

การคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เหมาะสมต่อการปลูกโดยใช้ Restricted Smith Index ในการเปรียบเทียบเบื้องต้น

Selection of Maize Hybrids Adapted to High Plant Density Using the Restricted Smith Selection Index in Preliminary Trials

ชัยวัฒน์ นันทโชติ^{1*}, สุริพัฒน์ ไทยเทศ², ทศนีย์ บุตรทอง¹, กชกร โรจน์คำลือ¹, อมรรัตน์ ภูโต¹, บุศริน อิมอินทร์¹,
หัตทยา วัฒนพฤกษ์¹, นันทิพย์ จินจันทร¹ และกัลยรัตน์ แดงระยา¹

Chaiyawat Nantachot^{1*}, Suriphat Thaitad², Thadsanee Budthong¹, Kotchakon Rojkhamlue¹,
Amonrat Photo¹, Budsarin Imin¹, Hattaya Wattanapark¹, Namthip Jeenjun¹ and Kanrayarat Taengraya¹

Received date: 4 ก.ย. 68 Revised date: 23 ม.ค. 69 Accepted date: 27 ม.ค. 69

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2026.268839>

บทคัดย่อ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย แต่ปริมาณผลผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ การเพิ่มความหนาแน่นของต้นต่อหน่วยพื้นที่อาจทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บางพันธุ์ให้ผลผลิตสูงขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เหมาะสมกับสภาพปลูกโดยใช้ดัชนีการคัดเลือกแบบกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะ (Restricted Smith Index) โดยลักษณะทางการเกษตรที่ใช้ในการคัดเลือก 12 ลักษณะ ได้แก่ ผลผลิต ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละออเกสรและวันออกไหม สัดส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม เปอร์เซ็นต์ต้นหัก เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย จำนวนฝักต่อต้น เปอร์เซ็นต์การกระเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว คะแนนลักษณะต้น คะแนนลักษณะฝัก และการติดเมล็ดที่ปลายฝัก โดยใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจำนวน 115 คู่ผสม และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ดำเนินการภายใต้สภาพปลูก (70x15 ซม., 15,238 ต้น/ไร่) ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2568 โดยใช้แผนการทดลองแบบ 12 x 10 alpha lattice จำนวน 2 ซ้ำ ผลการวิเคราะห์พบว่า ดัชนีการคัดเลือกแบบกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะสามารถคัดเลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นในสภาพปลูกได้จำนวน 22 คู่ผสม และพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีค่า RSI สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ NSX242048 Pac789 และ NSX242034 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,603-1,633 กิโลกรัมต่อไร่ มีช่วงห่างระหว่างวันสลัดละออเกสรและวันออกไหมใกล้เคียง (0) และมีจำนวนฝักต่อต้นประมาณ 1 ฝักต่อต้น แสดงถึงประสิทธิภาพในการผสมเกสรและการติดฝักที่ดีภายใต้สภาพปลูก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ผ่านการคัดเลือกให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของการทดลอง 141 กิโลกรัมต่อไร่ และมีการตอบสนองทางพันธุกรรม 136 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า RSI สามารถใช้คัดเลือกลักษณะสำคัญหลายลักษณะพร้อมกันได้อย่างเป็นระบบ ช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง มีลักษณะทางการเกษตรดี และสามารถปรับตัวได้ดีภายใต้สภาพปลูกอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การปลูก การคัดเลือกพันธุ์ ดัชนีการคัดเลือกแบบกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะ

Abstract

Maize is an important economic crop in Thailand; however, national production remains insufficient to meet domestic demand. Increasing plant density per unit area may enhance grain yield in certain maize hybrids. This study aimed to select hybrid maize varieties suitable for high-density planting using the Restricted Smith Index (RSI). Twelve agronomic traits were used for selection: grain yield, anthesis-silking interval, ear height to plant height ratio, percentage of lodging, percentage of stalk breakage, percentage of ear rot, ears per plant, shelling percentage, grain moisture at harvest, plant aspect, ear aspect, and kernel set at the ear tip. A total of 115 hybrid crosses and 5 commercial hybrids were evaluated under high-density planting (70 x 15 cm, 15,238 plants/rai) at the Nakhon Sawan Field Crops Research Center during the 2025 dry season, using a 12 x 10 alpha-lattice design with two replications. The results showed that RSI successfully identified 22 hybrids and two commercial hybrids with superior performance under high-density planting. The three hybrids with the highest

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ 60190

² สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Nakhon Sawan 60190

² Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok 10900

* Corresponding author: chaiyawat_sermod@hotmail.com

RSI values, namely NSX242048, Pac789, and NSX242034, produced average yields of 1,603-1,633 kg/rai, exhibited anthesis-silking intervals close to zero, and produced approximately one ear per plant, indicating efficient pollination and good ear-setting ability under high-density planting. The selected hybrids yielded 141 kg/rai higher than the overall trial mean and showed a genetic gain of 136 kg/rai. These findings demonstrate that RSI is an effective tool for simultaneously selecting multiple important traits, enabling the identification of hybrid maize varieties with high yield potential, desirable agronomic characteristics, and strong adaptability under high-density planting conditions.

Keywords: maize, high-density planting, selection of varieties, Restricted Smith Index

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อระบบการเกษตรของประเทศไทย เนื่องจากเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตโคเนื้อ สุกร และสัตว์ปีก จากข้อมูลปี 2567 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 6.18 ล้านไร่ ให้ผลผลิตรวม 4.55 ล้านตัน หรือเฉลี่ย 746 กิโลกรัมต่อไร่ (Office of Agricultural Economics, 2024) อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิตดังกล่าวยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ซึ่งสูงถึง 8.9 ล้านตันต่อปี (Thai Feed Mill Association, 2024) ส่งผลให้ประเทศไทยต้องนำเข้าเมล็ดข้าวโพดหรือใช้วัตถุดิบทดแทนจากต่างประเทศมากกว่า 4 ล้านตันต่อปี (Reuters, 2025) หนึ่งในแนวทางสำคัญในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ การเพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่ หรือที่เรียกว่า การปลูกในสภาพที่มีความหนาแน่นสูง (High Plant Density; HPD) ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อไร่ได้ สอดคล้องกับ Shao et al. (2018) รายงานว่า ผลผลิตต่อเฮกตาร์เพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของต้นเพิ่มจาก 40,000 ต้นต่อเฮกตาร์ เป็น 70,000 ต้นต่อเฮกตาร์ สอดคล้องกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศอเมริกาที่มีความหนาแน่นของข้าวโพดเฉลี่ย 97,500 ต้นต่อเฮกตาร์ (15,600 ต้น/ไร่) (Zhao et al. 2009) และสามารถปลูกที่หนาแน่นได้ถึง 128,000 ต้นต่อเฮกตาร์ (20,400 ต้น/ไร่) สามารถให้ผลผลิตได้ถึง 31.5 ตันต่อเฮกตาร์ (5.04 ตัน/ไร่) (Mastrodomenico et al., 2018) ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในประเทศไทยกว่าเท่าตัวโดยทั่วไปเกษตรกรปลูกข้าวโพดที่ความหนาแน่นเพียง 10,000 – 11,000 ต้น/ไร่ (Department of Agriculture, 2025) อย่างไรก็ตาม การปลูกแบบหนาแน่นมักก่อให้เกิดการแข่งขันระหว่างต้นสูงขึ้น ทั้งด้านแสง น้ำ และธาตุอาหาร ส่งผลให้เกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยาและพันธุกรรมหลายประการ เช่น ในสภาพปลูกที่ พืชมีกีดความสูงต้นมากขึ้น ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหมห่างขึ้น และจำนวนฝักต่อต้นลดลง ซึ่งล้วนเป็นตัวบ่งบอกถึงความเครียดจากการแย่งทรัพยากร ความสามารถของพันธุ์ในการทนต่อความหนาแน่นสูงมักสัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้อง เช่น การคงสภาพความเขียวของใบ (stay-green) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงต่อพื้นที่ใบ และความสามารถต่อการติดฝัก จากกลไกเหล่านี้ทำให้พันธุ์ที่ทนปลูกที่หนาแน่นมีช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหมแคบ การติดเมล็ดที่ปลายฝักดีกว่า และให้ผลผลิตสูงกว่าแม้ภายใต้การแย่งทรัพยากรในระดับสูง ดังนั้นพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั่วไป ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ภายใต้ความหนาแน่นปกติ อาจไม่สามารถให้ผลผลิตสูงภายใต้สภาพการปลูกที่หนาแน่นได้ (Dong et al., 2022) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้มีลักษณะที่เหมาะสมต่อการปลูกหนาแน่นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่น ลักษณะทรงต้น มุมใบ การคงสภาพความเขียวของใบ และระบบรากที่แข็งแรง (Maddonni and Otegui, 2006) ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม และจำนวนฝักต่อต้น ลักษณะเหล่านี้แสดงถึงความสามารถในการทนทานต่อสภาวะเครียด

การคัดเลือกพันธุ์โดยพิจารณาจากลักษณะใดลักษณะหนึ่งเพียงลักษณะเดียว (single-trait selection) มักไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมได้อย่างครบถ้วน จึงมีการนำวิธีการใช้ดัชนีคัดเลือก (Selection Index) เข้ามาช่วย โดยเป็นการรวมค่าการคัดเลือกจากหลายลักษณะเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือกพันธุ์ที่มีศักยภาพสูง (Bänzinger et al., 2000) หนึ่งในดัชนีที่ใช้แพร่หลาย คือ Smith Selection Index (Smith, 1936) และต่อมา Hazel (1943) ได้ปรับปรุงให้สามารถคำนวณได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม ในงานปรับปรุงพันธุ์ที่ต้องการควบคุมลักษณะบางลักษณะให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ขณะเดียวกันยังต้องการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะอื่น ๆ ให้ตอบสนองต่อเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์ ดัชนีแบบกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะ (Restricted Smith Index; RSI) จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เพราะสามารถกำหนดค่า (restrict) การเปลี่ยนแปลงของลักษณะบางลักษณะไม่ให้เพิ่มหรือลดมากเกินไป ในขณะที่ยังคงคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงหรือมีความทนทานต่อสภาพปลูกหนาแน่น Rosielle and Frey (1975) ได้ประยุกต์ใช้ RSI ในการคัดเลือกข้าวโอ๊ต โดยกำหนดข้อจำกัดในลักษณะการออกดอกและความสูงต้น เพื่อรักษาเสถียรภาพของลักษณะดังกล่าวระหว่างที่ปรับปรุงผลผลิตเมล็ด โดยพบว่าประสิทธิภาพของการคัดเลือกโดยใช้ RSI สูงถึงร้อยละ 57 ของการคัดเลือกแบบไม่กำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะ และยังเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ค่า harvest index

เป็นลักษณะรองในดัชนี การใช้ RSI จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ที่ต้องพิจารณาหลายลักษณะพร้อมกัน สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การใช้ RSI จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือก โดยเฉพาะในขั้นตอนการประเมินพันธุ์ ซึ่งกรมวิชาการเกษตรแบ่งขั้นตอนการประเมินพันธุ์ออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบเบื้องต้น (preliminary trial) 2) การเปรียบเทียบมาตรฐาน (standard trial) 3) การเปรียบเทียบในท้องถิ่น (regional trial) และ 4) การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร (farm trial) (Department of Agriculture, 2023) ขั้นตอนการเปรียบเทียบเบื้องต้นเป็นขั้นตอนแรกของการประเมินพันธุ์ซึ่งมักมีจำนวนคู่ผสมมากและจำเป็นต้องคัดเลือกเฉพาะพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงเพื่อเข้าสู่การประเมินขั้นต่อไป นอกจากนี้ ประเทศไทยยังไม่มีรายงานการใช้ RSI ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยตรง การทดลองนี้จึงมุ่งใช้ RSI เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เหมาะสมต่อการปลูกหนาแน่นในขั้นตอนการเปรียบเทียบเบื้องต้น เพื่อคัดเลือกพันธุ์ดีเด่นเข้าสู่การประเมินในขั้นมาตรฐานต่อไป

วิธีการศึกษา

การปลูกทดสอบดำเนินการปลูกประเมินผลผลิตลูกผสม จำนวน 115 คู่ผสม และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เป็นการค้าจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ Pac789, NK6848, P4555 กว.นครสวรรค์ 3 (DOA NS3) และ กว.นครสวรรค์ 4 (DOA NS4) ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ระหว่างวันที่ 13 ธันวาคม 2567 ถึง 3 เมษายน 2568 ปลูกทดสอบภายใต้ระยะปลูกถี่ (70 x 15 เซนติเมตร) โดยวางแผนการทดลอง 12 x 10 Alpha lattice จำนวน 2 ซ้ำ 2 แถว/แปลงย่อย แต่ละแถวยาว 5.10 เมตร หรือปลูก 33 หลุม/แถว ใส่ปุ๋ยรองพื้น 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ พันสารเคมีควบคุมวัชพืช อะทราซีนและอะลาคลอร์หลังปลูกขณะดินมีความชื้นในอัตรา 200 กรัม และ 300 ซีซี/ไร่ ตามลำดับ เมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ ถอนแยก เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยเคมี 21-0-0 อัตรา 37.5 กิโลกรัม/ไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 โดยใช้ปุ๋ย 46-0-0 หยอดข้างต้นข้าวโพด อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์อาทิตย์ละ 1 ครั้ง การปฏิบัติอื่น ๆ จัดการตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุ 110 วัน

การบันทึกข้อมูล ได้แก่ 1) วันออกดอกตัวผู้ (Days to tasseling; DT) 2) วันออกไหม (Days to silking; DS) 3) ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม (Anthesis silking interval; ASI) 4) ความสูงต้น (Plant height; PH (cm)) 5) ความสูงฝัก (Ear height; EH (cm)) 6) สัดส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น (Ear-to-plant height ratio; EPH) 7) เปอร์เซ็นต์ต้นต้นล้ม (Root lodging percentage; RL%) 8) เปอร์เซ็นต์ต้นหัก (Stalk lodging percentage; SL%) 9) จำนวนฝักต่อต้น (Number of ears per plant; EPP) 10) ลักษณะรูปทรงต้น (Plant aspect; PA) เป็นการสังเกตลักษณะอันพึงประสงค์ของลำต้นอันเกิดจากพันธุกรรม ได้แก่ ความสม่ำเสมอของต้นและตำแหน่งฝัก ระบบราก ลักษณะใบรวมถึงการคงความเขียวของใบ (stay green) จะบันทึกโดยการให้คะแนน 1-5 โดยคะแนน 1 = พอใจมากที่สุด ในขณะที่ 3 = พอใจปานกลาง และ 5 = พอใจน้อยที่สุด (Thiraphon, 2025) 11) ลักษณะรูปทรงฝัก (Ear Aspect; EA) เป็นการสังเกตลักษณะอันพึงประสงค์ของฝัก ได้แก่ ขนาด ความกว้าง ความยาว ความสม่ำเสมอ และความสวยงามเป็นต้น โดยให้คะแนน 1-5 ซึ่ง 1 = ฝักมีความสวยงาม มีขนาดความกว้างและความยาวตามที่ตลาดต้องการ ในขณะที่ 3 = ฝักมีขนาดปานกลาง และ 5 = ฝักมีขนาดเล็กมากไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด (Thiraphon, 2025) 12) เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย (Ear rotten; ER%) 13) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ (Shelling percentage; SP%) 14) การติดเมล็ดส่วนปลายฝัก (Tip fill; TF) บันทึกโดยการให้คะแนน 1-5 โดย 1 = เมล็ดติดเต็มถึงปลายฝัก ในขณะที่ 3 = ส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ประมาณ 1-3 เซนติเมตร และ 5 = ปลายฝักไม่ติดเมล็ดมากกว่า 3 เซนติเมตร (Thiraphon, 2025) 15) ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว (Grain moisture; GM%) และ 16) ผลผลิตต่อไร่ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (Grain yield at 15% moisture; GY)

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคัดเลือกข้าวโพดลูกผสมที่ดี และทนทานต่ออัตราปลูกถี่ ใช้ดัชนีการคัดเลือกแบบกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะ (Restricted Smith Index; RSI) โดยใช้โปรแกรม RIndSel: selection indices with R. (Céron-Rojas and Crossa, 2018) โดยแสดงค่าของลักษณะต่างๆ ของคู่ผสม/พันธุ์ที่คัดเลือก ค่าเฉลี่ยของทุกคู่ผสมที่คัดเลือก (mean of selected individuals) ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดลอง (mean of all individuals), ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการคัดเลือก (selection differential) และความเข้มข้นของการคัดเลือก 20 เปอร์เซ็นต์

ดัชนีการคัดเลือกแบบกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะเป็นดัชนีการคัดเลือกหลายลักษณะที่พัฒนามาต่อยอดจาก Smith Selection Index โดยเพิ่มข้อจำกัด (restriction) เพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของลักษณะบางลักษณะให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการศึกษานี้ มีการกำหนดข้อจำกัดให้ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหม มีค่าเป้าหมายใกล้เคียงค่าเฉลี่ยความล้มเหลวในการผสมเกสรภายใต้สภาพปลูกถี่ ขณะที่ลักษณะอื่น ๆ ถูกคัดเลือกตามทิศทางที่สอดคล้องกับพันธุกรรมในอุดมคติซึ่งช่วยให้สามารถปรับปรุงผลผลิตควบคู่ไปกับการรักษาลักษณะสำคัญให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้พร้อมกัน

สภาพภูมิอากาศระหว่างการปลูกเปรียบเทียบเบื้องต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้ความหนาแน่นสูง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตั้งแต่วันที่ 13 ธันวาคม 2567 ถึง 3 เมษายน 2568 (Figure 1) แสดงลักษณะของฤดูแล้งเขตร้อนที่มีฝนตกน้อยมาก โดยมีเพียงฝนเล็กน้อยเป็นครั้งคราวในช่วงเดือนมกราคมและมกราคม ทำให้สภาพความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ และต้องพึ่งการให้น้ำเสริมอย่างสม่ำเสมอ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30–35 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18–22 องศาเซลเซียส โดยช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคมมีอากาศค่อนข้างเย็นแต่จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งตรงกับระยะสำคัญของการออกดอกและผสมเกสรของข้าวโพด ส่วนปริมาณน้ำฝน พบว่า เริ่มมีฝนตกมาในช่วงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ จำนวน 16 มิลลิเมตร และมีฝนตกอีกเล็กน้อยในช่วงต้นเดือนมีนาคม นอกจากนี้ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่มีบางวันที่มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่า 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในช่วงปลายเดือนมกราคม และช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งมีผลต่อการหักล้มของต้นข้าวโพด โดยเฉพาะคู่ผสม/พันธุ์ที่มีความสูงมากหรือตำแหน่งฝักสูง

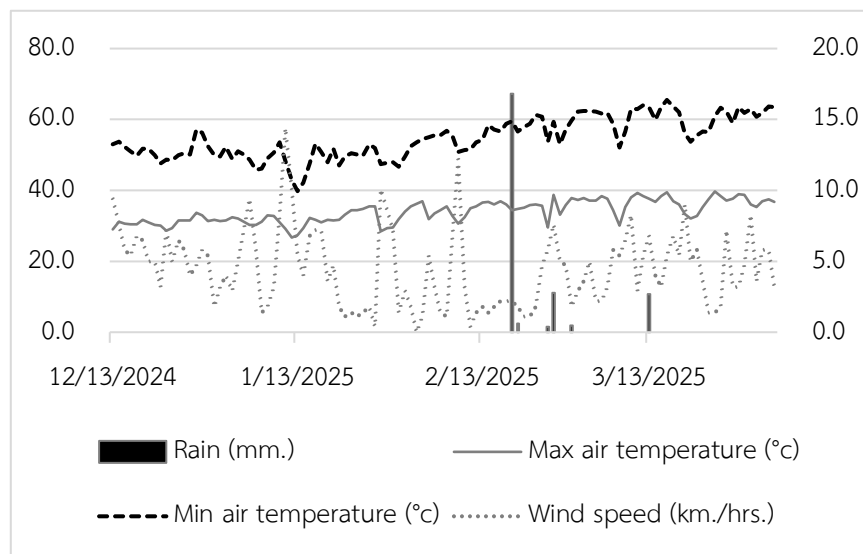


Figure 1 Daily rainfall, temperature, and wind speed during the maize hybrid evaluation under high-density planting at Nakhon Sawan Field Crops Research Center (Dec 13, 2024 – Apr 3, 2025)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้สภาพปลูกที่ พบว่า ลักษณะต่างๆของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจำนวน 11 จาก 12 ลักษณะที่ศึกษา (ยกเว้นเปอร์เซ็นต์ต้นล้ม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหลายลักษณะ (Table 1) โดยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 738–1,637 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,390 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วันออกดอกตัวผู้และวันออกไหมมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 66 วัน ส่งผลให้ช่วงห่างระหว่างวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้เฉลี่ยเท่ากับศูนย์วัน ซึ่งแสดงช่วงเวลาการออกดอกที่เหมาะสมต่อการผสมเกสรและการติดเมล็ดภายใต้สภาพความหนาแน่นของต้นสูง

ความสูงต้นเฉลี่ยของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอยู่ที่ 215 เซนติเมตร ขณะที่ความสูงฝักเฉลี่ยอยู่ที่ 116 เซนติเมตร โดยมีสัดส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้นเท่ากับ 0.54 แสดงว่าตำแหน่งของฝักอยู่สูงกว่ากึ่งกลางลำต้น ซึ่งอาจส่งผลให้ต้นมีความเสี่ยงต่อการล้มเพิ่มขึ้นในสภาพปลูกที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการปลูกหนาแน่น ควรเลือกพันธุ์ที่มีสัดส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้นต่ำ เพื่อเพิ่มความมั่นคงของต้น และลดความสูญเสียจากการล้มก่อนเก็บเกี่ยว

เปอร์เซ็นต์ต้นล้มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มเฉลี่ยต่ำเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์ แต่บางคู่ผสม/พันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ต้นล้มมากถึง 21.76 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ต้นหัก เฉลี่ย 11.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นข้อจำกัดสำคัญในการปลูกภายใต้สภาพความหนาแน่นสูง ปัจจัยนี้อาจสัมพันธ์กับช่วงที่มีลมแรงในเดือนกุมภาพันธ์ (Figure 1) และความแข็งแรงของลำต้นเมื่อเกิดการยืดตัวเพื่อแข่งขันการรับแสง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Maddonni and Otegui (2006) ที่พบว่า คู่ผสม/พันธุ์ที่มีความสูงต้นมาก และมีตำแหน่งฝักสูงมีความเสี่ยงการหักล้มมากขึ้น

จำนวนฝักต่อต้น เฉลี่ย 0.96 ฝัก/ต้น ซึ่งใกล้เคียง 1 แสดงว่ากลุ่ม/พันธุ์ส่วนใหญ่ยังคงศักยภาพการติดฝักแม้ปลูกถี่ อย่างไรก็ตามบางกลุ่ม/พันธุ์มีจำนวนฝักต่อต้นต่ำ 0.76 ฝัก/ต้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ฝักเสีย มีค่าเฉลี่ย 3.31 เปอร์เซ็นต์ แต่บางกลุ่ม/พันธุ์สูงถึง 18.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจสัมพันธ์กับความหนาแน่นสูงทำให้การถ่ายเทอากาศไม่ดี ส่งผลให้เชื้อโรครายในฝักพัฒนาได้ง่ายขึ้น

เปอร์เซ็นต์การกระเทาะมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 80.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่ากลุ่ม/พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ให้สัดส่วนเมล็ดต่อฝักอยู่ในเกณฑ์ดี ขณะที่ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวเฉลี่ยอยู่ที่ 28.4 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มพันธุ์อายุปานกลาง (intermediate variety) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Thiraphon (1996) ที่ระบุว่าข้าวโพดที่อายุปานกลางจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วง 100–110 วันหลังปลูก

ลักษณะรูปทรงต้น พบว่า คະแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.33 คະแนน โดยมีค่าตั้งแต่ 1.00 ถึง 4.00 คະแนน กลุ่ม/พันธุ์ที่ได้คະแนนต่ำ (ดี) มีลักษณะลำต้นแข็งแรง ไม่หักล้ม และไม่มีโรคแมลงเข้าทำลาย ขณะที่กลุ่มพันธุ์ที่ได้คະแนนสูงกว่า 4 มักมีต้นหักล้มมาก อาจเป็นผลมาจากพันธุกรรมและในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ที่ลมแรงตาม Figure 1 ลักษณะรูปทรงฝัก เฉลี่ยอยู่ที่ 2.32 คະแนน แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่มีลักษณะของฝักอยู่ในระดับดีถึงปานกลาง โดยฝักมีความสม่ำเสมอ สีเมล็ดสวย และมีโรคและแมลงศัตรูเข้าทำลายน้อย การติดเมล็ดส่วนปลายฝัก พบว่า คະแนน เฉลี่ย 2.47 คະแนน แสดงว่าพันธุ์ส่วนใหญ่มีการติดเมล็ดปลายฝักในระดับดีถึงปานกลาง แต่ยังไม่สมบูรณ์ โดยข้าวโพดที่ได้คະแนนสูงมักมีปัญหาการผสมเกสรไม่ติดในช่วงปลายฝัก

Table 1 Agronomic characteristics of maize hybrids under high-density planting at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in the dry season 2025

Traits	Max	Min	Mean	LSD (0.05)	CV (%)
Grain yield (kg/rai)	1,637	738	1,390	334	8.58
Day to Tasselling (day)	68	62	66	2.5	1.37
Day to silking (day)	69	63	66	3.0	1.60
ASI (day)	2	-2	0	1.9	116.00
Plant height (cm)	249	170	215	25.7	4.28
Ear height (cm)	142	89	116	17.5	5.37
Ratio of ear height to plant height	0.61	0.47	0.54	0.05	3.57
Root lodging (%)	21.76	0.00	0.46	ns	409.81
Stalk lodging (%)	60.00	0.00	11.1	29.09	93.42
Number of ears per plant	1.07	0.76	0.96	0.15	5.61
Ear rotten (%)	18.35	0.00	3.31	7.86	84.71
Shelling percentage (%)	84.8	73.6	80.0	2.28	1.02
Grain moisture (%)	36.10	20.11	28.42	4.51	5.67
Plant aspect	4.00	1.00	2.33	1.85	28.31
Ear aspect	4.00	1.00	2.32	1.32	20.36
Tip filling	3.00	1.00	2.47	1.19	17.16

ns = not significant at the P = 0.05 level

การคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้สภาพปลูกถี่ ได้มีการกำหนดลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญจำนวน 12 ลักษณะเพื่อใช้ในการสร้าง RSI ได้แก่ 1) ผลผลิต ซึ่งเป็นลักษณะเป้าหมายหลักในการคัดเลือกพันธุ์ (Duvick and Cassman, 1999; Hammer et al., 2009) 2) ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละออเกสรและวันออกไหม ที่บ่งบอกถึงความทนทานต่อความเครียดและการติดฝัก (Bolaños and Edmeades, 1996) 3) สัดส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น ที่มีความสัมพันธ์กับการหักล้ม (Cheng

et al., 2011) 4) เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม 5) เปอร์เซ็นต์ต้นหัก ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญต่อผลผลิตภายใต้การปลูกถี่ (Liu et al., 2012) 6) เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย 7) จำนวนฝักต่อต้น ที่สัมพันธ์กับผลผลิตและบ่งบอกถึงความทนทานต่อสภาวะเครียด (Edmeades and Daynard, 1979) 8) เปอร์เซ็นต์กระเทาะ 9) ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว 10) ลักษณะรูปทรงต้น 11) ลักษณะรูปทรงฝัก ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพโดยรวม (Thiraphon, 2025) และ 12) การติดเมล็ดส่วนปลายฝัก ซึ่งสะท้อนความสมบูรณ์ของการผสมเกสรและการติดเมล็ด (Borrás and Otegui, 2001) โดยกำหนดความเข้มข้นในการคัดเลือกที่ 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อคัดเลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีศักยภาพสูงและทนทานต่อการปลูกในสภาพความหนาแน่นสูงอย่างมีประสิทธิภาพ

การกำหนดค่าน้ำหนักทางเศรษฐกิจ (economic weight) ให้เท่ากันทุกลักษณะ เพื่อให้ RSI มีสัดส่วนที่เท่าเทียมกัน โดยระบุทิศทางการคัดเลือกให้สอดคล้องกับพันธุกรรมในอุดมคติ ได้แก่ ต้องการให้ค่า ผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น และเปอร์เซ็นต์กระเทาะ มีทิศทางไปทางบวกและสูงกว่าค่าเฉลี่ย ในขณะที่ช่วงห่างระหว่างวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ สัดส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม เปอร์เซ็นต์ต้นหัก เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว ลักษณะรูปทรงต้น ลักษณะรูปทรงฝัก และการติดเมล็ดส่วนปลายฝัก ควรมีค่าต่ำหรือมีทิศทางไปทางลบ และกำหนดค่าน้ำหนักเฉพาะช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหมตัวผู้เท่ากับศูนย์ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความล้มเหลวในการผสมเกสรภายใต้ความเครียดจากการปลูกหนาแน่น แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Singamsetti et al. (2023) ที่ใช้ดัชนีแบบหลายลักษณะ (multi-trait index) ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเขตร้อน ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตและความทนทานต่อความเครียดในหลากหลายสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประเมินสมรรถนะของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้สภาพปลูกถี่ โดยใช้ RSI ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคัดเลือกพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงและลักษณะทางการเกษตรที่เหมาะสมต่อระบบการปลูกที่มีความหนาแน่นของต้นสูง ผลการวิเคราะห์จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด 115 คู่ผสม และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ (Table 2 และ Table 3) พบว่า มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ได้รับการคัดเลือกทั้งหมด 24 คู่ผสม/พันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมดีเด่นจำนวน 22 คู่ผสม และพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ มีค่า RSI ระหว่าง 1,016-1,144 โดยพันธุ์ที่มีดัชนีสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ NSX242048 Pac789 และ NSX242034 มี RSI เท่ากับ 1,144 1,139 และ 1,097 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแสดงถึงการมีลักษณะที่ดีหลายลักษณะในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมคู่ผสม/พันธุ์เดียวกัน สอดคล้องกับ Nantachot et al. (2025) ที่ระบุว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีค่า Smith index สูง แสดงว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมมีลักษณะตรงกับความต้องการที่จะคัดเลือกมากที่สุด ในด้านผลผลิต พันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกมีผลผลิตเฉลี่ย 1,531 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดที่ 1,390 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงถึงค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการคัดเลือก เท่ากับ 141 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ค่าความก้าวหน้าในการคัดเลือก เท่ากับ 136 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของกระบวนการคัดเลือกในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้สภาพปลูกถี่ ซึ่งมีข้อจำกัดด้านพื้นที่และมีการแข่งขันระหว่างต้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลักษณะรองที่ใช้ในการคัดเลือก เช่น ช่วงห่างระหว่างวันสลัดละอองเกสรและวันออกไหมพบว่า ลดลงจากค่าเฉลี่ยประชากร 0.06 วัน เหลือ -0.23 วันในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ถูกคัดเลือก บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการผสมเกสรที่ดีขึ้นภายใต้สภาพปลูกถี่ ส่วนจำนวนฝักต่อต้นเพิ่มจาก 0.96 เป็น 0.99 ซึ่งแสดงถึงการติดฝักที่ดีแม้อยู่ในสภาพเครียดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่ผ่านการคัดเลือก สำหรับลักษณะด้านความแข็งแรงของต้น เช่น เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม และต้นหัก มีแนวโน้มลดลงในพันธุ์ที่คัดเลือก โดยเฉพาะค่า เปอร์เซ็นต์ต้นล้มเฉลี่ยลดจาก 0.46 เหลือ 0.19 ซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงของระบบราก และโครงสร้างของต้นภายใต้ความหนาแน่นสูง ส่วนคุณลักษณะฝักและเมล็ด เช่น ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว และเปอร์เซ็นต์กระเทาะ มีแนวโน้มที่ดีขึ้นเล็กน้อย

ผลการใช้ RSI แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกลักษณะหลายด้านสามารถทำได้พร้อมกันในการประเมินครั้งเดียว ช่วยลดอคติจากการพิจารณาเฉพาะได้ลักษณะหนึ่งเพียงอย่างเดียว และเหมาะสมกับการคัดเลือกพันธุ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดและความแปรปรวนสูง ดังนั้น RSI จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมกับระบบปลูกถี่ โดยสามารถระบุพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง โครงสร้างต้นเหมาะสม และมีประสิทธิภาพการติดฝักดี ทั้งนี้ควรนำพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสู่การประเมินในขั้นมาตรฐานต่อไป เพื่อยืนยันเสถียรภาพของพันธุ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

Table 2 Maize hybrids ranked 1–12 selected under high- density planting using the Restricted Smith Index (RSI)

Pedigree	Entry	GY	ASI	EPH	RL	SL	ER	EPP	SP	GM	PA	EA	TF	Smith index
NSX242048	48	1,603	-0.43	0.55	0.03	1.73	7.11	1.01	82.8	32.7	2.91	2.50	2.98	1,144
Pac789	119	1,604	0.11	0.47	1.00	1.79	1.58	0.99	84.3	32.2	1.82	1.00	1.51	1,139
NSX242034	34	1,633	-0.57	0.56	0.03	0.96	1.72	0.99	82.0	31.7	2.41	2.00	2.99	1,097
NSX242079	79	1,531	-1.45	0.50	0.04	25.06	0.13	1.00	77.8	26.0	2.54	1.50	2.01	1,090
NSX242051	51	1,628	-0.04	0.55	0.04	6.07	1.07	0.98	80.2	31.8	3.00	2.00	2.48	1,071
NSX242010	10	1,598	-0.94	0.49	0.01	0.05	0.66	1.02	79.8	30.4	2.06	2.00	3.04	1,071
NSX242077	77	1,507	0.38	0.48	0.04	25.06	0.23	0.99	78.3	29.8	1.49	2.00	3.01	1,065
NSX242050	50	1,524	0.54	0.59	0.03	0.09	5.37	0.96	81.1	32.7	2.99	2.00	3.01	1,064
NSX242032	32	1,519	-0.07	0.54	0.91	0.41	4.64	1.01	82.6	32.7	2.76	2.50	3.01	1,052
NSX242080	80	1,475	-0.95	0.49	0.07	16.28	0.06	0.95	78.8	26.4	1.95	1.50	2.02	1,049
NSX242040	40	1,482	-1.36	0.56	0.00	15.71	1.61	0.96	81.0	31.4	1.48	2.00	2.50	1,046
NSX242053	53	1,586	-0.07	0.56	0.87	1.53	1.50	1.02	83.6	28.3	2.83	2.00	2.48	1,040

Table 3 Maize hybrids ranked 13–24 selected under high-density planting using the Restricted Smith Index (RSI), including summary statistics and expected genetic gain

Pedigree	Entry	GY	ASI	EPH	RL	SL	ER	EPP	SP	GM	PA	EA	TF	Smith index
P4555	120	1,581	-0.39	0.54	0.03	0.52	1.14	0.95	78.6	29.3	1.73	1.50	2.03	1,035
NSX242061	61	1,484	-0.02	0.51	0.61	0.88	4.78	0.99	81.2	29.4	1.82	2.00	1.99	1,030
NSX242052	52	1,556	-1.53	0.56	0.01	0.09	2.15	1.00	82.7	29.1	2.92	3.00	3.00	1,030
NSX242002	2	1,406	0.00	0.55	0.45	8.87	2.44	0.90	84.1	28.8	3.49	2.00	2.03	1,025
NSX242090	90	1,408	0.59	0.53	0.03	2.53	11.92	1.07	77.7	27.8	2.41	2.50	2.49	1,023
NSX242046	46	1,504	-0.44	0.57	0.02	11.97	2.02	0.97	81.2	33.2	2.12	2.50	3.00	1,020
NSX242099	99	1,575	-0.28	0.54	0.50	15.58	1.90	1.07	81.6	26.0	1.98	2.50	2.02	1,018
NSX242031	31	1,421	-0.08	0.54	0.12	1.06	2.56	0.94	83.4	30.2	1.84	2.00	2.98	1,018
NSX242068	68	1,575	-0.01	0.52	0.15	1.46	2.58	0.97	77.6	27.7	2.24	2.00	1.99	1,018
NSX242070	70	1,534	0.56	0.50	0.17	13.40	0.58	1.01	78.2	25.5	1.81	1.50	2.02	1,018
NSX242045	45	1,517	-0.07	0.54	0.04	18.66	0.25	1.02	80.9	31.1	1.98	2.00	2.48	1,018
NSX242003	3	1,501	0.95	0.51	0.82	0.49	1.79	0.95	84.8	33.0	1.90	2.00	2.01	1,016
Mean of Selected Individuals		1,531	-0.23	0.53	0.19	6.94	2.47	0.99	81.0	29.9	2.27	2.02	2.46	
Mean of all Individuals		1,390	0.06	0.54	0.46	7.13	2.04	0.96	80.0	28.4	2.33	2.32	2.47	
Selection Differential		141	-0.29	-0.01	-0.28	-0.19	0.43	0.02	1.05	1.45	-0.06	-0.30	-0.01	
Expected Genetic Gain for 20%		136	-0.04	0.00	0.02	0.79	0.14	0.01	0.89	1.23	0.03	-0.27	-0.06	

Traits included: grain yield (GY), anthesis-silking interval (ASI), ear height to plant height ratio (EPH), root lodging (RL), stalk lodging (SL), ear rot (ER), ears per plant (EPP), shelling percentage (SP), grain moisture (GM), plant aspect (PA), ear aspect (EA), and tip filling (TF). The bottom rows show the mean values of selected individuals, the overall population mean, the selection differential, and the expected genetic gain when selecting the top 20% of genotypes.

Table 4 Agronomic traits correlation among traits measured on the 115 crosses with 5 hybrids check under high-density planting at the Nakhon Sawan Field Crops Research Center in the dry season 2025.

Traits	GY	ASI	EPH	RL	SL	ER	EPP	SP	GM	PA	EA	TF
GY	1.00	-0.08	-0.11	0.01	-0.28**	-0.18**	0.42**	0.23**	0.35**	-0.14*	-0.49**	-0.26**
DT		-0.21**	0.05	-0.01	-0.05	0.17**	0.02	-0.18**	0.31**	-0.14*	0.06	0.11
DS		0.41**	-0.05	-0.04	-0.03	0.20**	0.00	-0.15*	0.28**	-0.09	0.05	0.12
ASI		1.00	-0.16*	-0.05	0.03	0.06	-0.03	0.04	-0.02	0.05	0.00	0.03
PH			0.27**	0.13*	0.04	0.16	0.00	0.09	0.44**	0.14*	-0.08	0.11
EH			0.70**	0.14*	0.08	0.19**	-0.06	0.08	0.32**	0.17**	0.02	0.15*
EPH			1.00	0.06	0.09	0.15*	-0.13*	0.04	-0.01	0.13*	0.14*	0.12
RL				1.00	0.01	0.03	-0.10	-0.04	0.04	0.24**	-0.02	-0.08
SL					1.00	-0.15*	-0.23**	-0.21**	-0.33**	0.09	0.09	0.08
ER						1.00	0.08	-0.04	0.17**	0.16*	0.21**	0.15*
EPP							1.00	0.15*	0.03	-0.26**	-0.05	-0.08
SP								1.00	0.15*	0.11	0.08	-0.01
GM									1.00	0.03	-0.14*	0.05
PA										1.00	0.18**	-0.03
EA											1.00	0.46**
TF												1.00

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Traits included: grain yield (GY), anthesis-silking interval (ASI), ear height to plant height ratio (EPH), root lodging (RL), stalk lodging (SL), ear rot (ER), ears per plant (EPP), shelling percentage (SP), grain moisture (GM), plant aspect (PA), ear aspect (EA), and tip filling (TF).

นอกจากนี้ยังวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมภายใต้การปลูกถั่ว (Table 4) พบว่า ผลผลิต (GY) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ จำนวนฝักต่อต้น (EPP; $r = 0.42^{**}$) เปอร์เซ็นต์กระเทาะ (SP; $r = 0.23^{**}$) และความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว (GM; $r = 0.35^{**}$) แสดงว่าลูกผสม/พันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้นมาก เปอร์เซ็นต์กระเทาะสูง และมีความชื้นขณะเก็บเกี่ยวสูงจะให้ผลผลิตสูงในสภาพปลูกถั่ว ในขณะที่ผลผลิต มีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ต้นหัก (SL; $r = -0.28^{**}$) เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย (ER; $r = -0.18^{**}$) ลักษณะรูปทรงต้น (PA; $r = -0.14^*$) ลักษณะรูปทรงฝัก (EA; $r = -0.49^{**}$) และการติดเมล็ดส่วนปลายฝัก (TF; $r = -0.26^{**}$) ซึ่งชี้ชัดว่าลูกผสม/พันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การล้มน้อย เปอร์เซ็นต์ฝักเสียน้อย คะแนนลักษณะรูปทรงต้น ลักษณะรูปทรงฝัก และการติดเมล็ดส่วนปลายฝักน้อย จะให้ผลผลิตสูงในสภาพปลูกถั่ว สอดคล้องกับการศึกษาของ Nantachot et al. (2025) ที่ระบุว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีผลผลิตสูงภายใต้การปลูกถั่ว จะมีเปอร์เซ็นต์การกระเทาะสูง และมีเปอร์เซ็นต์ต้นหัก เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย คะแนนลักษณะทรงต้น และลักษณะทรงฝักน้อย

สรุปผลการศึกษา

1. จากการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมจำนวน 115 คู่ผสม และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ โดยใช้ RSI ซึ่งพิจารณาลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ พบว่า สามารถคัดเลือกคู่ผสมที่มีศักยภาพสูงได้จำนวน 22 คู่ผสม และพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ โดยมีค่า RSI อยู่ในช่วง 1,016–1,144 คะแนน พันธุ์ที่มีค่า RSI สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ NSX242048 (1,144) Pac789 (1,139) และ NSX242034 (1,097) ให้ผลผลิตระหว่าง 1,603–1,633 กิโลกรัมต่อไร่
2. คู่ผสม/พันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกมีผลผลิตเฉลี่ย 1,531 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของการทดลองทั้งหมด 141 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ค่าการตอบสนองทางพันธุกรรมเท่ากับ 136 กิโลกรัมต่อไร่
3. พันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกยังมีลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ ที่เด่นชัด เช่น ช่วงห่างระหว่างวันออกไหมและวันออกดอก ตัวผู้ต่ำ เปอร์เซ็นต์ต้นล้ม และต้นหักต่ำ คะแนนการติดเมล็ดปลายฝัก รวมถึงคะแนนลักษณะต้น และลักษณะฝักต่ำ ซึ่งสะท้อนถึงความแข็งแรงของต้น ความสม่ำเสมอของฝัก และความเหมาะสมต่อการปลูกในสภาพความหนาแน่นสูง ดังนั้น
4. การใช้ RSI ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดตามเป้าหมายการคัดเลือกสำหรับสภาพปลูกถั่ว สามารถช่วยคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีลักษณะพึงประสงค์ได้อย่างรอบด้าน ทั้งด้านผลผลิตและลักษณะทางการเกษตร ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร และโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และสภาพการผลิต ตลอดจนเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จด้วยดีเสมอมา

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม (idea) และ สมมุติฐาน: ชัยวัฒน์ นันทโชติ การปฏิบัติการวิจัย: การทดลอง ชัยวัฒน์ นันทโชติ หัตยา วัฒนพฤกษ์ นันทิพย์ จินจันทร์ การจัดเก็บข้อมูล: บุศริน อิ่มอินทร์ กัลยรัตน์ แดงระย้า การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: ชัยวัฒน์ นันทโชติ ทศนีย์ บุตรทอง กชกร โรจน์คำสือ อมรรัตน์ ภูโต การวิพากษ์วิจารณ์ผล: ชัยวัฒน์ นันทโชติ การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: ชัยวัฒน์ นันทโชติ.

เอกสารอ้างอิง

- Bänzinger, M., Edmeades, G. O., Beck, D., & Bellon, M. R. (2000). **Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice.** International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).
- Bolaños, J., & Edmeades, G. O. (1996). The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Research*, 48(1), 65-80. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(96\)00036-6](https://doi.org/10.1016/0378-4290(96)00036-6).

- Borrás, L., & Otegui, M. E. (2001). Maize kernel weight response to post flowering source–sink ratio. *Crop Science*, 41(6), 1816-1822. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.1816>.
- Céron-Rojas, J. J., & Crossa, J. (2018). *Linear Selection Indices in Modern Plant Breeding*. Springer Nature.
- Cheng, F., Du, X., Liu, M., Jin, X., & Cui, Y. (2011). Lodging of summer maize and the effects on grain yield. *Journal of Maize Sciences*, 19(1), 105–108. <http://www.ymkx.com.cn/jms/article/abstract/20110123?st=search>.
- Department of Agriculture. (2025). *High-profit Maize Cultivation after Rice*. Retrieved from: <https://www.doa.go.th/fcri/wp-content/uploads/2024/01/2-KMข้าวโพดหลังนา62-สพพ.2.pdf>. (in Thai).
- Department of Agriculture. (2023). *Guidelines for Preparing Documentation for the Submission of Certified and Recommended Varieties*. Department of Agriculture. (in Thai).
- Dong, Y., Feng, Z., Li, T., Farhan, A., Tian, X., Lao, Y., Duan, Y., Si, L., Zhang, X., Xue, J., & Xu, S. (2022). Performance and stability of yield in response to plant density, year and location in maize hybrids of Northwest China. *Technology in Agronomy*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.48130/TIA-2022-0003>.
- Duvick, D. N., & Cassman, K. G. (1999). Post–green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Science*, 39(6), 1622-1630. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961622x>.
- Edmeades, G. O., & Daynard, T. B. (1979). The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. *Canadian Journal of Plant Science*, 59(3), 561-576. <https://doi.org/10.4141/cjps79-095>.
- Hazel, L. N. (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, 28(6), 476-490.
- Hammer, G. L., Dong, Z., McLean, G., Doherty, A., Messina, C., Schussler, J., Zinselmeier, C., Paszkiewicz, S., & Cooper, M. (2009). Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the US Corn Belt?. *Crop Science*, 49(1), 299-312. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.03.0152>.
- Liu, S., Song, F., Liu, F., Zhu, X., & Xu, H. (2012). Effect of planting density on root lodging resistance and its relationship to nodal root growth characteristics in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Science*, 4(12), 182–189. <http://doi.org/10.5539/jas.v4n12p182>.
- Maddonni, G. A., & Otegui, M. E. (2006). Intra-specific competition in maize: Contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field Crops Research*, 97(2-3), 155-166.
- Nantachot, C., Thaitad, S., & Kerdsri, C. (2025). Selection of maize hybrids for high yield and tolerance to high plant density using Smith’s selection index. In *Proceedings of the 41st National Corn and Sorghum Conference*, pp. 159-165. Department of Agriculture, Thailand. (in Thai).
- Mastrodomenico, A. T., Haegele, J. W., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2018). Yield stability differs in commercial maize hybrids in response to changes in plant density, nitrogen fertility, and environment. *Crop Science*, 58(1), 230-241.
- Office of Agricultural Economics. (2024). *Production and Marketing Situation*. Retrieved from: <https://www.opsmoac.go.th/chumphon-dwl-files-471091791226>. (in Thai).
- Reuters. (2025). *Thailand will Cut Tariffs on U.S. Corn Imports, Minister Says*. Retrieved from <https://www.reuters.com/markets/commodities/thailand-will-cut-tariffs-us-corn-imports-minister-says-2025-04-11/>.
- Rosielle, A. A., & Frey, K. J. (1975). Application of Restricted Selection Indices for Grain Yield Improvement in Oats. *Crop Science*, 15(4), 544-547. <https://doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500040028x>.
- Shao, H., Xia, T., Wu, D., Chen, F., & Mi, G. (2018). Root growth and root system architecture of field-grown maize in response to high planting density. *Plant and Soil*, 430(1/2), 395-411.
- Singamsetti, A., Zaidi, P. H., Seetharam, K., Vinayan, M. T., Olivoto, T., Mahato, A., Madankar, K., Kumar, M., & Shikha, K. (2023). Genetic gains in tropical maize hybrids across moisture regimes with multi-trait-based index selection. *Frontiers in Plant Science*, 14(1), 1147424.
- Smith, H. F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, 7(3), 240-250.
- Thai Feed Mill Association. (2024). *Feed Business Magazine, Issue 216*. Retrieved from: <https://www.thaifeedmill.org/ipages/flipbook/27>. (in Thai).
- Thiraphon, R. (1996). *Corn*. Kasetsart University. (in Thai).
- Thiraphon, R. (2025). *Corn On-farm Research*. Kasetsart University. (in Thai).
- Zhao, J. R., Wang, R. H. (2009). Factors promoting the steady increase of American maize production and their enlightenments for China. *Journal of Maize Sciences*, 17(5), 156–159. <http://www.ymkx.com.cn/jms/article/abstract/20090538>.