ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำในข้าวโพดข้าวเหนียว

Nitrogen use efficiency and low nitrogen tolerance in waxy corn

กิตติ บุญเลิศนิรันดร์[1*] และ ชูศักดิ์ จอมพุก[2]

Kitti Boonlertnirun[1*] and Choosak Jompuk[2]

บทคัดย่อ: ประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดข้าวเหนียว 27 พันธุ์ เพื่อใช้เป็นเชื้อพันธุ์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว วิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความเหมือน จากลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร ด้วยวิธี Squared Euclidean และวิเคราะห์จัดกลุ่มโดยวิธี Ward's method สามารถจำแนกพันธุ์ข้าวโพดออกเป็น 4 กลุ่ม ที่มีขนาดฝัก ขนาดต้น และอายุออกดอกแตกต่างกัน พบว่า กลุ่มพันธุ์ที่มีฝักขนาดใหญ่ มีผลผลิตโดยน้ำหนักดัชนีความทนทานต่อการขาดไนโตรเจน และมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดีกว่ากลุ่มพันธุ์ที่มีฝักขนาดเล็ก กลุ่มพันธุ์ที่มีฝักใหญ่ พันธุ์ BW, PEK และSLKM มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดีที่สุด และให้ผลผลิตสูงเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง แต่ให้ผลผลิตต่ำเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำ พันธุ์ WPP BW และ NSW มีดัชนีความทนทานต่อการขาดไนโตรเจนสูงสุด ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งในสภาพแปลงที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง และอัตราต่ำ ขณะที่พันธุ์ THT และ TNO ให้ผลผลิตต่ำทั้งในสภาพที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงและต่ำ มีค่าดัชนีความอ่อนแอต่อการขาดไนโตรเจนต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ จึงเป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต กับดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน แสดงให้เห็นว่า พันธุ์พืชที่ดี ควรเป็นพันธุ์ที่มีค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพขาดไนโตรเจน มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูง และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ทั้งในสภาพปกติและสภาพขาดไนโตรเจน การคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงและสภาพไนโตรเจนต่ำ เหมาะสำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดี และมีความทนทานต่อสภาพขาดไนโตรเจน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การวิเคราะห์จัดกลุ่ม, สหสัมพันธ์, ดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ, ดัชนีความอ่อนแอต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ

ABSTRACT: Nitrogen use efficiency was evaluated in 27 genotypes of waxy corn to utilize as germplasm in breeding program for sustainable agriculture. Yield, yield components and agronomic traits analyzed similarity coefficient by Squared Euclidean and cluster analysis by Ward's method could separate genotypes into 4 groups depending on ear size, plant height and flowering date. The large ear group gave yield higher than that of the small ear group and showed high value of low nitrogen tolerant index (LNTI) and nitrogen use efficiency (NUE). The genotypes, namely BW, PEK and SLKM showed high NUE, high yield in high nitrogen condition (HN) and low yield in low nitrogen condition (LN). WPP, BW and NSW genotypes showed high value of LNTI, and high yield in both low and high nitrogen conditions. The genotypes, namely THT and TNO gave low yield in both LN and HN; they showed low NUE and poorly responded to nitrogen fertilizer. The relationship among yield, LNTI and NUE indicated that the best genotype should be good LNTI and high NUE, and also gave high yield in both LN and HN. Selections of high yield genotype in HN and LN are suitable method for NUE improvement and low nitrogen tolerance genotype respectively.
Keywords: cluster analysis, correlation, low nitrogen tolerant index and low nitrogen susceptible index

[1] สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ พระนครศรีอยุธยา

Plant Science, Faculty of Agriculture Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya.

[2] ภาควิชาพืชไร่-นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom.

* Corresponding author: kitti.b@rmutsb.ac.th

แก่นเกษตร 39 : 231-240 (2554).

บทนำ

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน หมายถึง ความสามารถของพืชในการให้ผลผลิตต่อหน่วยของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ประกอบด้วยความสามารถในการดึงดูดไนโตรเจนเพื่อสะสมที่ต้นพืชและความสามารถในการเปลี่ยนไนโตรเจนในต้นเป็นผลผลิต (Moll et al.,1982) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้สามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญต่อระบบเกษตรอินทรีย์และเกษตรยั่งยืน แต่พันธุ์ข้าวโพดที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ดำเนินงานภายใต้สภาพแปลงปลูกที่ให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงอย่างต่อเนื่อง (Earl and Ausubel,1983) และคัดเลือกโดยควบคุมให้ต้นข้าวโพดได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอย่างสม่ำเสมอกัน เป็นผลให้พันธุกรรมการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ ของพืชแต่ละสายพันธุ์ไม่สามารถแสดงออกได้แตกต่างกัน (Kamprath et al., 1982) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงในระหว่างการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ จะนำไปสู่การได้พันธุกรรมพืชที่ใช้ปุ๋ยอย่างฟุ่มเฟือย (Carlone and Russell, 1987) จึงมีแนวโน้มว่าในปัจจุบันพืชมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลดลง (Tilman et al., 2002) การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดเป็นลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจและพบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างพันธุกรรมกับระดับของปุ๋ยไนโตรเจน (Gallais and Hirel, 2004) การถ่ายทอดลักษณะจึงเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (Pollmer et al., 1979) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวในประเทศไทยยังอยู่ในระยะเริ่มต้น เดิมเกษตรกรในแต่ละท้องถิ่นปลูกและเก็บเมล็ดพันธุ์ต่อเนื่องกันมาเป็นเวลานาน พันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกจึงมีความแตกต่างกันไปตามความนิยมของท้องถิ่น มีความหลากหลายมากทั้งขนาดฝัก สีเมล็ด อายุ และลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลักษณะที่แตกต่างกันชัดเจน เช่น สีเมล็ด ขนาดฝัก อายุออกดอก (วิไลวรรณ และคณะ, 2546) ดังนั้นพันธุ์พื้นเมืองจึงเป็นเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นที่สำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมเปลี่ยนไปใช้พันธุ์ลูกผสมและพัฒนาวิธีเขตกรรม มีการควบคุมวัชพืชและศัตรูพืชที่ดีขึ้น และการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิต แต่ปัญหาสำคัญประการหนึ่ง คือ การใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงเกินไป ซึ่งไม่เพียงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ยังมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการผลิตพืช (Tilman. et al., 2002) ดังนั้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกร และคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและประเมินความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รวบรวม สำหรับใช้เป็นเชื้อพันธุ์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว ให้มีผลผลิตสูง และมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดี เพื่อลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันนำไปสู่การระบบการเกษตรยั่งยืน

วิธีการศึกษา

พันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ศึกษา

พันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ทดสอบ จำนวน 27 พันธุ์ ได้แก่ 1) พันธุ์เหนียวสวรรค์ (NSW) 2) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (BW) 3) พันธุ์ไวท์ปุ้มปุ้ย (WPP) 4) พันธุ์ ดร.เป็ก (PEK) 5) พันธุ์จีอาร์ 484 (GR) 6) พันธุ์เคดับบริวเอสเอ็ก 91 (KWSX91) 7) พันธุ์เคเคยู 1116 (KKU1116) 8) พันธุ์เคเคยู2901 (KKU2901) 9) พันธุ์เทียนสวรรค์ (TSW) 10) พันธุ์หลักหก (LH) 11) พันธุ์หัวปลี (HP) 12) พันธุ์สำลีอีสาน (SLES) 13) พันธุ์รัชตะ (RCT) 14) พันธุ์สำลีเจียไต๋ (SLJ) 15) พันธุ์สำลีปุยฝ้าย (SLPF) 16) พันธุ์สำลีไข่มุก (SLKM) 17) พันธุ์ปุ้มปุ้ย ทีทรอปิโค (PPT) 18) พันธุ์ข้าวเหนียวใหญ่ร้อยเอ็ด (NYR) 19) พันธุ์เทียนหันตรา (THT) 20) พันธุ์เทียนบ้านเกาะ (TBK) 21) พันธุ์เทียนน้ำอ้อม (TNO) 22) พันธุ์สามสีตราสิงโต (TCST) 23) พันธุ์เทียนสุโขทัย (TSKT) 24) พันธุ์เทียนสามสีห้นตรา (TCHT) 25) พันธุ์มันปู (MP) 26) พันธุ์มังกรแปดแถว (MR8R) 27) พันธุ์เทียนพิษณุโลก (TPL)

วิธีการศึกษา

ก่อนทดลองปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 3 ซึ่งเป็นข้าวโพดไร่พันธุ์สังเคราะห์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีความสม่ำเสมอของต้น และเมล็ดพันธุ์ราคาถูกกว่าพันธุ์ลูกผสม ปลูกข้าวโพดด้วยระยะระหว่างแถว 75 ซม. และระยะระหว่างต้น 25 ซม. ไม่มีการใส่ปุ๋ย เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 40 วันหลังปลูก จึงตัดต้นและกำจัดออกจากแปลงปลูก เพื่อนำธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนออกจากแปลงพร้อมต้นข้าวโพด เป็นการปรับให้ดินในแปลงทดลองมีสภาพไนโตรเจนต่ำ และมีความอุดมสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน ดำเนินการปลูกทดสอบพันธุ์โดยแบ่งแปลงเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ปลูกในสภาพที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง (40 กก.N/ไร่) และการทดลองที่ 2 ปลูกในสภาพที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำ (5 กก.N/ไร่) ในแต่ละการทดลองปลูกทดสอบพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว 27 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งสองการทดลองดำเนินการพร้อมกันและมีวิธีปฏิบัติเหมือนกัน โดยในแต่ละแปลงย่อยปลูก 4 แถว แต่ละแถวยาว 5 ม. ระยะระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างต้น 25 ซม. หยอดเมล็ด 3 เมล็ด/หลุม หลังปลูก 2 สัปดาห์ถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุมพร้อมทั้งพรวนดิน กำจัดวัชพืชและกลบโคน การควบคุมวัชพืชใช้สารอลาคลอร์คุมวัชพืชก่อนงอก และให้น้ำตามร่อง

การใส่ปุ๋ย ทั้ง 2 การทดลอง ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยสูตร 0-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 21.7 กก./ไร่ (10 กก. P_2O_5/ไร่) และ 16.7 กก./ไร่ (10 กก.K_2O/ไร่) ตามลำดับ สำหรับปุ๋ยไนโตรเจน ในการทดลองที่ปลูกในสภาพใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่ก่อนปลูกอัตรา 10.9 กก./ไร่ (5 กก. N/ไร่) และใส่หลังปลูก 3 สัปดาห์ อัตรา 76.3 กก./ไร่ (35 กก. N/ไร่) สำหรับการทดลองที่ปลูกในสภาพไนโตรเจนต่ำ ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 10.9 กก./ไร่ (5 กก.N/ไร่) ก่อนปลูกครั้งเดียว

ดำเนินการที่สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมกราคม 2551- มีนาคม 2551

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลจาก 2 แถวกลาง โดยบันทึกลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ อายุปล่อยละอองเกสร อายุออกไหม ความสูงต้นและความสูงฝัก เก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะ 20 วันหลังผสมเกสร นับจำนวนฝักต่อแปลง ชั่งน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก และหลังปอกเปลือกเฉพาะฝักที่จำหน่ายได้ ขนาดฝัก วัดความกว้างของฝัก ความยาวของฝัก จำนวนแถวเมล็ด และจำนวนเมล็ดสมบูรณ์ต่อฝัก ความเขียวของใบ วัดด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (SPAD 502) ค่าชะลอการเสื่อมสภาพของใบ โดยประเมินจากร้อยละของพื้นที่ใบที่ยังเขียวอยู่ ให้คะแนน 1-9 โดยคะแนน 1 หมายถึง ใบล่างที่ต่ำกว่าฝักแรกทั้งหมดยังเขียวอยู่ คะแนน 9 หมายถึง ใบล่างที่ต่ำกว่าฝักแรกทั้งหมดเหลืองหรือแห้งตาย ประเมินในระยะเก็บเกี่ยวฝักสด สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน เก็บใบบนข้อที่ติดฝักจำนวน 5 ต้นจากแถวคุม ในระยะออกไหม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ เป็นเวลา 72 ชม. แล้วนำมาบดรวมกัน สุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธีเคลดาห์ล (Kjeldahl)

ค่าเฉลี่ยของผลผลิตหลังปอกเปลือก นำมาคำนวณหาค่าดัชนีความทนทานและความอ่อนแอต่อสภาพขาดไนโตรเจน (Shirinzadeh et al, 2010) จากสูตรดังนี้

ค่าดัชนีสภาพขาดไนโตรเจน (nitrogen deficit index; NDI)

$$NDI = (Y_s/Y_p)/(\bar{X}_s/\bar{X}_p)$$

ค่าการลดลงของผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield reduction; RYR)

$$RYR = 1 - (\bar{X}_s/\bar{X}_p)$$

ค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ (low nitrogen tolerance index ; LNTI)

$$LNTI = (Y_p \times Y_s)/X_p^2$$

ค่าดัชนีความอ่อนแอต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ (low nitrogen susceptible index ; LNSI)

$$LNSI = (1-(Y_s/Y_p))/(1-(\bar{X}_s/\bar{X}_p))$$

เมื่อ $\bar{X}_s$ และ $\bar{X}_p$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลผลิตจากทุกจีโนไทป์ในสภาพไนโตรเจนต่ำ และสภาพไนโตรเจนสูง

Y_s และ Y_p คือ ผลผลิตของแต่ละจีโนไทป์ในสภาพไนโตรเจนต่ำ และสภาพไนโตรเจนสูง

ค่าเฉลี่ยผลผลิตหลังปอกเปลือกและปริมาณไนโตรเจนในต้นพืช นำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและองค์ประกอบของประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (Moll et al., 1982) จากสูตร

ค่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (nitrogen use efficiency; NUE)

$$NUE\ (กก.กก.^{-1}N) = NupE \times NutE$$

$$NUE\ (กก.กก.^{-1}N) = \frac{Y_i\ HN - Y_i\ LN}{FHN - FLN}$$

ค่าประสิทธิภาพการดึงไนโตรเจนจากดิน (nitrogen uptake efficiency ; NupE)

$$NupE = \frac{P_i\ HN - P_i\ LN}{FHN - FLN}$$

ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต (nitrogen utilization efficiency; NutE)

$$NutE = \frac{Y_i\ HN - Y_i\ LN}{P_i\ HN - P_i\ LN}$$

เมื่อ Y_i HN และ Y_i LN คือ ผลผลิตของแต่ละจีโนไทป์ในสภาพไนโตรเจนสูง และสภาพไนโตรเจนต่ำ

P_i HN และ P_i LN คือ ปริมาณไนโตรเจนในต้นพืชแต่ละจีโนไทป์ในสภาพไนโตรเจนสูง และสภาพไนโตรเจนต่ำ

FHN และ FLN คือ อัตราปุ๋ยในสภาพไนโตรเจนสูง และสภาพไนโตรเจนต่ำ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม 2 การทดลองในลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี duncant's multiple range test ด้วยโปรแกรม M STAT C และการจัดกลุ่มพันธุ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster analysis) โดยหาสัมประสิทธิ์ความเหมือนกันจากค่าเฉลี่ยลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะเกษตรรวม 14 ลักษณะ ด้วยวิธี Squared Euclidean และจัดพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายกันเข้ากลุ่มโดยวิธี Ward's method และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ด้วยวิธี Pearson's correlation

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลผลิตฝักสดก่อนปอกและหลังปอกเปลือกของข้าวโพดข้าวเหนียว พบว่า ความแปรปรวนของระดับปุ๋ยไนโตรเจน พันธุ์ และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับปุ๋ยไนโตรเจนกับพันธุ์ มีนัยสำคัญ ($P<0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดไร่ ซึ่งปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับระดับของปุ๋ยไนโตรเจนมีนัยสำคัญเช่นกัน พันธุกรรมที่ควบคุมการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Gallais and Hirel, 2004) สำหรับลักษณะขนาดฝัก ได้แก่ ความกว้างของฝักและจำนวนเมล็ดต่อฝัก ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของอัตราปุ๋ย พันธุ์และปฏิกิริยาสัมพันธ์ของอัตราปุ๋ยกับพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นกัน แต่ความยาวของฝัก และจำนวนแถวเมล็ด พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์เท่านั้น อัตราปุ๋ย และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยกับพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ไม่แสดงข้อมูล)

การจัดกลุ่มพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว

การจัดกลุ่มพันธุ์ด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม จำแนกพันธุ์ข้าวโพดออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยพันธุ์ SLP, SLK, HP, RCT, NSW, LH, KWSX, TSW และ SLJ กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพันธุ์ KKU2901, KKU1116, GR484, BW, PEK, SLE, PPT และ WPP กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยพันธุ์ TCS, TCH, NYR, SKT, TPL และ MR8 และ กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยพันธุ์ THT, TBK, TNO และ MP (**Figure 1**)

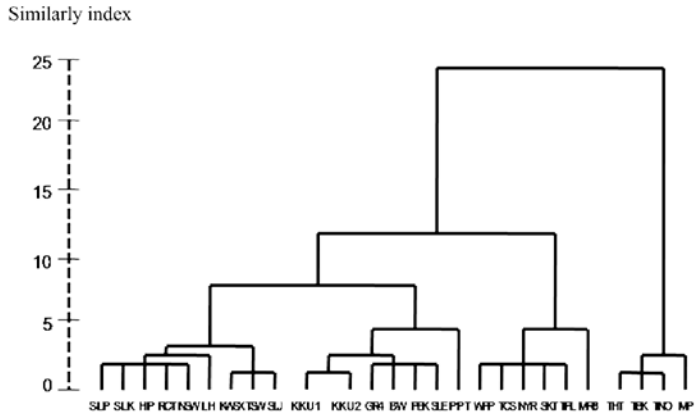

Figure 1 Cluster of 27 varieties of waxy corn for 14 trait means across 2 nitrogen conditions.

กลุ่มที่ 1 และ 2 ให้ผลผลิต และขนาดของฝักไม่แตกต่างกัน ส่วนลักษณะอื่นๆ กลุ่มที่ 1 มีลักษณะความสูงของต้นและความสูงของฝักมากกว่ากลุ่มที่ 2 แต่มีความเขียวของใบน้อยกว่า (**Table 1**) กลุ่มที่ 2 มีดัชนีความทนทานต่อการขาดไนโตรเจนสูงที่สุด (0.76) รองลงมาคือกลุ่มพันธุ์ที่ 1 (0.56) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งสองกลุ่มพันธุ์ให้ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ทั้งในสภาพที่มีไนโตรเจนเพียงพอ และในสภาพที่ขาดไนโตรเจน และเป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดีด้วย ซึ่งสอดคล้องกับในข้าวโพดไร่ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มักมีพันธุกรรมที่สามารถใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hirel, et al., 2001)

กลุ่มที่ 3 และ 4 ให้ผลผลิตต่ำกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 โดยกลุ่มที่ 4 มีผลผลิตต่ำที่สุด ขนาดของฝัก ได้แก่ ความกว้างของฝัก ความยาวของฝัก จำนวนแถวเมล็ดของกลุ่มที่ 3 และ 4 มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีขนาดเล็กกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 โดยเฉพาะความกว้างของฝักและจำนวนแถวเมล็ด กลุ่มที่ 4 เป็นพันธุ์ที่มีอายุออกดอกเร็วที่สุด และมีความสูงของต้นและความสูงของฝักต่ำที่สุด (**Table 1**)

ดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

ในสภาพที่ขาดปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ผลผลิตก่อนปอกเปลือกและหลังปอกเปลือก ความกว้างของฝักและจำนวนเมล็ดต่อฝักลดลง อย่างมีนัยสำคัญ แต่ความยาวของฝักและจำนวนแถวเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาลักษณะทางการเกษตร พบว่าในสภาพที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำ ทำให้อายุออกดอกตัวผู้ อายุออกไหมช้ากว่า และช่วงห่างของการออกดอกตัวผู้กับอายุออกไหมนานขึ้น แต่ความเขียวของใบลดลง (**Table 1**)

พันธุ์ข้าวโพดในกลุ่มที่ 4 เป็นพันธุ์ที่มีฝักขนาดเล็กและอายุออกดอกเร็ว ได้แก่ พันธุ์ THT, TNO, SKT, MP และ TBK เมื่อปลูกในสภาพไนโตรเจนต่ำให้ผลผลิตต่ำกว่าเมื่อปลูกในสภาพไนโตรเจนสูงร้อยละ 11, 18, 27, 33 และ 37 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าดัชนีการขาดไนโตรเจน (NDI) 1.83, 1.71, 1.49, 1.40 และ 1.31 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพันธุ์ดังกล่าวให้ผลผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ในกลุ่มอื่น จึงทำให้มีค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพียง 1.71, 3.71, 8.29, 9.14 และ 7.71 กก./กก.N ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์ในกลุ่มอื่นๆ พันธุ์ THT และTNO มีค่าดัชนีความอ่อนแอต่อการขาดไนโตรเจน (LNSI) 0.22 และ 0.35 แสดงว่าพันธุ์ทั้งสองสามารถปลูกในสภาพไนโตรเจนต่ำได้โดยผลผลิตลดลงไม่มาก การพิจารณาค่าความแตกต่างของผลผลิตในสภาพที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่างกันเพื่อหาค่าดัชนีการขาดไนโตรเจน โดยวิธีนี้พันธุ์ข้าวโพดที่ได้จะเป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยและมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยต่ำ สามารถปลูกในสภาพไนโตรเจนต่ำได้โดยผลผลิตลดลงไม่มาก

Table 1 Group means for yield, ear size and agronomic traits of waxy corn grown in low nitrogen (LN) and high nitrogen (HN) conditions.

Traits	N conditions	Cluster								means across all varieties	
		1		2		3		4			
		mean	SE	mean	SE	mean	SE	mean	SE	mean	SE
Yield with husk (ton/rai)	HN	2.65	0.12	2.85	0.10	2.04	0.09	1.36	0.13	2.38	0.12
	LN	1.33	0.08	1.64	0.12	1.29	0.12	1.10	0.10	1.38	0.06
Husked yield (ton/rai)	HN	1.51	0.08	1.63	0.10	1.11	0.05	0.75	0.09	1.35	0.07
	LN	0.65	0.06	0.84	0.08	0.55	0.08	0.55	0.05	0.67	0.04
Ear length (cm)	HN	14.6	0.3	15.8	0.6	13.9	0.5	13.4	0.2	14.61	0.28
	LN	11.9	0.3	12.9	0.5	12.1	0.3	12.2	0.3	12.27	0.19
Ear width (cm)	HN	44.7	1.1	44.9	1.3	33.4	0.9	33.1	2.7	40.51	1.26
	LN	41.2	0.9	41.1	1.6	32.5	0.8	30.0	2.4	37.58	1.12
number of seed row	HN	14.0	0.3	13.7	0.5	10.9	0.7	10.0	0.9	12.62	0.40
	LN	13.8	0.3	13.5	0.5	10.8	0.7	9.4	0.8	12.39	0.41
Number of seed per ear	HN	400	14	410	14	292	11	247	17	356.44	14.40
	LN	324	12	330	10	275	19	233	12	301.33	9.42
Tassel date	HN	41.0	0.3	40.9	0.3	40.3	0.9	36.4	0.7	40.11	0.39
	LN	42.9	0.4	42.9	0.4	43.0	0.9	37.8	0.3	42.17	0.44
Silking date	HN	42.1	0.3	42.1	0.4	41.3	1.0	36.9	0.6	41.13	0.44
	LN	45.4	0.4	45.1	0.3	45.3	1.2	38.1	0.5	44.20	0.58
Tassel and silking interval	HN	1.2	0.2	1.3	0.2	1.2	0.2	0.5	0.3	1.11	0.11
	LN	2.7	0.2	2.3	0.2	2.5	0.3	0.5	0.3	2.19	0.18
Plant height (cm)	HN	199.2	4.4	177.5	5.9	158.0	4.1	135.5	2.1	174.19	4.94
	LN	186.2	4.2	166.9	6.1	159.3	3.2	132.0	2.5	166.48	4.18
Ear height (cm)	HN	106.8	3.0	95.0	4.2	82.5	3.3	69.3	3.4	92.33	3.10
	LN	98.6	3.3	90.9	3.9	84.8	1.8	65.3	3.1	88.30	2.68
Leaf greenness at R1 stage (spad unit)	HN	52.0	0.7	56.8	1.3	51.2	0.4	49.8	1.1	52.89	0.69
	LN	43.9	0.8	49.1	0.8	46.5	0.9	43.0	1.2	45.89	0.63
Leaf greenness at R3 stage (spad unit)	HN	57.2	0.5	62.0	1.0	55.3	1.1	52.8	1.1	57.56	0.77
	LN	47.1	0.8	52.4	0.9	48.2	2.1	49.0	0.7	49.19	0.72
Stay green	HN	2.3	0.4	1.4	0.3	3.3	0.2	1.4	0.9	2.35	0.18
	LN	8.28	0.17	7.38	0.35	7.42	0.47	6.00	0.58	2.13	0.24
Low nitrogen tolerant index		0.56AB[1/]	0.07	0.76A	0.09	0.33BC	0.05	0.24C	0.05	0.52	0.05
Low nitrogen susceptible index		1.13A	0.07	0.95A	0.10	0.98A	0.16	0.49B	0.12	0.95	0.06
Nitrogen Use Efficiency		24.54A	1.86	22.89AB	3.14	16.05B	3.08	5.57C	1.72	19.35	1.81
Nitrogen Uptake Efficiency		1.38	0.25	1.72	0.20	1.41	0.27	0.58	0.19	1.37	0.13
Nitrogen Utilize Efficiency		20.56	2.59	14.33	2.55	12.93	2.47	9.94	1.18	15.45	1.44

[1/] In a row, means followed by a common letter are not significantly different (P<0.01) base on DMRT.

พันธุ์ WPP, BW, NSW และ KKU1116 มีดัชนีความทนทานต่อการขาดไนโตรเจน (LNTI) สูงสุดสี่ลำดับแรก คือ 1.27, 1.06, 0.95 และ 0.87 ทั้งสี่พันธุ์เป็นพันธุ์ลูกผสม ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ทั้งในสภาพไนโตรเจนต่ำและสภาพไนโตรเจนสูง ยกเว้นพันธุ์ BW ในสภาพไนโตรเจนสูงให้ผลผลิตสูงที่สุด 2.15 ตัน/ไร่ แต่ในสภาพไนโตรเจนต่ำให้ผลผลิตต่ำ จึงอ่อนแอต่อการขาดไนโตรเจน แต่เป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 36.0 กก./กก.N ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพันธุ์ BW เกิดจากข้าวโพดมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต เนื่องจากในสภาพไนโตรเจนสูงความผันแปรของประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชเกือบทั้งหมดมาจากประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต (Kamprath et al., 1982) พันธุ์ PEK และพันธุ์ SLKM มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนรองลงมาคือ 34.57 และ 41.43 กก./กก.N พันธุ์ดังกล่าวมีความแตกต่างของผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยต่างกันมากด้วยเช่นกัน ซึ่งประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชเป็นความสามารถทางพันธุกรรมของพืช (Presterl et al., 2003) ในสภาพที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูง พันธุ์ BW WPP และ PEK ให้ผลผลิตหลังปอกเปลือกสูงที่สุด 3 ลำดับแรก ขณะที่ในสภาพที่ขาดปุ๋ยไนโตรเจน พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด 3 ลำดับแรก คือ พันธุ์ WPP NSW และ KKU1116 (**Table 2**) ดังนั้นในสภาพที่ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนต่างกันทำให้การแสดงออกทางพันธุกรรมของข้าวโพดแตกต่างกัน (Gallais and Hirel, 2004)

สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต ความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

ในสภาพไนโตรเจนต่ำทำให้ผลผลิตเฉลี่ยสัมพัทธ์ของการทดลองลดลง 0.50 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต กับดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า ผลผลิตในสภาพไนโตรเจนสูงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ (0.82**) และค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (0.82**) (**Table 3**) ดังนั้นพันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูง จึงมีแนวโน้มที่ทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ และมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดีด้วย (Hirel et al., 2001) ส่วนผลผลิตในสภาพไนโตรเจนต่ำมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ (0.90**) เช่นกัน การลดลงของผลผลิตเมื่อขาดไนโตรเจนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดัชนีความอ่อนแอต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ (0.89**) และค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (1.00**) โดยเฉพาะประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต (0.69**) ดังนั้นพันธุ์พืชที่อ่อนแอต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ ผลผลิตจะลดลงมากเมื่อขาดไนโตรเจน แต่พันธุ์ดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูง โดยให้ผลผลิตสูงในสภาพไนโตรเจนสูง ค่าดัชนีความอ่อนแอต่อสภาพไนโตรเจนต่ำเป็นค่าที่ตรงข้ามกับค่าดัชนีการขาดไนโตรเจน และไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ ดังนั้นพันธุ์พืชที่ดี ควรเป็นพันธุ์ที่มีค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพไนโตรเจนต่ำ ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ทั้งสองสภาพ ขณะเดียวกันต้องมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดีด้วย การคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในสภาพใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูง จึงสามารถคัดเลือกพืชที่มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ดีได้ และหากให้ผลผลิตที่ดีในสภาพการปลูกที่ขาดไนโตรเจนแสดงว่าพันธุ์ดังกล่าวทนทานต่อการขาดไนโตรเจนด้วย แต่การคัดเลือกพันธุ์พืชที่ดำเนินการในสภาพที่มีไนโตรเจนสูง เพียงสภาพเดียว และขจัดความแตกต่างของระดับไนโตรเจนในแปลงปลูก จึงไม่เห็นความแตกต่างทางพันธุกรรม ของการสะสมไนโตรเจนในพืช และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อเปลี่ยนเป็นผลผลิต (Kamprath et al., 1982) เนื่องจากการประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเมินจากองค์ประกอบหลัก คือประสิทธิภาพการดึงดูดไนโตรเจนระหว่างการเจริญเติบโตด้านลำต้น และประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นสารสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายไนโตรเจนสู่ฝักในระยะเติมเมล็ด (Moll et al, 1982) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับประสิทธิภาพการดึงดูดไนโตรเจนและการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิตมีความสัมพันธ์กันทางบวก

Table 2 Yield in high N (YHN) and low N (YLN) condition, Nitrogen deficit index (NDI), Low nitrogen tolerant index (LNTI), Low nitrogen susceptible index (LNSI), Nitrogen Use Efficiency (NUE), Nitrogen Uptake Efficiency (NUpE) and Nitrogen Utilize Efficiency (NUtE) of 27 waxy corn genotypes.

Entry	VAR	YHN		YLN		YHN-YLN		NDI	LNTI	LNSI	NUpE	NUtE	NUE
		----------(ton/rai)----------									----------$Kg.Kg^{-1}N$ ---------		
1	NSW	1.68	CD[1/]	1.02	AB	0.67	**	1.22	0.95	0.78	1.36	13.85	18.86
2	BW	2.15	AB	0.89	BCD	1.25	**	0.83	1.06	1.16	1.25	28.89	36.00
3	WPP	1.81	BC	1.27	A	0.55	**	1.41	1.27	0.59	1.83	8.45	15.43
4	PEK	1.74	CD	0.53	D-G	1.20	**	0.61	0.51	1.38	1.95	17.69	34.57
5	GR484	1.60	C-F	0.70	B-F	0.90	**	0.88	0.62	1.12	1.93	13.30	25.71
6	KWSX91	1.25	E-J	0.43	EFG	0.83	**	0.69	0.30	1.30	3.37	6.94	23.43
7	KKU1116	1.63	CDE	0.97	ABC	0.66	**	1.20	0.87	0.80	1.39	13.58	18.86
8	KKU2901	1.43	C-H	0.70	B-F	0.73	**	0.99	0.55	1.01	2.88	7.25	20.86
9	TSW	1.08	H-K	0.63	B-F	0.46	**	1.17	0.38	0.83	1.03	12.46	12.86
10	LH	1.74	CD	0.83	B-E	0.92	**	0.95	0.80	1.04	0.89	29.38	26.29
11	HP	1.54	C-G	0.57	C-G	0.97	**	0.75	0.48	1.25	1.12	24.80	27.71
12	SLES	1.19	JK	0.83	B-E	0.36	**	1.40	0.55	0.60	1.31	7.84	10.29
13	RCT	1.60	C-F	0.70	B-F	0.91	**	0.88	0.62	1.12	1.05	24.51	25.71
14	SLJT	1.38	D-I	0.40	FG	0.97	**	0.58	0.30	1.41	1.07	26.15	28.00
15	SLPF	1.63	CDE	0.70	B-F	0.93	**	0.86	0.63	1.13	1.34	19.87	26.57
16	SLKM	1.68	CD	0.58	C-G	1.10	**	0.70	0.54	1.30	1.16	27.10	31.43
17	PPT	1.55	C-G	0.80	B-F	0.75	**	1.04	0.68	0.96	1.21	17.69	21.43
18	NYRE	0.93	JK	0.58	C-G	0.34	*	1.26	0.30	0.75	2.03	4.93	10.00
19	THT	0.53	L	0.47	EFG	0.06	ns	1.79	0.14	0.22	0.15	11.24	1.71
20	TBK	0.73	KL	0.46	EFG	0.27	ns	1.27	0.19	0.73	0.61	12.59	7.71
21	TNO	0.74	KL	0.61	C-G	0.13	ns	1.66	0.25	0.35	0.49	7.59	3.71
22	TCST	1.23	F-J	0.52	D-G	0.70	**	0.85	0.35	1.15	1.02	19.99	20.29
23	SKT	1.06	H-K	0.77	B-F	0.29	ns	1.46	0.45	0.54	0.68	12.20	8.29
24	TCHT	1.20	G-J	0.71	B-F	0.50	**	1.19	0.47	0.81	1.79	7.82	14.00
25	MP	0.98	JK	0.66	B-F	0.32	ns	1.36	0.36	0.65	1.09	8.37	9.14
26	MR8R	1.22	F-J	0.21	G	1.01	**	0.35	0.14	1.64	2.18	13.22	28.86
27	TPL2	1.03	IJK	0.51	D-G	0.51	**	1.00	0.29	1.00	0.76	19.45	14.86
	Mean	1.35		0.67		0.68							
	relative yield reduction =					0.50							

[1/] In a column, means followed by a common letter are not significantly different (P<0.01) base on DMRT.

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively. ns: non significant

Table 3 Correlation coefficient among yield in high N (YHN) and low N (YLN) condition, Nitrogen deficit index (NDI), Low nitrogen tolerant index (LNTI), Low nitrogen susceptible index (LNSI), Nitrogen Use Efficiency (NUE), Nitrogen Uptake Efficiency (NUpE) and Nitrogen Utilize Efficiency (NUtE).

	YHN	YLN	YHN-YLN	NDI	LNTI	LNSI	NUPE	NUTE
YLN	0.52**							
HN-LN	0.83**	-0.05						
NDI	-0.53**	0.41*	-0.89**					
LNTI	0.82**	0.90**	0.37	0.02				
LNSI	0.53**	-0.41*	0.89**	-1.00**	-0.02			
NUPE	0.31	-0.03	0.38*	-0.46*	0.12	0.46*		
NUTE	0.56**	-0.05	0.69**	-0.55**	0.25	0.55**	-0.35	
NUE	0.82**	-0.05	1.00**	-0.89**	0.36	0.89**	0.38*	0.69*

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 4 Correlation coefficient among yield component and low nitrogen tolerant index and nitrogen use efficiency.

traits	NUpE	NUtE	NUE	LNTI	LNSI
EL_H	0.40 *	0.10	0.54 **	0.24	0.43 *
EW_H	0.25	0.49 **	0.65 **	0.70 **	0.42 *
SR_H	0.18	0.38 *	0.45	0.71 **	0.24
SNE_H	0.28	0.42 *	0.62 **	0.65 **	0.39 *
TAD_H	0.40 *	0.29	0.61 **	0.24	0.61 **
SID_H	0.40 *	0.30	0.61 **	0.23	0.62 **
ASI_H	0.17	0.27	0.39 *	0.06	0.43 *
PH_H	0.33	0.45 *	0.71 **	0.38 *	0.58 **
EH_H	0.37	0.43 *	0.74 **	0.30	0.61 **
SP1_H	0.61 **	-0.1	0.39 *	0.65 **	0.18
SP3_H	0.60 **	0.00	0.45 *	0.56 **	0.30
SG3_H	-0.14	0.31	0.12	-0.22	0.21
EL_L	0.12	-0.23	-0.06	0.02	-0.1
EW_L	0.25	0.36	0.5 **	0.77 **	0.26
SR_L	0.16	0.38 *	0.43	0.76 **	0.20
SNE_L	0.07	0.31	0.30	0.66 **	0.08
TAD_L	0.45 *	0.34	0.70 **	0.22	0.72 **
SID_L	0.49 **	0.33	0.70 **	0.22	0.73 **
ASI_L	0.49 **	0.25	0.57 **	0.15	0.67 **
PH_L	0.17	0.45 *	0.58 **	0.31	0.51 **
EH_L	0.22	0.36	0.52 **	0.27	0.46 *
SP1_L	0.38	-0.31	0.02	0.44 *	-0.07
SP3_L	0.06	-0.22	-0.11	0.36	-0.27
SG3_L	0.45 *	0.30	0.66 **	0.16	0.72 **

* and ** : significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

EL = Ear length, EW=Ear width, SR=Seed row, SNE=Number of seed per ear, TAD=Tassel date, SID=Silking date, ASI=Anthesis and silking date interval, LGR1= leaf greenness at R1 stage, LGR3= leaf greenness at R3 stage, SG3= stay green at R3 stage, _H = High N condition and _L= Low N condition

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะการเกษตร

ลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ อายุออกดอก ความสูงของต้นและความสูงของฝัก ในการปลูกทั้งสภาพที่มีปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนสูงและต่ำ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับดัชนีความอ่อนแอต่อการขาดไนโตรเจน ขณะที่ความกว้างของฝัก จำนวนแถว และจำนวนเมล็ดต่อฝักมีความสัมพันธ์ทางบวกกับดัชนีความทนทานต่อการขาดไนโตรเจน และความกว้างของฝักมีความสัมพันธ์ทางบวกกับประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนด้วย สำหรับค่าความเขียวของใบที่วัดด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ พบว่าข้าวโพดที่ปลูกในสภาพไนโตรเจนสูงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับประสิทธิภาพการดึงดูดปุ๋ยไนโตรเจน ขณะที่การคงความเขียวใบทั้งต้นในระยะเก็บเกี่ยวเมื่อปลูกในสภาพขาดไนโตรเจน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและดัชนีความอ่อนแอต่อการขาดปุ๋ยไนโตรเจน (**Table 4**) ในข้าวโพดไร่ ลักษณะ จำนวนฝักต่อต้น การเสื่อมสภาพของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เป็นลักษณะสำคัญที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อเพิ่มผลผลิตเมื่อปลูกพืชในสภาพไนโตรเจนต่ำ (Banzinger and Lafitte, 1997)

สรุป

การประเมินประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดข้าวเหนียว 27 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ข้าวโพดที่ให้ผลผลิตสูง มีขนาดของฝักใหญ่ มีใบเขียวเข้ม ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ทั้งในสภาพไนโตรเจนต่ำและสภาพไนโตรเจนสูง มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดีกว่าพันธุ์ในกลุ่มอื่นๆ ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำ ขนาดของฝักเล็ก ต้นเล็ก และออกดอกเร็ว จะมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ แต่ทนทานต่อการขาดไนโตรเจน สามารถปลูกในสภาพไนโตรเจนต่ำได้โดยผลผลิตลดลงไม่มาก ผลผลิตของข้าวโพดในสภาพไนโตรเจนสูง มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพขาดไนโตรเจน และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนผลผลิตในสภาพไนโตรเจนต่ำมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดัชนีความทนทานต่อสภาพการขาดไนโตรเจนเช่นกัน การลดลงของผลผลิตเมื่อขาดไนโตรเจนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าดัชนีความอ่อนแอต่อสภาพการขาดไนโตรเจน และค่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนโดยเฉพาะประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นผลผลิต ดังนั้นการปลูกข้าวโพดทั้งในสภาพไนโตรเจนสูง และไนโตรเจนต่ำจึงมีความสำคัญ หากต้องการทราบองค์ประกอบของประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถานีวิจัยสวรรคโลก บริษัทกรุงเทพฯ อุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ จำกัดที่ให้อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์เพื่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

วิไลวรรณ พรหมคำ สุขพงษ์ วายุภาพ เพียงเพ็ญ ศรวัติ ธีรศักดิ์ มานุพีรพันธ์ และบุญเกื้อ ภูศรี. 2546. ฐานข้อมูลบันทึกลักษณะของข้าวโพดเทียน ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์นำเข้า. น. 30-37. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 31, วันที่ 11-15 พ.ค. 2546 กรุงเทพฯ.

Bänziger, M. and H. R. Lafitte. 1997. Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. Crop Sci. 37:1110-1117

Carlone, M.R. and W.A. Russell. 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. Crop Sci. 27:465-470

Earl, C.D. and F.M. Ausubel. 1983. The genetic engineering of nitrogen fixation. Nutrition Reviews 41:1-6

Gallais, A. and B. Hirel. 2004. Genetics of plant mineral nutrition : An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. J. Exp. Bot. 55 : 295-306

Fergason, V. 2001. High amylose and waxy corns. P. 63-84. In: A.R. Hallauer (ed). Specialty Corns. CRC Press, Boca Raton.

Hirel, B., P. Bertin, I. Quillere, W. Bourdoncle, C. Attagnant, C. Dellay, A. Gouy, S. Cadiou, C. Retailliau, M. Falque, and A. Gallais. 2001. Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize. Plant Physiology. 125:1258-1270

Kamprath, E.J., R.H. Moll and N. Rodriguez. 1982. Effects of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrid populations of corn. Agronomy J. 74:955-958.

Moll, R.H., E.J. Kamprath and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency to nitrogen utilization. Agronomy. J. 74:562-564.

Pollmer, W.G., D. Eberhard, D. Klein, and B.S. Dhillon. 1979. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. Crop Sci. 19:82-86.

Presterl, T., G. Seitz, M. Landbeck, E.M. Thiemt, W. Schmidt and H.H. Geiger. 2003. Improving nitrogen use efficiency in European maize: estimation of quantitative genetic parameters. Crop Sci. 43:1259-1265.

Shirinzadeh S., R. Zarghami, A.V. Azghandi, M.R. Shiri and M. Mirabdulbaghi. 2010. Evaluation of drought tolerance in mid and late mature corn hybrids using stress tolerance indices. Asian J. of Plant Sci. 9:67-73.

Tilman, D., K.G. Cassman, P.A. Matson, R. Neylor and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418:671-677.