

# การตอบสนองและการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดหวานในดินร่วนเหนียว

## Nitrogen Response and Uptake of Sweet Corn Grown on Clay Loam Soil

ชัชชนพร เกื้อหนุน<sup>1/\*</sup> สายน้ำ อุดพวย<sup>1/</sup> ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา<sup>1/</sup>  
Chattanaporn Kueanoon<sup>1/\*</sup> Sainam Udpuay<sup>1/</sup> Piyanun Wiwatwittaya<sup>1/</sup>

*Received 24 May 2023/Revised 15 Nov. 2023/Accepted 17 Nov. 2023*

### ABSTRACT

Suitable nitrogen fertilizer management can increase yields and reduce chemical fertilizer uses but the existing nitrogen fertilizer recommendation for sweet corn production is not appropriate for site-specific recommendation. This study aimed to investigate nitrogen response and uptake of sweet corn grown on clay loam soil at Uthai Thani province in 2017. Treatments were laid out in a randomized complete block (RCB) with four replicates. The treatments consisted of six levels of nitrogen at the rates of 0, 8, 16, 24, 32 and 40 kg N/rai, while fertilizer application for phosphate and potash was 1.0 times of the soil test recommended rate. Results showed that the response of unhusked ear weight (Y) of Hybrix 3 cultivar to nitrogen application rate (x) grown in clay loam soil with low soil organic matter (1.34%) at Uthai Thani province could be expressed as a quadratic equation, by  $Y = -0.6989x^2 + 44.985x + 2803$ ;  $R^2 = 0.9106$ . Moreover, the result of economic return analysis by VCR method showed that nitrogen fertilizer application at the rate of 16 kg N/rai could maximize the highest return. The amounts of total nitrogen uptake in plant were 25.7, 3.7 and 23.7 kg N, P and K/rai, respectively, while the amounts of total nitrogen lost by yield removal were 10.6, 1.8 and 7.8 kg N, P and K/rai, respectively. Using proper rate of nitrogen fertilizer can efficiently increase yield of sweet corn grown on clay loam soil at Uthai Thani province.

**Keywords:** nitrogen; phosphate; potash; nutrient use efficiency; nutrient uptake

---

<sup>1/</sup> กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

<sup>1/</sup> Agricultural Production Sciences Research and Development Office, Department of Agriculture, 50 Phahonyothin Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

\* Corresponding author: wasak\_k@hotmail.com

## บทคัดย่อ

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ แต่คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดหวานไม่ได้จำเพาะกับสภาพของพื้นที่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองและการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนของข้าวโพดหวานในกลุ่มดินร่วนเหนียวชุดดินชัยนาท ใน จ. อุทัยธานี ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วย 6 กรรมวิธีจำนวน 4 ซ้ำ กรรมวิธีเป็นปุ๋ยไนโตรเจน 6 ระดับ ได้แก่ 0 8 16 24 32 และ 40 กก. N/ไร่ โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชในอัตรา 1.0 เท่าของคำแนะนำตามค่าการวิเคราะห์ดิน ผลการทดลองพบว่า การตอบสนองของผลผลิตฝัก (Y) ต่อปุ๋ยไนโตรเจน (x) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (1.34%) ใน จ. อุทัยธานี ดังสมการ quadratic  $Y = -0.6989x^2 + 44.985x + 2803$  โดยมีค่า  $R^2 = 0.9106$  เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ด้วยวิธี VCR พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก. N/ไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด ข้าวโพดมีการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมด 25.7 3.7 และ 23.7 กก. N P และ K/ไร่ ตามลำดับ และธาตุอาหารที่สูญหายไปกับผลผลิต 10.6 1.8 และ 7.8 กก. N P และ K/ไร่ ตามลำดับ การใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินร่วนเหนียวในชุดดินชัยนาทใน จ. อุทัยธานีอย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** ไนโตรเจน; ฟอสเฟต; โพแทช; ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย; การดูดใช้ธาตุอาหาร

## บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานทั้งหมด ปี พ.ศ. 2565 ประมาณ 213,565 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 450,358 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,177 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ในปี พ.ศ.

2561 มีปริมาณการส่งออก 532,370 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,956 พันล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 คิดเป็น 3.84% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) โดย จ. อุทัยธานีมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน 642 ไร่ เป็นผลผลิต 1,329 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,070 กก./ไร่ (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 6, 2562)

การผลิตข้าวโพดหวานให้ได้ผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพที่สูง ต้องจัดการดินและมีการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ อันมีผลต่อปริมาณและชนิดธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ในดิน ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต เพิ่มขนาดของใบและลำต้น การสังเคราะห์แสงและการสร้างเมล็ดของข้าวโพด จึงพบมีการดูดใช้ในโตรเจนสูงกว่าธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ พืชได้รับไนโตรเจนจากการให้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและบางส่วนในดินจากการย่อยสลายของเศษซากพืช ระยะออกดอกตัวผู้และตัวเมีย ข้าวโพดมีความต้องการไนโตรเจนมากที่สุด (สันติ และ ดิสสพันธุ์, 2549) แต่หากได้รับไนโตรเจนมากเกินไป จะเหี่ยวใบ ผลผลิตลดลง อ่อนแอต่อโรค (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การขาดไนโตรเจนจะทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นผอมสูงและอาจโค้งงอ การติดเมล็ดบนฝักไม่สมบูรณ์ (กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2564) ปัจจุบันคำแนะนำการให้ปุ๋ยกับข้าวโพดหวานยังเป็นสูตรและอัตราแบบกว้าง ๆ ไม่จำเพาะในแต่ละกลุ่มเนื้อดินและในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจทำให้การใช้ปุ๋ยไม่ถูกต้องและไม่ตรงตามความต้องการของพืช ด้วยแต่ละพื้นที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกัน กลุ่มเนื้อดินมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน โดยความต้องการไนโตรเจนของกลุ่มเนื้อดินร่วนปนทราย อาทิ ชุดดินโคราช อยู่ในระดับสูงกว่ากลุ่มเนื้อดินเหนียว อาทิ ชุดดินลพบุรี โดยทั่วไป ดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารไว้ได้ดีกว่าดินเนื้อหยาบ จึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้มากกว่า มีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษากิจการปุ๋ยไนโตรเจนในกลุ่มเนื้อดินต่าง ๆ พบว่า

ข้าวโพดหวานตอบสนองต่ออัตราของปุ๋ยที่แตกต่างกัน สำหรับดินร่วนซุยดินกำแพงแสน การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 12 24 และ 36 กก. N/ไร่ ให้ขนาดของฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนแถวต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ให้สูงขึ้น (สุรเดช และพัชราภรณ์, 2529) ดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 19.2 กก. N/ไร่ ได้รับผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนถึง 54% (Khan et al., 2018) ส่วนดินร่วนปนทรายซุยดินแฉิมที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ ให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 25-30 กก. N/ไร่ (Kaweewong and Moonta, 2020) สำหรับดินร่วนปนทรายที่มีอินทรีย์วัตถุในดินค่อนข้างสูง ไม่พบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดหวาน แต่ดินร่วนปนทรายแป้งที่มีอินทรีย์วัตถุในดินปานกลาง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0.5 0.75 และ 1.0% ของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินหรืออัตรา 3.71 5.57 และ 7.42 กก. N/ไร่ ให้ผลผลิตข้าวโพดหวาน 42 54 และ 53% ตามลำดับ ขณะที่ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 1.25% ของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินหรืออัตรา 9.28 กก. N/ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตลดลง (นงเยาว์ และคณะ, 2558)

จะเห็นว่า ข้าวโพดหวานที่ปลูกในเนื้อดินต่างกันตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนไม่เหมือนกัน เนื่องจากดินมีปริมาณไนโตรเจนหรืออินทรีย์วัตถุมากน้อยแตกต่างกัน และประสิทธิภาพในการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและสภาพภูมิอากาศ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสม เพียงพอและสมดุล จะส่งผลให้ได้รับผลผลิตข้าวโพดหวานสูง แต่ปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยการปลูกข้าวโพดหวานในกลุ่มดินเหนียว-ร่วนเหนียว ซุยดินซุยนาทที่มีปริมาณของอินทรีย์วัตถุต่ำ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูง จัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง งานวิจัยนี้จึงศึกษาการตอบสนองการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการผลิตข้าวโพดหวาน

ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเฉพาะเจาะจงกับสภาพพื้นที่

## อุปกรณ์และวิธีการ

### พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการทดลองในปี พ.ศ. 2560 ในแปลงเกษตรกร ต. เทโพ อ. เมืองอุทัยธานี จ. อุทัยธานี ซึ่งจัดอยู่ในชุดดินซุยนาท (Cn) (Fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Aeric (Vertic) Endoaquepts) เก็บตัวอย่างดินรวมก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จัดเป็นดินร่วนเหนียว เป็นกรดจัด (pH 5.4) ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (1.34%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก (103 มก./กก.) เนื่องจากการจัดการปุ๋ยของเกษตรกรที่มีการใส่ปุ๋ยสูตรเสมออย่างต่อเนื่อง ส่วนโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินปานกลาง (94 มก./กก.) ซึ่งดินในพื้นที่เพาะปลูกนี้จัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง (กองสำรวจดิน, 2523) แนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าวโพดหวาน อัตรา 20-5-10 กก. N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/ไร่ ดินที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดหวานควรมีอินทรีย์วัตถุมากกว่า 1% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 10 มก./กก. โพแทสเซียมที่สกัดได้มากกว่า 60 มก./กก. (กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2564)

### การปลูกและดูแลรักษาข้าวโพดหวาน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 4 ซ้ำ กรรมวิธี คือ ปุ๋ยไนโตรเจน (N) 6 ระดับ ได้แก่ 0 8 16 24 32 และ 40 กก. N/ไร่ ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต (P) และ ปุ๋ยโพแทช (K) ตามค่าวิเคราะห์ดิน ไถเตรียมดิน ยกแปลงย่อยขนาด 4.5x6.0 ม. ปลูกข้าวโพดหวานวันที่ 10 มกราคม 2560 พันธุ์ไฮบริด 3 (Hybrix 3) ใช้ระยะปลูก 0.75x0.25 ม. ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งแรกรองพื้นกันหลุมด้วยปุ๋ย P+K ครั้งที่สอง หลังปลูก 14 วัน ด้วย ½ N ครั้งที่สาม หลังปลูก 25 วัน ด้วยปุ๋ยไนโตรเจนส่วนที่เหลือ ใส่ปุ๋ยสองข้างของแถวปลูกพร้อมพรวนดินกลับ โดยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยทริบิล

ซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และโพแทสเซียมในรูปปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ให้น้ำระบบน้ำพุ่ม ปริมาณและความถี่บ่อยในการให้สังเกตจากความชื้นในดิน เก็บเกี่ยววันที่ 23 มีนาคม 2560 ในพื้นที่ขนาด 3x5 ตร.ม.

#### การวิเคราะห์ธาตุอาหารในตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างพืชที่ระยะเก็บเกี่ยว แปรย่อยละ 2 ต้น แยกเป็นส่วนของลำต้น ใบ เมล็ด ชั่ง และกาบฝัก ชั่งน้ำหนักสด อบแห้ง ชั่งน้ำหนักแห้ง บดละเอียด วิเคราะห์หาปริมาณและการดูดใช้ธาตุอาหาร N P K โดยวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ทำการย่อยสลายด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น (conc.  $H_2SO_4$ ) และตัวเร่งปฏิกิริยา วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี micro-Kjeldahl method (Bremner, 1960) วัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดใช้วิธีของ Piper (1966) คือ wet oxidation โดยย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดผสมเข้มข้น ( $HClO_4+HNO_3$  อัตราส่วน 1:2) นำสารละลายที่ย่อยได้บางส่วนไปทำให้เกิดสีด้วยน้ำยา molybdate-vanadate และวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer วัดปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด นำตัวอย่างพืชไป

ย่อยสลายโดยวิธี wet oxidation เช่นเดียวกับการหาฟอสฟอรัสทั้งหมด นำสารละลายที่ได้วัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Piper, 1966)

#### การบันทึกข้อมูล

ความหวาน ( $^{\circ}$ Brix) ผลผลิต น้ำหนักสด-แห้งของลำต้น ใบ เมล็ด ชั่งและกาบฝัก ปริมาณและการดูดใช้ธาตุอาหาร N P K ในลำต้น ใบ เมล็ด ชั่งและกาบฝัก วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือ value to cost ratio (VCR) วัดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดหวาน ตามวิธีของ Fageria et al. (1997) โดยคำนวณหา (1) ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (agronomic nitrogen use efficiency; ANUE) (2) ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในทางสรีระ (physiological nitrogen use efficiency; PNUE) และ (3) ประสิทธิภาพการดูดใช้ปุ๋ย (apparent nitrogen recovery efficiency; ANRE) ดังนี้

$$ANUE \text{ (กก./กก.)} = \frac{\text{ผลผลิต (ใส่ปุ๋ย N)} - \text{ผลผลิต (ไม่ใส่ปุ๋ย N)}}{\text{ปริมาณปุ๋ย N ที่ใส่}}$$

$$PNUE \text{ (กก./กก.)} = \frac{\text{ผลผลิต (ใส่ปุ๋ย N)} - \text{ผลผลิต (ไม่ใส่ปุ๋ย N)}}{\text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ใส่ปุ๋ย N)} - \text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ไม่ใส่ปุ๋ย N)}}$$

$$ANRE \text{ (\%)} = \frac{[\text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ใส่ปุ๋ย N)} - \text{ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ (ไม่ใส่ปุ๋ย N)}] \times 100}{\text{ปริมาณปุ๋ย N ที่ใส่}}$$

นำข้อมูลผลผลิต ความเข้มข้น และการดูดใช้ธาตุอาหารในข้าวโพดหวานไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และนำข้อมูลผลผลิตและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนไปสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression) โดยสมการ  $y=bx+a$  ให้ y คือ ผลผลิต และ x คือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน

#### การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินหลังเก็บเกี่ยว

เก็บตัวอย่างดินรวมก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จำนวน 10 จุด/แปลง แล้วคลุกเคล้ารวมกัน

เป็น 1 ตัวอย่าง ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ย่อยดินผ่านตะแกรงร่อนเพื่อวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Davis, 1943) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ตามวิธีของ Walkley and Black (Nelson and Sommer, 1982) โดยการย่อยดินด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นและสารละลาย  $1N K_2Cr_2O_7$  ไตรเตรต์ด้วยสารละลาย  $0.5N$  ammonium ferrous sulfate วัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยสกัดดินด้วยวิธี Bray-II (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธีเทียบสี (colorimetric by ascorbic acid method)

(Kuo, 1996) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) โดยสกัดดินด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 (Pratt, 1965) และวัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) ด้วยเทคนิค atomic emission

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพด

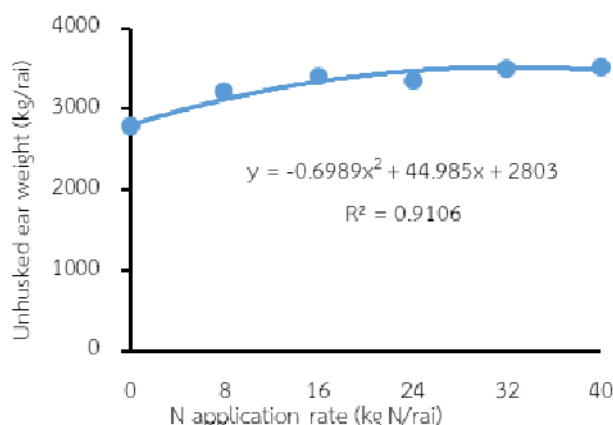
การจัดการปุ๋ยทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1) โดยการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตฝัก (2,803 กก./ไร่) ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 8-40 กก./ไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละอัตรา (8 16 24 32 และ 40 กก./ไร่) ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3,213-3,525 กก./ไร่ แม้การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยที่ใส่เพิ่ม แต่เมื่อนำปริมาณผลผลิต (Y) ไปหาความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (x) พบว่า มีความสัมพันธ์แบบ quadratic ตามสมการ  $Y = -0.6989x^2 + 44.985x + 2803$  มีค่า  $R^2 = 0.9106$  (Figure 1) ขณะที่การดูการใช้ไนโตรเจนของข้าวโพดหวานมีปริมาณสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก./ไร่ การให้ปุ๋ยในปริมาณมากเกินไป (24-40 กก./ไร่) มีผลทำให้การดูใช้ไนโตรเจนลดต่ำลง

(Figure 2) ผลที่ได้ใกล้เคียงกับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน (20 กก./ไร่) ซึ่งเพียงพอสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานในพื้นที่นี้ เนื่องจากการให้ไนโตรเจนสูงกว่า 16 กก./ไร่ ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของพืชเพิ่มสูงกว่าการให้ไนโตรเจนอัตราต่ำ ซึ่งแตกต่างจาก Khan et al. (2018) ที่ได้ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีอินทรีย์วัตถุหรือไนโตรเจนระดับต่ำ ข้าวโพดมีการตอบสนองต่อไนโตรเจนสูงสุดที่ระดับ 19.2 กก./ไร่ ผลการทดลองยังแตกต่างกับ Kaweewong and Moonta (2020) ที่ปลูกข้าวโพดหวานในดินร่วนซุยดินแม่ริมที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (1.4%) ข้าวโพดตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 25-30 กก./ไร่ ซึ่งการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการผลิตข้าวโพดหวานที่แตกต่างกัน เนื่องจากชนิดของดินเป็นตัวจำกัด เช่น เนื้อดิน อินทรีย์วัตถุเป็นต้น ส่งผลให้การผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินร่วนเหนียวใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำกว่า เห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตและน้ำหนักสดต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่น้ำหนักแห้งลำต้น เมล็ด กาบฝัก ซึ่งและใบของข้าวโพดมีค่าใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับความหวานของข้าวโพดที่ไม่ต่างกัน (Table 2) ในขณะที่ Wu et al. (1993) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงส่งผลให้ soluble sugar ลดลง

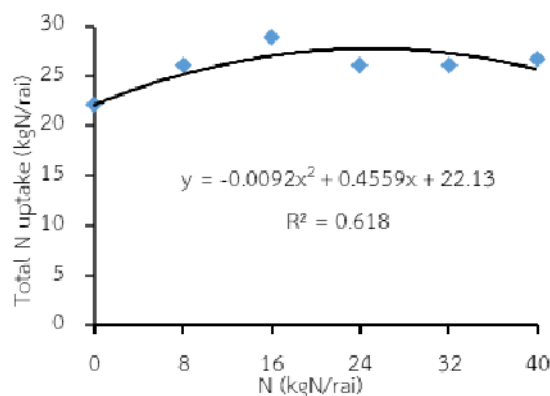
**Table 1** Yield and yield components of sweet corn grown at Uthai Thani province in 2017

| N rate<br>(kg N/rai) | Unhusk ear <sup>1/</sup><br>(kg/rai) | Stover fresh wt. <sup>1/</sup><br>(kg/rai) | Brix<br>(°Brix) | Plant dry matter (kg/rai) |       |       |      |      |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|---------------------------|-------|-------|------|------|
|                      |                                      |                                            |                 | Grain                     | Stalk | Leave | Cob  | Husk |
| 0                    | 2,803 b                              | 3,758 b                                    | 14.6            | 306                       | 499   | 382   | 141b | 323  |
| 8                    | 3,213 a                              | 4,581 a                                    | 14.2            | 361                       | 542   | 473   | 169b | 351  |
| 16                   | 3,419 a                              | 4,382 a                                    | 14.5            | 345                       | 573   | 471   | 166b | 339  |
| 24                   | 3,353 a                              | 4,372 a                                    | 14.9            | 353                       | 532   | 461   | 166b | 369  |
| 32                   | 3,510 a                              | 4,485 a                                    | 14.3            | 346                       | 506   | 447   | 163b | 365  |
| 40                   | 3,525 a                              | 4,401 a                                    | 14.3            | 367                       | 460   | 447   | 214a | 361  |
| Mean                 | 3,304                                | 4,329                                      | 14.5            | 346                       | 519   | 447   | 170  | 351  |
| F-test               | **                                   | *                                          | <1              | <1                        | <1    | ns    | ns   | <1   |
| CV (%)               | 7.6                                  | 7.7                                        | 4.5             | 14.5                      | 17.0  | 11.8  | 11.1 | 15.3 |

<sup>1/</sup> Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT, ns : not significant, \* : significant at 5% level probability, \*\* : significant at 1% level probability



**Figure 1** Response curve of nitrogen fertilizer rates and sweet corn yield



**Figure 2** Relationship between total nitrogen uptake in plant (kg N/rai) and amount of nitrogen application (kg N/rai)

### ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเมล็ด ลำต้น ใบ ช่ และกาบฝักแตกต่างกัน โดยมีความเฉลี่ยสำหรับไนโตรเจน 1.80 1.14 2.03 0.89 และ 0.81% ตามลำดับ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงกว่าเมล็ด>เมล็ด>ลำต้น>ช่>กาบฝัก ส่วนฟอสฟอรัสในเมล็ดและใบ>ช่>กาบฝักและลำต้น มีความเฉลี่ย 0.29 0.13 0.26 0.18 และ 0.15% ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียม 1.02 1.48 1.89 0.92 และ 0.76% ตามลำดับ และในใบ>ลำต้น>เมล็ด>ช่>กาบฝัก (Table 2) โดยความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม

และแมกนีเซียมในใบระดับที่พอเพียง คือ 2.7-3.5 0.2-0.4 1.7-2.5 0.2-1.0 และ 0.2-0.6% ตามลำดับ (กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2564)

เมล็ดมีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน>โพแทสเซียม>ฟอสฟอรัส คิดเป็นสัดส่วน 6:4:1 ลำต้นมีปริมาณของโพแทสเซียม>ไนโตรเจน>ฟอสฟอรัส ในสัดส่วน 11:9:1 ขณะที่ใบมีความเข้มข้นของไนโตรเจน>โพแทสเซียม>ฟอสฟอรัส เป็นสัดส่วน 8:7:1 ส่วนช่และกาบฝักมีปริมาณโพแทสเซียมใกล้เคียงกับไนโตรเจน>ฟอสฟอรัส โดยมีสัดส่วน 5:5:1 และ 5:5:1 ตามลำดับ (Table 2) เมื่อประเมินสัดส่วนของธาตุอาหารที่พืชต้องการเห็นได้ว่า ข้าวโพดหวานต้องการไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปริมาณที่สูงกว่าฟอสฟอรัส แต่

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดหวานยังเป็น  
สูตรนำไปใช้กับทุก ๆ กลุ่มเนื้อดินหรือสภาพพื้นที่  
จึงให้ธาตุอาหารไม่สอดคล้องกับความต้องการของ

พืชและยังทำให้เกิดการตกค้างของธาตุอาหารในดิน  
โดยเฉพาะฟอสฟอรัส พบว่า มีปริมาณสูงมากในดิน

**Table 2** Nutrient concentrations in each part by sweet corn

| N rate<br>(kg N/ai) | N concentration (%) |       |       |      |      | P concentration (%) |       |       |      |      | K concentration (%) |       |       |      |      |
|---------------------|---------------------|-------|-------|------|------|---------------------|-------|-------|------|------|---------------------|-------|-------|------|------|
|                     | Grain               | Stalk | Leave | Cob  | Husk | Grain               | Stalk | Leave | Cob  | Husk | Grain               | Stalk | Leave | Cob  | Husk |
| 0                   | 1.75                | 1.15  | 2.01  | 0.90 | 0.79 | 0.28                | 0.15  | 0.26  | 0.19 | 0.18 | 0.95                | 1.56  | 1.84  | 0.94 | 0.82 |
| 8                   | 1.78                | 1.14  | 2.02  | 0.83 | 0.79 | 0.30                | 0.13  | 0.25  | 0.18 | 0.15 | 1.07                | 1.35  | 1.80  | 0.86 | 0.76 |
| 16                  | 1.84                | 1.06  | 2.07  | 0.92 | 0.83 | 0.31                | 0.12  | 0.27  | 0.20 | 0.14 | 1.07                | 1.39  | 1.86  | 0.97 | 0.73 |
| 24                  | 1.74                | 1.11  | 2.04  | 0.93 | 0.82 | 0.30                | 0.13  | 0.25  | 0.19 | 0.14 | 1.04                | 1.53  | 1.90  | 0.97 | 0.80 |
| 32                  | 1.84                | 1.23  | 2.02  | 0.93 | 0.83 | 0.27                | 0.13  | 0.27  | 0.18 | 0.14 | 1.04                | 1.64  | 2.04  | 0.94 | 0.74 |
| 40                  | 1.87                | 1.14  | 2.03  | 0.87 | 0.83 | 0.28                | 0.13  | 0.27  | 0.18 | 0.14 | 0.96                | 1.39  | 1.91  | 0.87 | 0.69 |
| Mean                | 1.80                | 1.14  | 2.03  | 0.89 | 0.81 | 0.29                | 0.13  | 0.26  | 0.18 | 0.15 | 1.02                | 1.48  | 1.89  | 0.92 | 0.76 |
| F-test              | ns                  | <1    | ns    | ns   | <1   | <1                  | ns    | <1    | ns   | ns   | ns                  | ns    | ns    | ns   | ns   |
| CV(%)               | 3.8                 | 11.5  | 1.7   | 7.3  | 5.4  | 12.7                | 14.2  | 9.7   | 6.5  | 9.2  | 8.7                 | 13.5  | 5.3   | 10.3 | 6.8  |

ns : not significant

### ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพด

การไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ข้าวโพดหวาน  
ดูดใช้ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสุด (21.99 กก.N/ไร่)  
จึงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตต่ำและต่ำกว่าการใส่  
ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราอื่น ๆ (8-40 กก. N/ไร่) ทำให้  
ข้าวโพดมีการดูดใช้ไนโตรเจนระหว่าง 25.34-26.30  
กก.N/ไร่ ส่งผลให้ได้รับผลผลิตเพิ่มสูง 3,213-3,525  
กก./ไร่ (Table 3) สอดคล้องกับกองวิจัยพัฒนา  
ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2564) ที่พบว่า  
ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 มีการดูดใช้ไนโตรเจน  
ทั้งหมด 6.90 กก.N/ไร่/ตันผลผลิต และยังใกล้เคียง  
กับ Khan et al. (2018) ที่รายงานว่า การให้ไนโตรเจน  
อัตรา 19.2 กก.N/ไร่ ทำให้ข้าวโพดหวานมีการดูด  
ใช้ไนโตรเจนทั้งหมด 28.02 กก.N/ไร่

ในการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการผลิต  
ข้าวโพดหวาน เมื่อนำผลผลิตออกไปนอกพื้นที่ทำให้  
สูญเสียธาตุอาหารคิดเป็นปริมาณ 10.6 1.8 และ

7.8 กก.N P และ K/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้น คำแนะนำ  
การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูก  
ในชุดดินชั้นนาท ที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ฟอสฟอรัสที่  
เป็นประโยชน์สูงมากและโพแทสเซียมที่เป็น  
ประโยชน์ปานกลาง คือ 16 กก.N/ไร่ ก็เพียงพอ  
หรือสามารถชดเชยธาตุอาหารไนโตรเจนที่ถูก  
นำออกไปพร้อมกับผลผลิตได้ คือ 10.6 กก.N/ไร่  
แต่หากนำทั้งตอซังและฝักออกไปจากพื้นที่ทำให้  
ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่สูญหาย 25.7 3.67  
และ 23.65 กก.N P และ K/ไร่/ฤดู จะส่งผลให้  
ปริมาณธาตุอาหารที่นำออกไปเกินดุลของปริมาณ  
ธาตุอาหารที่ใส่ลงไปดิน คำแนะนำการใช้ปุ๋ย  
ไนโตรเจนอัตราดังกล่าวที่ใช้ในพื้นที่นี้จึงไม่เพียงพอ  
ดังนั้น จึงควรแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนร่วมกับ  
การจัดการตอซังข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการ  
สับกลบลงดิน

**Table 3** Nutrient uptake in each part by sweet corn

| N rate<br>(kg N/rai) | N uptake (kg/rai) |       |       |      |      | Total<br>(kg/rai) | P uptake (kg/rai) |       |       |      |      | Total<br>(kg/rai) | K uptake (kg/rai) |       |       |      |      | Total<br>(kg/rai) |
|----------------------|-------------------|-------|-------|------|------|-------------------|-------------------|-------|-------|------|------|-------------------|-------------------|-------|-------|------|------|-------------------|
|                      | Grain             | Stalk | Leave | Cob  | Husk |                   | Grain             | Stalk | Leave | Cob  | Husk |                   | Grain             | Stalk | Leave | Cob  | Husk |                   |
| 0                    | 5.33              | 5.21  | 7.68  | 1.25 | 2.53 | 21.99             | 0.89              | 0.76  | 0.99  | 0.27 | 0.57 | 3.47              | 3.04              | 7.79  | 7.08  | 1.30 | 2.63 | 21.98             |
| 8                    | 6.41              | 5.22  | 9.80  | 1.40 | 2.77 | 25.34             | 1.06              | 0.68  | 1.18  | 0.30 | 0.52 | 3.72              | 3.88              | 7.01  | 8.50  | 1.44 | 2.65 | 23.47             |
| 16                   | 6.36              | 5.88  | 9.75  | 1.51 | 2.82 | 26.30             | 1.06              | 0.68  | 1.27  | 0.32 | 0.49 | 3.80              | 3.75              | 8.04  | 8.81  | 1.59 | 2.47 | 24.65             |
| 24                   | 6.15              | 5.80  | 9.72  | 1.54 | 3.02 | 25.92             | 1.05              | 0.66  | 1.15  | 0.31 | 0.52 | 3.70              | 3.66              | 8.12  | 8.78  | 1.59 | 2.95 | 25.11             |
| 32                   | 6.35              | 5.44  | 9.04  | 1.51 | 3.04 | 25.38             | 0.97              | 0.63  | 1.20  | 0.29 | 0.52 | 3.60              | 3.60              | 8.11  | 9.11  | 1.52 | 2.71 | 25.13             |
| 40                   | 6.85              | 4.71  | 9.06  | 1.85 | 2.96 | 25.42             | 1.05              | 0.58  | 1.21  | 0.37 | 0.49 | 3.71              | 3.59              | 6.39  | 8.52  | 1.86 | 2.48 | 22.03             |
| Mean                 | 6.24              | 5.33  | 9.17  | 1.51 | 2.86 | 25.06             | 1.01              | 0.66  | 1.17  | 0.31 | 0.52 | 3.67              | 3.60              | 7.52  | 8.47  | 1.55 | 2.65 | 23.86             |
| F-test               | ns                | <1    | ns    | ns   | <1   | ns                | <1                | <1    | ns    | ns   | <1   | <1                | <1                | ns    | ns    | ns   | <1   | ns                |
| CV(%)                | 15.4              | 15.1  | 12.0  | 11.7 | 15.0 | 10.2              | 27.9              | 25.0  | 9.7   | 9.7  | 19.5 | 13.4              | 16.9              | 17.1  | 12.3  | 11.1 | 14.1 | 10.2              |

ns : not significant

### ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดหวาน

ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยแสดงถึงความสามารถของพืชในการให้ผลผลิตต่อหน่วยของปุ๋ยที่ใช้ เป็นความสามารถในการดึงดูดธาตุอาหารไปสะสมไว้ในต้นแล้วเปลี่ยนให้เป็นผลผลิต (Moll et al., 1982) จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้นิโตรเจนพบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในอัตรา 8 16 24 32 และ 40 กก./ไร่ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้นิโตรเจนของข้าวโพดลดลง โดย ANUE มีค่า 54 39 23 22 และ 18 กก./กก.N ตามลำดับ (Table 4) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปเกินกว่าความต้องการของข้าวโพด ไนโตรเจนส่วนเกินไม่ได้ถูกนำมาใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต แต่จะอยู่ในดินหรือสูญหายไปโดยกระบวนการต่าง ๆ จึงทำให้ ANUE ลดต่ำลง สอดคล้องกับประสิทธิภาพการดูดใช้ปุ๋ย ซึ่งพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 8 กก./ไร่ มีค่า ANRE สูงสุด 50% แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น กลับทำให้ ANRE ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnson and Raun (2003) ซึ่งพบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำจะทำให้ ANUE มีค่าสูง แต่การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง (7.2-17.9 กก./ไร่) มากจนเกินความต้องการของพืชจะทำให้ ANUE มีค่าต่ำ แต่ขัดแย้งกับ Oktem et al. (2010) ที่พบว่า

ANUE มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวโพดหวานในอัตราเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ค่า ARNE นั้นขึ้นอยู่กับความต้องการไนโตรเจนของพืชและปริมาณไนโตรเจนที่ปุ๋ยปลดปล่อยออกมาให้แก่พืช (Dobermann, 2005) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 8 16 24 32 และ 40 กก./ไร่ ทำให้ข้าวโพดมีการดูดใช้นิโตรเจนจากปุ๋ย (PNUE) ไปใช้ในการสร้างผลผลิตเฉลี่ย 92 166 113 225 และ 192 กก./กก.N ที่พืชดูดใช้ นั่นคือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 32 กก./ไร่ ทำให้ข้าวโพดสามารถนำไนโตรเจนที่ดูดใช้ไปสร้างผลผลิตได้สูงสุด แตกต่างกับ Eivazi and Habibi (2013) รายงานว่าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดที่ระดับ 17.6 กก./ไร่ แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทางสรีระขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการใช้นิโตรเจนของข้าวโพด (Biswas and Ma, 2016) แนวทางการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความเป็นประโยชน์และลดการสูญเสียของปุ๋ยไนโตรเจนให้ใส่ไบโอชาร์ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากไบโอชาร์มีผลทำให้การสะสมของไนโตรเจนในดินเพิ่มมากขึ้น (เสาวคนธ์, 2557; ชัชชนพร และคณะ, 2564) หรือการให้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับการไถกลบเศษตอซัง (Liu et al., 2006; Gao et al., 2020)

**Table 4** Nitrogen use efficiency on sweet corn production at Uthai Thani province in 2017

| Item                                     | Nitrogen level (kg N/rai) |     |     |     |     | P-value |
|------------------------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|---------|
|                                          | 8                         | 16  | 24  | 32  | 40  |         |
| N removal (kg/rai)                       | 26                        | 29  | 26  | 26  | 27  | ns      |
| Agronomic N use efficiency (kg/kg N)     | 54                        | 39  | 23  | 22  | 18  | *       |
| Physiological N use efficiency (kg/kg N) | 92                        | 166 | 113 | 225 | 192 | ns      |
| Apparent N recovery efficiency (%)       | 50                        | 28  | 10  | 9   | 5   | ns      |

ns : not significant, \* : significant at 5% level probability

### ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือ ค่า value to cost ratio (VCR) (Table 5) พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก./ไร่ ให้ผลตอบแทนสุทธิและค่า VCR (3.0) สูงสุด ดังนั้น การผลิตข้าวโพดหวานในดินร่วนเหนียวชุดดินชัยนาท จ. อุทัยธานี ที่มีอินทรีย์วัตถุ 1.34% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 103 มก./กก. และโพแทสเซียมที่สกัดได้ 94 มก./กก. ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต 5 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทช 10 กก./ไร่

K<sub>2</sub>O/ไร่ ถือว่าคุ้มค่ากับการลงทุนและเป็นระดับธาตุอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของข้าวโพดหวาน เนื่องจากการนำผลผลิตออกไปนอกพื้นที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียเพียง 10.6 1.8 และ 7.8 กก. N, P และ K/ไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นเนื้อปุ๋ย 10.6 4.1 และ 9.4 กก. N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/ไร่ การให้ปุ๋ยข้าวโพดหวานในอัตราดังกล่าวสามารถชดเชยปริมาณของธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิตที่ถูกนำออกไปจากพื้นที่ได้ จึงทำให้ระบบการผลิตในระยะยาวเกิดความยั่งยืนเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมลงไปดิน สมดุลกับปริมาณของธาตุอาหารที่สูญหาย

**Table 5** Value/cost ratio of nitrogen fertilizer application in sweet corn production at Uthai Thani province during 2017 cropping season

| N-P-K rate<br>(kg N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -<br>K <sub>2</sub> O/rai) | Yield<br>(kg/rai) | Increased<br>yield<br>(kg/rai) | Gross<br>return<br>(Baht/rai) | Cost of<br>fertilizer<br>(Baht/rai) | Net<br>return<br>(Baht/rai) | VCR |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----|
| T1 (0-5-10)                                                                  | 2,803             | 0                              | 0                             | 508                                 | -                           | -   |
| T2 (8-5-10)                                                                  | 3,213             | 410                            | 2,050                         | 770                                 | 1,280                       | 2.7 |
| T3 (16-5-10)                                                                 | 3,419             | 616                            | 3,080                         | 1,033                               | 2,047                       | 3.0 |
| T4 (24-5-10)                                                                 | 3,353             | 550                            | 2,750                         | 1,296                               | 1,454                       | 2.1 |
| T5 (32-5-10)                                                                 | 3,510             | 707                            | 3,535                         | 1,559                               | 1,976                       | 2.3 |
| T6 (40-5-10)                                                                 | 3,525             | 722                            | 3,610                         | 1,822                               | 1,788                       | 2.0 |

Note: 21-0-0=6.90 Baht/kg N, 0-46-0=26.00 Baht/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0-0-60=13.50 Baht/kg K<sub>2</sub>O, Sweet corn price = 6.40 Baht/kg

### สมบัติของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

เมื่อเปรียบเทียบบิโทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินหลังการเก็บเกี่ยว (Table 6) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่แตกต่างกัน

ดินก่อนปลูก มีค่าอยู่ในช่วง 1.29-1.45% เนื่องจากเศษตอซังส่วนเหนื่อดินถูกขนย้ายออกไปนอกพื้นที่และเหลือทิ้งไว้เฉพาะส่วนใต้ดินซึ่งมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงไม่มากพอต่อการเติมอินทรีย์วัตถุ

ลงไปดิน การจัดการปุ๋ยรวมกับการใส่เศษซากพืชในอัตราที่เหมาะสมจึงจะสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินได้ (Willigen et al., 2008) ถึงแม้ว่าอินทรีย์วัตถุในดินจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1-10%/ปี (Gunina and Kuzyakov, 2022) ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทำให้อินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายเร็ว การตกค้างของธาตุอาหารในดินจึงต่ำ ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 127-131 และ 88-105 กก./กก. ตามลำดับ แต่มีการตกค้างของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินสูง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยสูตรเสมออย่างต่อเนื่องในการผลิตข้าวโพดหวานของเกษตรกร และฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ถูกตรึงในดินได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว

**Table 6** Soil properties after harvesting sweet corn at Uthai Thani province in 2017

| N rate (kg N/rai) | pH  | OM (%) | Avail. P (mg P/kg) | Extr. K (mg K/kg) |
|-------------------|-----|--------|--------------------|-------------------|
| 0                 | 5.5 | 1.45   | 125                | 97                |
| 8                 | 5.3 | 1.34   | 131                | 96                |
| 16                | 5.2 | 1.36   | 127                | 88                |
| 24                | 4.8 | 1.45   | 129                | 105               |
| 32                | 5.2 | 1.35   | 127                | 91                |
| 40                | 4.4 | 1.29   | 120                | 96                |
| Mean              | 5.1 | 1.38   | 127                | 96                |
| F-test            | ns  | ns     | <1                 | <1                |
| CV (%)            | 9.8 | 8.2    | 13.8               | 28.1              |

<sup>ns</sup> : not significant

### สรุปผลการทดลอง

การปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 ในดินร่วนเหนียว จ. อุทัยธานี ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุต่ำ (1.34%) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 8-40 กก. N/ไร่ ให้ผลผลิตฝักทั้งเปลือกไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3,213-3,525 กก./ไร่ แต่สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเลย ข้าวโพดตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ดังสมการ  $Y = -0.6989x^2 + 44.985x + 2803$  ( $Y =$  ผลผลิตฝักทั้งเปลือก,  $x =$  ปุ๋ยไนโตรเจน) โดยมีค่า  $R^2 = 0.9106$  เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ด้วยวิธี VCR พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 5 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทช อัตรา 10 กก./ไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด ข้าวโพดมีการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมด 25.7 3.7 และ 23.7 กก. N, P และ K/ไร่ ตามลำดับ และธาตุอาหารที่สูญหายไปกับผลผลิต 10.6 1.8 และ 7.8 กก. N, P และ K/ไร่ ตามลำดับ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไม่

ทำให้ค่าพีเอชของดิน อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

### เอกสารอ้างอิง

- กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2564. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 105 หน้า.
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 2525. แผนที่ดินของประเทศไทยมาตราส่วน 1:500,000 กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

- ชัชชนพร เกื้อหนุน พิระพงษ์ เขาวนพงษ์ ปัญจพร เลิศรัตน์  
บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ และ สายน้ำ อุดพัวย. 2564.  
ผลของไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์  
ดินทราย-ดินร่วนปนทรายและดินเหนียวในสภาพ  
โรงเรือน. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด  
กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล: <https://www.doe.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/05/8> ผลของ  
ไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ดินทราย-  
ดินร่วน.pdf. สืบค้น: 1 ตุลาคม 2566.
- นงเยาว์ จันทรอินทร์ ทะนงศักดิ์ ประไพไทย สุวิมล  
พุทธรจรรยาวงค์ พัชรภรณ์ ตีมุขขัฒา ทองพูน  
เฉิดสมบูรณ์ อภิไธย ไตรโชค อรรพวรรณ จินะใจหาญ  
ปิยะพล ระเบียบ และ สุรศักดิ์ คำนันท์. 2558. การศึกษา  
การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน  
สำหรับข้าวโพด. แหล่งข้อมูล: <https://tarr.arda.or.th/preview/item/ceibvpYU9 X9 vBQmBynZf A?keyword=ทนงศักดิ์%20ประไพไทย>. สืบค้น: 6  
กันยายน 2566.
- สุรเดช จินตกานนท์ และ พัชรภรณ์ ไชริศมี. 2529.  
อิทธิพลของอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อ  
ปริมาณและคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ปลูก  
ในชุดดินกำแพงแสน. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ  
พืชผักแห่งชาติครั้งที่ 6, วันที่ 13-17 มกราคม 2529.  
วิทยาเขตเกษตรนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช.
- สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 6. 2562. ข้อมูล  
เอกภาพพืชเศรษฐกิจ 17 จังหวัดภาคเหนือ: ข้อมูล  
เอกภาพข้าวโพดหวาน. แหล่งข้อมูล: <https://ndoe.doe.go.th/plant-unity1.php?p=16>. สืบค้น: 10  
พฤศจิกายน 2566.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ส่งออกข้าวโพด  
หวานทิศทางสดใส ครองแชมป์ส่งออกอันดับ 1 ของ  
โลก. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/view/1/>  
รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/30924/TH-H.  
สืบค้น: 22 พฤษภาคม 2566.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ตารางแสดงรายละเอียด  
ข้าวโพดหวาน. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/view/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดหวาน/TH-TH>. สืบค้น: 22 พฤษภาคม 2566.
- สันติ ธีรภรณ์ และ ดิสสพันธุ์ ธรรมภิรมย์. 2549. การใช้ปุ๋ย  
กับข้าวโพด. หน้า 1-17. ใน: เอกสารประกอบการ  
ฝึกอบรมหลักสูตร การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับ  
พืชเศรษฐกิจ. 23-24 พฤษภาคม 2549 สำนักวิจัย  
พัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการ  
เกษตร กรุงเทพฯ.
- เสาวคนธ์ เหมวงษ์. 2557. ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่  
และกลบต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการดูดใช้  
ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 16(1): 69-75.
- Biswas, D.K. and B.L. Ma. 2016. Effect of nitrogen  
rate and fertilizer nitrogen source on  
physiology, yield, grain quality, and nitrogen  
use efficiency in corn. Canadian Journal of  
Plant Science. 96: 392-403.
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of  
total, organic and available forms of phosphorus  
in soil. Soil Science. 59: 39-45.
- Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in  
soil by the Kjeldahl method. Journal of  
Agricultural Science. 55: 11-33.
- Davis, L.E. 1943. Measurements of pH with the  
glass electrode as affected by soil moisture.  
Soil Science. 56(6): 405-422.
- Dobermann, A. 2005. Nitrogen Use Efficiency – State of  
the Art. Available at: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1319&context=agronomyfacpub>. Accessed: November  
10, 2023.
- Eivazi, A. and F. Habibi. 2013. Evaluation of nitrogen  
use efficiency in corn (*Zea mays* L.) variety.  
World Applied Sciences Journal. 21(1): 63-68.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar and C. A. Jones. 1997.  
Growth and Mineral Nutrition of Field  
Crops, 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Marcel Dekker.  
494 p.
- Gao, L., W. Li, U. Ashraf, W. Lu, Y. Li, C. Li, G. Li, G. Li  
and J. Hu. 2020. Nitrogen fertilizer management  
and maize straw return modulate yield and  
nitrogen balance in sweet corn. Agronomy.  
10(3): 362.
- Gunina, A. and Y. Kuzyakov. 2022. From energy to  
(soil organic) matter. Global Change Biology.  
28: 2169-2182.
- Johnson, G.W. and W.R. Raun. 2003. Nitrogen  
response index as a guide management.  
Journal of Plant Nutrition. 26(2): 249-262.
- Kaweewong, J. and A. Moonta. 2020. Nitrogen  
requirements of sweet corn grown on Mea

- Rim soil series. Thai Journal of Science and Technology. 9(6): 811-820.
- 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. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7(2): 3567-3571.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. pp. 869-919. In: D.L. Sparks (ed.). Methods of Soil Analysis, part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series No. 5. and ASA, Madison, Wisconsin, USA.
- Liu, X., S.J. Herbert, A.M. Hashemi, X. Zhang and G. Ding. 2006. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – A review. Plant Soil and Environment. 52(12): 531–543.
- Moll, R.H., E.J. Kamprath and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency to nitrogen utilization. Agronomy Journal. 74: 562-564.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp. 539-579. In: Method of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiology Properties. Agronomy Monograph 9 (2<sup>nd</sup>) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Oktem, A., A.G. Oktem and H.Y. Emeklier. 2010. Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 41: 832–847.
- Piper, C.S. 1966. Soil and Plant Analysis: A Laboratory Manual of Methods for the Examination of Soils and the Determination of the Inorganic Constituents of Plant. Hans Publisher, Bombay. 368 p.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium. pp. 1022-1030. In: C.A. Black. (ed). Methods of Soil Analysis. Part II. Amer. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wisconsin.
- Richard, L.A. 1954. Diagnostic and improvement of saline alkaline soils. U.S. salinity laboratory, U.S. Dept. Agricultural Handbook No. 60. 160 p.
- Willigen, P., B.H. Janssen, H.I.M. Heesmans, J.G. Conijn, G.J. Velthof and W.J. Chardon. 2008. Decomposition and accumulation of organic matter in soil; Comparisons of some model. Altera, Wageningen, The Netherlands. 73 p.
- Wu, P., Q. Dai and Q. Tao. 1993. Effect of fertilizer rates on the growth, yield, and kernel composition of sweet corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 24: 237-253.