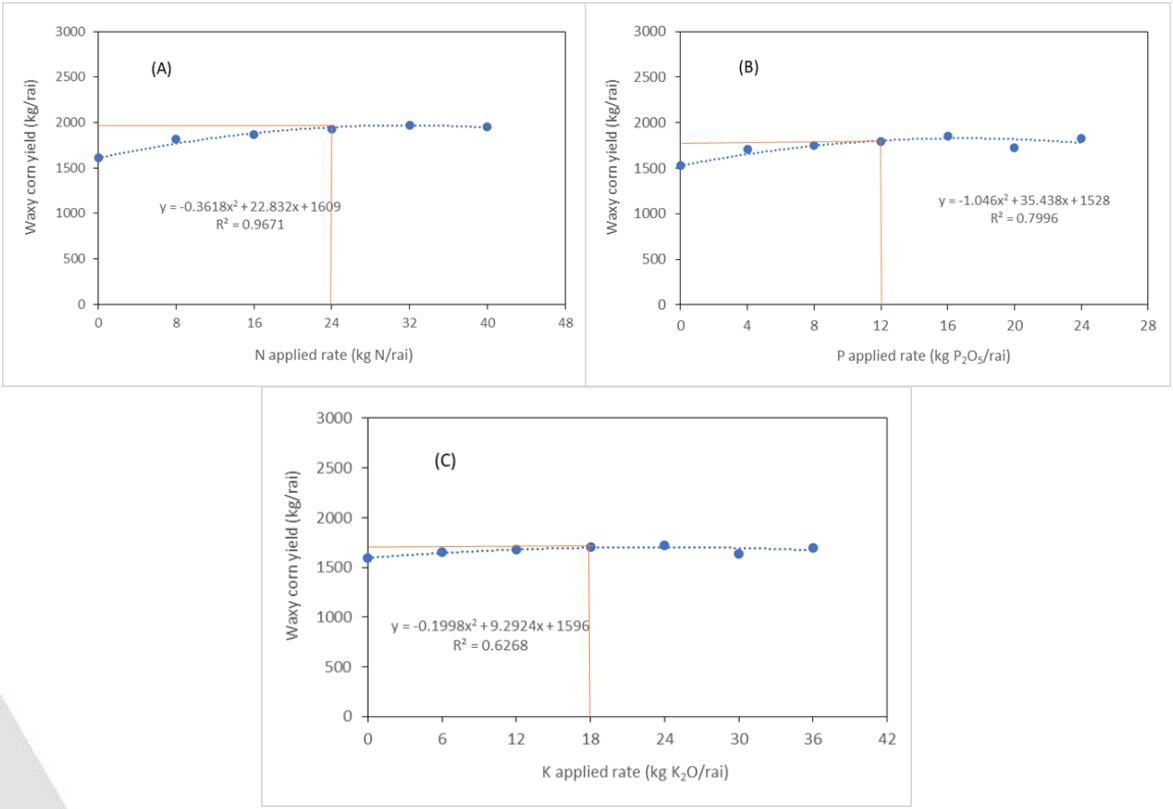

Figure 1 Response of waxy corn to nitrogen (A), phosphate (B), and potash fertilizer (C) grown on loam - clay loam soil

3. ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยของข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกในกลุ่มดินร่วน-ร่วนเหนียว

การประเมินประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารแต่ละชนิดจากปุ๋ย สามารถประเมินได้จากประสิทธิภาพการสร้างผลผลิต (agronomic nutrient use efficiency: ANUE) หรือประสิทธิภาพผลผลิต (yield efficiency) ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ย (apparent nutrient recovery efficiency: ANRE) และประสิทธิภาพการสร้างผลผลิตเชิงสรีระ (physiological nutrient use efficiency: PNUE) พบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวมีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในปุ๋ยสำหรับนำไปสร้างผลผลิตได้สูงสุด เมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 8 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยปุ๋ยไนโตรเจน 1 กิโลกรัม N ข้าวโพดข้าวเหนียวสามารถนำไปสร้างผลผลิตได้ 26.4 กิโลกรัม (ANUE) ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้นนอกจากทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในปุ๋ย (ANUE) เพื่อนำไปสร้างผลผลิตและประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ย (ANRE)

ลดลงแล้ว ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพการนำไนโตรเจนไปสร้างผลผลิตเชิงสรีระ (APNUE) ของข้าวโพดข้าวเหนียวลดลงเช่นกัน ซึ่งโดยทั่วไปพืชไร่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนจากปุ๋ยประมาณ 30–60 เปอร์เซ็นต์ (Fageria *et. al.*, 1997) และจากผลการทดลอง 2 ปี ข้าวโพดข้าวเหนียวดูดใช้ไนโตรเจนและเก็บสะสมไว้ในส่วนของเมล็ด ซัง กาบฝัก ใบและต้นเฉลี่ย 14.9-16.4 กิโลกรัม N ต่อไร่ (Table 4)

ในด้านการดูดใช้ฟอสฟอรัส พบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวมีประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสจากปุ๋ยเพื่อนำไปสร้างผลผลิตได้สูงสุด เมื่อใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ โดยปุ๋ยฟอสเฟต 1 กิโลกรัม P_2O_5 ข้าวโพดข้าวเหนียวสามารถนำไปสร้างผลผลิตได้ 45 กิโลกรัม (APUE) ซึ่งการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้นนอกจากทำให้ประสิทธิภาพการนำฟอสฟอรัสจากปุ๋ยไปสร้างผลผลิต (APUE) และประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสจากปุ๋ย (APRE) ลดลงแล้ว ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพการนำฟอสฟอรัสไปสร้างผลผลิตเชิงสรีระ (APPUE) ของข้าวโพดข้าวเหนียวลดลงเช่นกัน จากรายงานของ Fageria *et. al.* (2014) พืชไร่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดลองข้าวโพดข้าวเหนียวมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสและนำไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเมล็ด ซัง กาบฝัก ใบและต้นเฉลี่ย 3.2-3.6 กิโลกรัม P ต่อไร่ แม้ว่ามีการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่เพิ่มก็ไม่ทำให้ข้าวโพดข้าวเหนียวมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสจากปุ๋ยเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน (Table 4)

ส่วนประสิทธิภาพการใช้โพแทชจากปุ๋ย ข้าวโพดข้าวเหนียวสร้างผลผลิตได้สูงสุด เมื่อใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยปุ๋ยโพแทช 1 กิโลกรัม K_2O ข้าวโพดข้าวเหนียวสามารถนำไปสร้างผลผลิตได้ 9.3 กิโลกรัม (AKUE) ซึ่งการใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่เพิ่มขึ้น แม้จะส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการนำโพแทสเซียมไปสร้างผลผลิตเชิงสรีระ (APKUE) ของข้าวโพดข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น แต่กลับพบว่าประสิทธิภาพการใช้โพแทชจากปุ๋ยเพื่อนำไปสร้างผลผลิตได้สูงสุด (AKUE) และประสิทธิภาพการดูดใช้โพแทชจากปุ๋ย (AKRE) ลดลง ซึ่ง Fageria *et. al.* (2014) รายงานว่า พืชไร่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารโพแทสเซียม 30–50 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าข้าวโพดข้าวเหนียวมีการดูดใช้โพแทสเซียมและนำไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเมล็ด ซัง กาบฝัก ใบและต้นเฉลี่ย 42-44 กิโลกรัม K ต่อไร่ แม้ว่ามีการใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตราที่เพิ่มก็ไม่ทำให้ข้าวโพดข้าวเหนียวมีการดูดใช้โพแทสเซียมจากปุ๋ยเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน (Table 4)

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้ปุ๋ยสำหรับการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้ปุ๋ยสำหรับการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนเหนียว พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 8 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงการใช้ปุ๋ยที่สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวได้สูงสุด และเกษตรมีทุนในการซื้อปุ๋ย ข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกในพื้นที่ดังกล่าวสามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ถึงอัตรา 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทชที่มีความคุ้มค่าและให้ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจมากที่สุด ควรใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และโพแทชในอัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (Table 5)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนเหนียวที่จังหวัดอุทัยธานี มีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 24-30 กิโลกรัม N ต่อไร่ ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 1,926-1970 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตตอบสนองที่อัตรา 12-16 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 1,793-1,852 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยโพแทชที่อัตรา 18-24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 1,708-1,726 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชในอัตราต่างๆ ดังกล่าวทำให้ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ผลผลิตสูงสุด

เมื่อประเมินผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ การปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวในดินร่วน-ร่วนเหนียว ที่ ตำบลเกาะเทโพ อำเภอเมืองอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูง และโพแทสเซียมค่อนข้างสูงควรใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 8-16 กิโลกรัม N ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 4-8 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทชอัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนและสามารถลดต้นทุนปุ๋ยเคมีลงได้ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟตและโพแทช ในอัตราที่เพิ่มขึ้น นอกจากไม่ส่งเสริมให้ข้าวโพดข้าวเหนียวนำธาตุอาหารจาก

ปุ๋ยไปสร้างผลผลิตเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยและประสิทธิภาพการนำธาตุอาหารจากปุ๋ยไปสร้างผลผลิตเชิงสรีระลดลงด้วยเช่นกัน

Table 3 Effect of nitrogen, phosphate, and potash fertilizer on waxy corn yield grown on loam – clay loam soil

Fertilizer application	Unhusked fresh yield	Dry matter yield (kg/rai)				
	(kg/rai)	Stover	Seed	Cob	Sheath	Total
(kg N/rai)	P and K application at the rate of 5 kg P_2O_5/rai and 5 kg K_2O/rai)					
0	1610	787	193	55 b	112 b	1147
8	1821	841	230	76 a	162 a	1310
16	1870	869	230	80 a	158 a	1338
24	1926	830	190	79 a	164 a	1264
32	1970	831	252	80 a	164 a	1328
40	1951	815	237	89 a	171 a	1312
Mean	1858	829	222	77	155	1283
CV. (%)	6.8	7.2	29.0	13.2	11.7	
(kg P_2O_5/rai)	N and K application at the rate of 24 kg N/rai and 5 kg K_2O/rai)					
0	1528	978	551 cd	50	70	1650
4	1708	974	570 abc	63	84	1691
8	1754	1067	522 d	59	77	1751
12	1793	1035	597 ab	68	90	1791
16	1852	958	611 a	69	93	1731
20	1726	1066	579 abc	60	88	1793
24	1829	1102	559 bcd	71	100	1882
Mean	1741	1026	570	63	86	1755
CV. (%)	11.1	13.2	4.8	23.3	23.4	
(kg K_2O/rai)	N and P_2O_5 application at the rate of 24 kg N/rai and 16 kg P_2O_5/rai)					
0	1596	1743	505	65	110	2423
6	1652	1739	492	73	107	2411
12	1677	1719	511	66	103	2398
18	1708	1689	506	74	125	2395
24	1726	1696	511	72	114	2393
30	1638	1697	497	67	103	2364
36	1699	1673	511	70	114	2368
Mean	1671	1708	505	69	111	2393
CV. (%)	10.5	9.5	15.4	15.3	16.8	

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

Table 4 Fertilizer use efficiency in waxy corn production

Fertilizer use efficiency**	Nitrogen application rate (kg N/rai)						
	0	8	16	24	32	40	
N uptake (kg N/rai)	14	15	16	15	16	16	
Agronomic N Use Efficiency (kg/kg N)	-	26	16	13	11	9	
Physiological N Use Efficiency (kg/kg N)	-	211	152	205	146	151	
Apparent N Recovery Efficiency (%)	-	12.5	10.7	6.4	7.7	5.7	
	Phosphorus application rate (kg P_2O_5/rai)						
	0	4	8	12	16	20	24
P uptake (kg P/rai)	3.0	3.4	3.2	3.2	3.4	3.5	3.6
Agronomic P Use Efficiency (kg/kg P)	-	45	28	22	20	10	13
Physiological P Use Efficiency (kg/kg P)	-	450	1130	1325	810	396	502
Apparent P Recovery Efficiency (%)	-	10	2.5	1.7	2.5	2.5	2.5
	Potassium application rate (kg K_2O/rai)						
	0	6	12	18	24	30	36
K uptake (kg K/rai)	40	42	43	42	44	42	42
Agronomic K Use Efficiency (kg/kg K)	-	9.3	6.8	6.2	5.4	1.4	2.9
Physiological K Use Efficiency (kg/kg K)	-	27	31	56	34	30	52
Apparent K Recovery Efficiency (%)	-	35	21.7	11.1	15.8	4.7	5.6

Note: ** Calculated from dry weight (stover + grain + cop + sheath)

ANUE (agronomic nutrient use efficiency) = (yield N_f - yield N_0) / N_f applied

PNUE (physiological nutrient use efficiency) = (yield N_f - yield N_0) / (N uptake N_f - N uptake N_0)

ANRE (apparent nutrient recovery efficiency) = (N uptake N_f - N uptake N_0) / N_f applied x 100

Table 5 Economic return analysis of nitrogen, phosphate, and potash fertilizer application for waxy corn production

Fertilizer applied (kg N-P_2O_5-K_2O/rai)	Unhusk fresh yield (kg/rai)	Increase Yield (%)	Gross returns (Baht/rai)	Expenditure on fertilize (Baht/rai)	Net return (Baht/rai)	VCR
study of N response in 1-2 year						
0-5-5	1610	-	-	-	-	-
8-5-5	1821	13.1	1583	198	1384	7.0
16-5-5	1870	16.2	1950	397	1553	3.9
24-5-5	1926	19.6	2370	595	1775	3.0
32-5-5	1970	22.4	2704	794	1910	2.4
40-5-5	1951	21.2	2561	992	1569	1.6
Study of P response in 3-4 year						
24-0-5	1528	-	-	-	-	-
24-4-5	1708	11.8	1350	150	1200	8.0
24-8-5	1754	14.8	1695	299	1396	4.7
24-12-5	1793	17.3	1988	449	1539	3.4
24-16-5	1852	21.2	2430	598	1832	3.1
24-20-5	1726	13.0	1485	748	737	1.0
24-24-5	1829	19.7	2258	898	1360	1.5
Study of K response in 5-6 year						
24-16-0	1596	-	-	-	-	-
24-16-6	1652	3.5	420	166	254	1.5
24-16-12	1677	5.1	608	332	275	0.8
24-16-18	1708	7.0	840	499	341	0.7
24-16-24	1726	8.1	975	665	310	0.5
24-16-30	1638	2.6	315	831	-516	-0.6
24-16-36	1699	6.5	773	997	-225	-0.2

Note: Fertilizer's price: nitrogen (46-0-0) = 4.8 baht/kg N, phosphate (0-46-0) = 37.4 baht/kg P_2O_5, potash (0-0-60) = 27.7 baht/kg K_2O, and yield price= 7.5 baht/kg

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัย และทดสอบขยายผลในพื้นที่ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะดินใกล้เคียงกับงานทดลองนี้ เพื่อจะได้นำผลการทดสอบที่ได้ในหลายพื้นที่ไปพัฒนาเป็นคำแนะนำการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชอย่างเหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวให้มีความเฉพาะเจาะจงกับพื้นที่ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. พืชผัก : ปีเพาะปลูก 2562. แหล่งข้อมูล: http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant/rortor/veget/veget.pdf สืบค้นเมื่อ: กันยายน 2564

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. ***คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช.*** กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ.

วรศักดิ์ สวนียะ กมล เลิศรัตน์ และ พลัง สุริหาร. 2555. สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะผลผลิตฝักสดของข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้. ว.*แก่นเกษตร* 40 (ฉบับพิเศษ 4) : 77-82.

สำราญ ศรีชมพร ธำรงศิลป โพธิสูง และ ชฎามาศ จิตต์เลขา. 2553. ศักยภาพการให้ผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดข้าวเหนียวเพื่อการค้าในประเทศไทย น. 500-507 การประชุมใน: ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 : สาขาพืช. วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2553 *ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*

อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว ไลลา หวังเบ็ญหมัด สิรพัชร ภิรมย์พร สรรณดี ชูสวัสดิ์ และ พงษ์ศักดิ์ ณ นคร. 2564. ผลของการใส่ปุ๋ยที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียว 4 สายพันธุ์. *ว.พืชศาสตร์ 5(2): 25-31. สงขลานครินทร์*

Fageria, N.K., V.C. Baligar and C.A. Jones. 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops, 2nd ed. New York: Marcel Dekker.

Fageria, N.K., V.C. Baligar and Y.C. Li. 2008. The role of nutrient efficiency plants in improving crop yields in the twenty first century. ***J. Plant. Nutr.*** 31:1121-1157.

Geleta, S.B., R.B. Brinsfield, F.R. Mulford, H.E. Womack, C.H. Briand, and J.A. O'Keefe. 2004. Managing phosphorus for yield and quality of sweet corn grown on high phosphorus soils of Maryland's eastern shore. ***Can. J. Plant. Sci.*** :713-718.

Hongzhou, H., L. Wei, and T. Shihua. 2012. Balanced fertilizer promoted yield and quality of waxy maize in Chongqing. Better Crops with Plant Food. ***Int. Plant Nut. Inst. (IPNI).*** 1: 18-19.

Hongting, W., H. Ping, W. Bin, Z. Pingping, and G. Hongmei. 2008. Nutrient management within a wheat-maize rotation system. Better Crops with Plant Food. ***Int. Plant Nutr. Inst. (IPNI).*** 3: 12-14.

Hu, Q.P. and J.G. Xu. 2011. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. ***J. Agri. Food Chem.*** 59(5): 2026-2033.

Khan, A.A., A. Hussain, M.A. Ganai, N.R. Sofi and S.T. Hussain. 2018. Yield, nutrient uptake, and quality of sweet corn as influenced by transplanting dates and nitrogen levels. ***J. Phar. Phyto.*** 7(2): 3567-3571.

Piekielek, W.P. and R.H., Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict side-dressing nitrogen requirements of maize. ***Agro.*** 84: 59-65.

Sucgada Boonlertnirun Raweewun Suvarnasara and Kitti Boonlertnirun. 2010. Yield response of Three waxy corn varieties to various nitrogen rates. ***Kase. J. (Nat. Sci).*** 44: 529-535.