ความหนาแน่นประชากรและเทคนิคการปลูกแบบแถวคู่ต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานภายใต้ระบบน้ำหยด

Population Density and Double Row Cropping Technique on Seed Yield of Waxy Corn (cv Samlee Esan) under Drip Irrigation System

เชาวลิต สีลาดเลา[1*] และ ประกาศิต ดวงพาเพ็ง[1,2]

Chaowalit Seelatlao[1*] and Prakasit Duangpapeng[1,2]

[1]สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

[2]ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[2]Plant Breeding Research Center for Sustainable Agriculture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

* Corresponding author: chaose@kku.ac.th

Received: date; April 2025 Accepted: date; December 2025 Published: date; December 2025

บทคัดย่อ

ข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสานเป็นข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ผสมเปิดที่มีคุณภาพการบริโภคดีและเป็นที่ต้องการของเกษตรกรรายย่อยมาจนถึงปัจจุบัน การปลูกข้าวโพดเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ภายใต้ระบบน้ำหยดเป็นแนวทางการจัดการที่น่าจะสามารถเพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์และลดปริมาณการใช้น้ำในการผลิตได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความหนาแน่นของประชากรที่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ทำการปลูกทดสอบข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสานที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 12,800 10,240 8,320 และ 7,040 ต้น/ไร่ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ภายใต้ระบบน้ำหยดแบบแถวคู่ ในฤดูแล้ง ปี 2566 (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2566) ณ แปลงทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผลการศึกษาพบว่าความหนาแน่นประชากรไม่มีผลต่อความสูงต้นและความสูงฝัก อายุออกไหมและปล่อยละอองเกสร ความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และเปอร์เซ็นต์ต้นไม่เกิดฝัก แต่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ในลักษณะจำนวนฝักทั้งหมด จำนวนฝักดี ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ดี และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ดีสูงสุด จำนวนฝักทั้งหมดและผลผลิตเมล็ดทั้งหมดมีความสัมพันธ์สูงในทิศทางบวกกับความหนาแน่นประชากร จำนวนฝักดี ผลผลิตเมล็ดดี และผลผลิตเมล็ดสูงสุด แม้การปลูกข้าวโพดที่ระดับความหนาแน่นประชากรสูงทำให้มีจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวได้และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูง แต่การจัดการแปลงค่อนข้างยุ่งยาก การปลูกข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสานแบบแถวคู่ที่มีความหนาแน่นประชากร 8,320 ต้น/ไร่ ภายใต้ระบบน้ำหยดเป็นระดับความหนาแน่นที่แนะนำเพื่อให้การจัดการแปลงปลูกได้สะดวกและไม่กระทบกับผลผลิตเฉลี่ยเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ : ข้าวโพดข้าวเหนียว, การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด, รูปแบบการปลูกพืช, ระยะปลูกพืช, การจัดการการให้น้ำ

Abstract

Waxy corn cultivar ‘Samlee Esan’ is an open-pollinated variety known for its high eating quality and has recently been in demand among small-scale farmers. Producing corn seed using a drip irrigation system may result in high-quality seed and reduce water usage in the seed production process. This study aimed to evaluate the effect of plant density on the seed yield of waxy corn. Waxy corn cv. ‘Samlee Esan’ was evaluated at four plant densities including 12,800, 10,240, 8,320, and 7,040 plants per rai using a randomized complete block design with four replications during the dry season of 2023 (February-May, 2023) at the Research Station, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. The crop was grown using a double-row planting system, and drip irrigation was installed to provide optimal water for crop growth. The results indicated no significant differences among plant densities in terms of plant height, ear height, silking date, anthesis date, ear diameter, ear length, number of seeds per ear, and the percentage of barren plants. Plant densities showed significant differences ($P \leq 0.01$) for total ear number, normal ear number, total seed yield, normal seed yield, and maximum seed yield. Total ear number and total seed yield showed a highly positive correlation with plant density, normal ear number, normal seed yield, and maximum seed yield. Corn grown at high plant densities produced higher harvested ears and greater seed yield, but it is not practical for crop management. A plant density of 8,320 plants/rai by double row cropping system under drip irrigation is recommended for waxy corn cv ‘Samlee Esan’ seed production, as it is practical for field management and does not negatively impact average seed yield.

Keywords: Waxy corn, Corn seed production, Cropping system, Plant spacing, Water management

บทนำ

ข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสาน (Samlee Esan) เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ผสมเปิด (OPV) ซึ่งพัฒนาพันธุ์โดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้เริ่มแจกจ่ายเมล็ดพันธุ์ให้เกษตรกรนำไปทดลองปลูกตั้งแต่ประมาณปี พ.ศ. 2543 เป็นพันธุ์ที่มีฝักใหญ่ ต้นแข็งแรง เมล็ดสีขาวนวล และมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี เกิดจากการผสมพันธุ์เพื่อรวมยีนข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดหวานที่มีลักษณะดีเพื่อให้เมล็ดข้าวเหนียวและหวานแสดงออกร่วมกัน ฝักส่วนใหญ่มีเมล็ดของข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดหวานสัดส่วนประมาณ 3 ต่อ 1 กระจายแทรกในฝักเดียวกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้ผลผลิตข้าวโพดในระยะฝักสดเมื่อผ่านการนึ่งหรือต้มแล้วมีความโดดเด่นด้านคุณภาพการบริโภค มีรสชาติเหนียวนุ่มและหวาน (กมล และสราวุฒิ, 2543: พัชราภรณ์ และนิวัฒน์, 2552) ข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสานยังเป็นที่ต้องการของเกษตรกรทั่วประเทศมาจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ค่อนข้างปรับตัวได้ดีในทุกสภาพแวดล้อมการผลิต ราคาเมล็ดพันธุ์ค่อนข้างถูก และสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ต่อได้ แม้ว่าเกษตรกรจะสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ได้ การผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อรักษาความบริสุทธิ์ของพันธุ์ หรือเพื่อรักษาลักษณะที่ดีตรงตามพันธุ์ และเมล็ดมีคุณภาพสูงยังมีความจำเป็นสำหรับหน่วยงานเพื่อสำรองเมล็ดพันธุ์ที่ดีแก่เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป (Sendekie, 2020)

การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดรูปแบบเดิมของฟาร์มคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นการปลูกแบบแถวเดี่ยวที่มีระยะห่างระหว่างแถว 75-80 ซม. และระยะห่างระหว่างต้น 20-25 ซม. หรือมีความหนาแน่นประชากรข้าวโพดประมาณ 8,000-10,000 ต้น/ไร่ มีการให้น้ำด้วยมินิสปริงเกลอร์ (Mini-sprinkler) ซึ่งเป็นการต่อท่อน้ำไปยังหัวมินิสปริงเกลอร์ที่ถูกวางสูงเหนือผิวดินประมาณ 2 ม. เพื่อให้น้ำกระจายเป็นฝอยด้วยใบหมุนลงสู่ต้นพืชคล้ายเม็ดฝน เป็นระบบการให้น้ำข้าวโพดมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เป็นอย่างดี แต่ระบบดังกล่าวมักจะประสบปัญหาการแข่งขันของวัชพืช เนื่องจากเป็นการให้น้ำที่กระจายตัวของน้ำทั่วทั้งแปลง จึงส่งเสริมให้วัชพืชงอกและเจริญเติบโตแข่งขันกับพืชที่ปลูก โดยเฉพาะในบริเวณช่องว่างระหว่างแถวข้าวโพด ปัญหาดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต และเพิ่มต้นทุนค่าจ้างแรงงานในการกำจัดวัชพืช รวมถึงการกระจายตัวของน้ำไม่ทั่วถึงหรือไม่สม่ำเสมอของการให้น้ำในบางจุดเนื่องจากสภาพลมแรงที่พัดพาหยดน้ำออกนอกพื้นที่ปลูก จำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาของการให้น้ำเพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งอาจจะเป็นข้อจำกัดในฤดูกาลที่มีปริมาณน้ำน้อย

ระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด (Drip irrigation) เป็นการให้น้ำแก่พืชแบบเฉพาะจุดที่น้ำจะถูกปล่อยจากหัวจ่ายลงสู่ดินและซึมผ่านไปบริเวณรากพืชโดยตรง เป็นวิธีการให้น้ำพืชที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสามารถรักษาระดับความชื้นในดินรอบต้นพืชในระดับที่เหมาะสมได้ตลอดเวลา ใช้น้ำน้อย ส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืช เนื่องจากน้ำสามารถละลายปุ๋ยที่ให้บริเวณโคนต้นที่พืชสามารถดูดใช้ได้อย่างเต็มที่ (Lamm, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของรักศักดิ์ และคณะ (2555) ที่พบว่าวิธีการให้น้ำแบบน้ำหยดมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการให้ผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเทียบเท่ากับการให้น้ำแบบร่องคู และระบบน้ำหยดมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบมินิสปริงเกลอร์ ส่วนการเปรียบเทียบวิธีการให้ปุ๋ยร่วมกับวิธีการน้ำในข้าวโพดหวานในสถานีวิจัยและแปลงเกษตรกร พบว่า วิธีการให้ปุ๋ยและน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน แต่การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดสามารถลดการใช้น้ำลงได้ (พนิตนาถ และชูชาติ, 2563)

นอกจากการจัดการน้ำในการผลิตที่เหมาะสมแล้ว ระยะปลูกจัดเป็นเขตกรรมชนิดหนึ่งที่ส่งผลต่อผลผลิตของข้าวโพด โดยระยะปลูกเป็นปัจจัยที่กำหนดความหนาแน่นของประชากรข้าวโพดต่อพื้นที่ที่ส่งผลต่อคุณภาพและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ ความหนาแน่นของประชากรที่สูงเกินไปอาจส่งผลให้เกิดการแข่งขันของต้นพืชที่มีผลต่อการติดฝักและพัฒนาเมล็ดของข้าวโพด หรือความหนาแน่นของประชากรต่ำที่มักจะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี แต่อาจจะส่งผลให้ผลผลิตต่ำที่เป็นผลเนื่องมาจากจำนวนฝักที่เก็บเกี่ยวต่อพื้นที่ต่ำได้เช่นเดียวกัน มีรายงานว่าเมื่อมีจำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความกว้างและความยาวฝัก และน้ำหนักต่อฝักลดลง ถึงแม้ว่าการปลูกในระยะชิดทำให้น้ำหนักต่อฝักน้อยกว่าการปลูกในระยะห่าง แต่การปลูกในระยะชิดมีจำนวนต้นต่อพื้นที่มากกว่า ทำให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าไปด้วย และเมื่อมีจำนวนประชากรข้าวโพดต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้จำนวนฝักต่อพื้นที่ ผลผลิตฝักต่อพื้นที่ และผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (สุปราณี และคณะ 2553) จึงจะเห็นได้ว่าการเขตกรรมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการผลิตข้าวโพด อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวโพดที่มีความหนาแน่นต่างกันอาจส่งผลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืชต่อการให้ผลผลิต ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับการเปลี่ยนแปลงหรือเลือกวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมได้ด้วย

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระยะปลูกที่เหมาะสมในระบบการปลูกที่ให้น้ำแบบน้ำหยดในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสาน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในจัดการการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสานที่มีคุณภาพ หรือการปรับเปลี่ยนระบบการปลูกข้าวโพดเพื่อให้สามารถลดการใช้น้ำและลดต้นทุนการจัดการการผลิตข้าวโพดในอนาคต

วิธีการดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองปลูกผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์สำลีอีสานในสภาพแปลงทดลอง ณ หมวดพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในฤดูแล้งปี 2566 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม พ.ศ. 2566 (Table 1) โดยปลูกข้าวโพดแบบแถวคู่ที่มีการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 6 แถว (3 แถวคู่) ความยาวแถวละ 5 ม. โดยกำหนดทรีตเมนต์ คือ ความหนาแน่นของประชากรของต้นข้าวโพด ซึ่งคำนวนจากระยะห่างระหว่างสายน้ำหยดที่แตกต่างกัน 4 ระยะ คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ระยะห่างระหว่างสายน้ำหยด 75 ซม. หรือมีความหนาแน่นประชากร 12,800 ต้น/ไร่

ทรีตเมนต์ที่ 2 ระยะห่างระหว่างสายน้ำหยด 100 ซม. หรือมีความหนาแน่นประชากร 10,240 ต้น/ไร่

ทรีตเมนต์ที่ 3 ระยะห่างระหว่างสายน้ำหยด 125 ซม. หรือมีความหนาแน่นประชากร 8,320 ต้น/ไร่

ทรีตเมนต์ที่ 4 ระยะห่างระหว่างสายน้ำหยด 150 ซม. หรือมีความหนาแน่นประชากร 7,040 ต้น/ไร่

โดยทุกทรีตเมนต์ใช้ระยะห่างของหัวน้ำหยด 20 ซม. มีระยะห่างระหว่างต้นภายในแถว 25 ซม. และมีระยะห่างระหว่างแถวที่ติดสายน้ำหยด 50 ซม. (Figure 1)

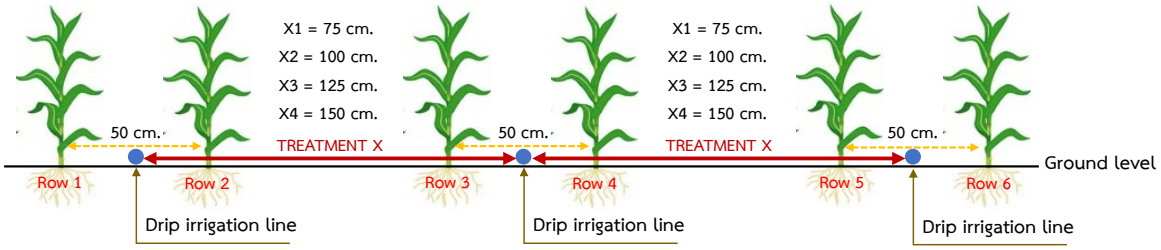

Figure 1 Drip irrigation model and layout of the planting mode for the experiment.

Table 1 Temperature, relative humidity, total rainfall, and evaporation rate during the crop growth period.

Month	Temperature (°C)			Relative humidity (%)			Total rainfall	Evaporation rate
	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	(mm.)	(mm.)
February	33.2	19.7	26.0	91.0	40.0	66.0	0.0	4.2
March	34.9	22.7	28.3	76.2	35.0	55.7	1.5	5.0
April	38.4	26.5	31.7	77.4	37.6	57.6	1.2	6.1
May	36.5	25.7	30.5	89.3	48.4	73.6	7.2	5.4

Source: Northeastern Meteorological Center (2024)

การจัดการแปลงทดลอง

จัดการแปลงทดลองเพื่อให้เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวโพดตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยเตรียมพื้นที่ด้วยการไถดะ ไถแปร และไถพรวนเตรียมดินพร้อมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ รองพื้นก่อนปลูกเพื่อให้ดินมีเหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดและมีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญในระยะแรกของต้นกล้า ทำการปลูกโดยการหยอดเมล็ดอัตรา 3 เมล็ด/หลุม และให้น้ำตามด้วยระบบน้ำหยดในระดับที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพร้อมกับฉีดสารเคมีควบคุมวัชพืชชนิดก่อนวัชพืชงอก เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วันหลังปลูก ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ และกลบโคน

เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 15-15-15 ผสมกันสัดส่วน 1:1 อัตรา 25 กก./ไร่ พร้อมกับการให้น้ำ และเมื่อข้าวโพดถึงระยะออกไหมและปล่อยละอองเกสร หรือประมาณ 45 วันหลังปลูกจะใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-24 อัตรา 25 กก./ไร่ ส่วนการให้น้ำข้าวโพดตลอดระยะการทดลองจะให้น้ำตามความเหมาะสมในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยไม่ให้ข้าวโพดแสดงอาการใบเหี่ยว ในระยะที่ต้นข้าวโพดอายุไม่เกิน 1 เดือน ให้น้ำทุก 2 วัน ครั้งละ 30 นาที หลังจากนั้นจะให้น้ำทุกวัน ครั้งละ 30 นาที ด้วยระบบน้ำหยด และมีการฉีดพ่นสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดหรือศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ตามความเหมาะสม

การบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร จำนวนต้นที่ไม่ติดฝัก จำนวนฝัก องค์ประกอบของฝัก และผลผลิตเมล็ด โดยมีเกณฑ์ในการประเมินเพื่อทำการคัดแยกฝักดีและฝักผิดปกติ (Figure 2A, 2B) รวม 13 ลักษณะ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของลักษณะที่บันทึกตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของลักษณะที่ศึกษาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix10

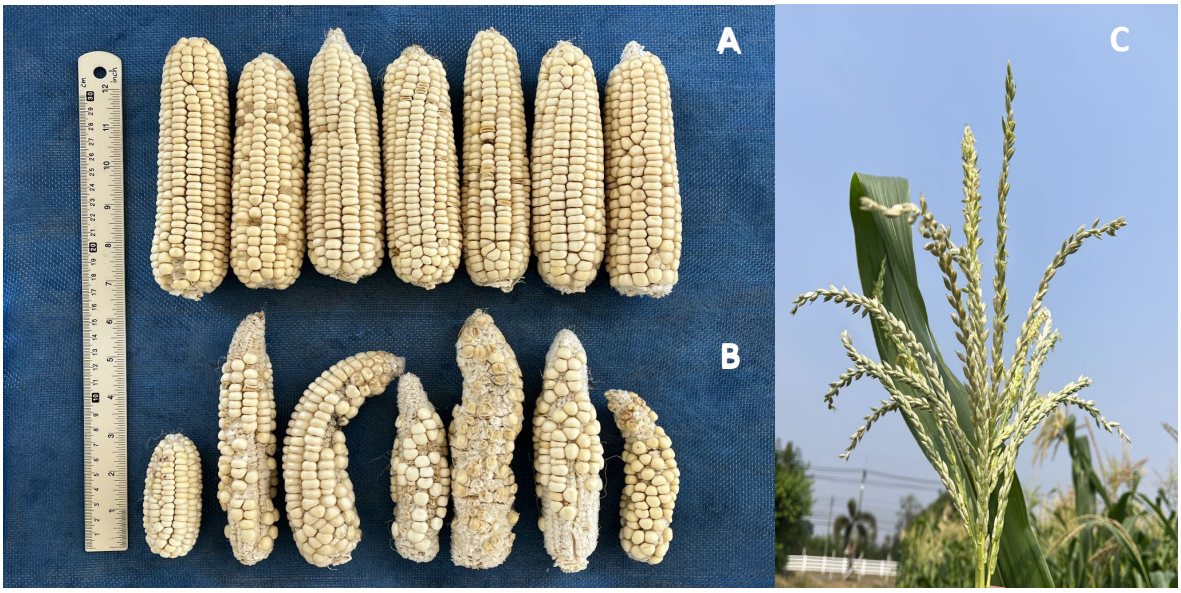

Figure 2 Sample of normal ears (A), abnormal ears (B), and tassel-blasting affected by heat stress (C) of waxy corn cv. ‘Samlee Esan’ grows under different plant densities.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทางการเกษตร จำนวนฝัก และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสาน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานที่ปลูกภายใต้ความหนาแน่นประชากรที่แตกต่างกัน พบว่า ระดับความหนาแน่นของประชากรไม่มีผลต่อความสูงต้นและความสูงฝัก อายุออกไหมและปล่อยละอองเกสร ความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และเปอร์เซ็นต์ต้นไม่เกิดฝัก โดยมีค่าเฉลี่ยลักษณะความสูงต้น 240.1 ซม. ค่าเฉลี่ยความสูงฝัก 125.1 ซม. ค่าเฉลี่ยอายุออกไหม 50.3 วัน และค่าเฉลี่ยอายุปล่อยละอองเกสร 55.5 วัน (Table 2) และมีค่าเฉลี่ยความกว้างฝัก 4.1 ซม. ค่าเฉลี่ยความยาวฝัก 16.3 ซม. ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อฝัก 402.5 เมล็ด และค่าเฉลี่ยจำนวนต้นที่ไม่ติดฝัก 18.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

จากการศึกษาผลของระดับความหนาแน่นประชากรข้าวโพดสำลีอีสานที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ภายใต้ระบบน้ำหยดที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ทำการเก็บเกี่ยวฝักในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity) หรือประมาณ 30 วัน หลังผสมเกสร เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพของฝัก จำนวนฝัก และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ โดยพบว่า จำนวนฝักทั้งหมด (Total ear) และจำนวนฝักดี (Normal ear) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานที่ปลูกภายใต้ระดับความหนาแน่นประชากรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) โดยข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 12,800 ต้น/ไร่ มีจำนวนฝักทั้งหมดและจำนวนฝักดีสูงที่สุด (9,928 และ 6,705 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ) แต่ก็มีเปอร์เซ็นต์จำนวนต้นที่ไม่ติดฝักมากที่สุด (22.4 เปอร์เซ็นต์) ส่วนข้าวโพดที่มีความหนาแน่นประชากร 10,240 8,320 และ 7,040 ต้น/ไร่ จะมีจำนวนฝักทั้งหมดเป็นอันดับรองลงมา คิดเป็น 8,739 6,786 และ 5,703 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ (Figure 3A) ลักษณะจำนวนฝักดีก็ให้ผลในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 10,240 8,320 และ 7,040 ต้น/ไร่ จะมีจำนวนฝักดีคิดเป็น 5,119 4,460 และ 3,905 ฝัก/ไร่ ตามลำดับ (Figure 3B) อย่างไรก็ตาม ประชากรข้าวโพดที่มีความหนาแน่นดังกล่าวแม้จะมีเปอร์เซ็นต์จำนวนต้นที่ไม่ติดฝักไม่แตกต่างทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 12,800 ต้น/ไร่ (Table 2)

Table 2 Plant height, ear height, silking date, and anthesis date of waxy corn cv. 'Samlee Esan' grows under different plant densities.

Plant densities (plant/rai)	Plant height (cm.)	Ear height (cm.)	Silking date (day)	Anthesis date (day)
12,800	247.0±7.0	131.0±6.3	50.3±1.5	55.5±1.0
10,240	238.0±3.7	127.5±3.7	49.5±1.7	55.0±1.2
8,320	239.0±4.9	123.3±5.5	50.3±1.5	55.5±1.0
7,040	236.3±3.6	118.8±6.9	51.0±0.0	56.0±0.0
Mean	240.1	125.1	50.3	55.5
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1.92	4.47	2.44	1.47

ns, non-significant

Table 3 Ear diameter, ear length, number of seeds per ear, and percentage of barren plant of waxy corn cv. 'Samlee Esan' grows under different plant densities.

Plant densities (plant/rai)	Ear diameter (cm.)	Ear length (cm.)	No. of seed (seeds/ear)	Barren plant (%)
12,800	4.2±0.1	16.0±0.5	412.5±25.7	22.4±3.8
10,240	4.2±0.1	16.2±0.6	403.3±19.4	14.7±5.5
8,320	4.1±0.1	16.8±0.5	399.0±22.2	18.4±10.8
7,040	4.1±0.1	16.2±1.2	395.3±35.9	19.0±3.5
Mean	4.1	16.3	402.5	18.6
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.56	2.45	5.73	29.09

ns, non-significant

ลักษณะผลผลิตเมล็ดพันธุ์จากระดับความหนาแน่นของประชากรที่ศึกษา พบว่า จำนวนผลผลิตเมล็ดทั้งหมด (Total seed yield) ผลผลิตเมล็ดดี (Normal seed yield) และผลผลิตเมล็ดดีสูงสุด (Maximum seed yield) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานที่ปลูกภายใต้ความหนาแน่นประชากรที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) โดยข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 12,800 ต้น/ไร่ มีจำนวนผลผลิตเมล็ดทั้งหมด ผลผลิตเมล็ดดี และผลผลิตเมล็ดดีสูงสุดมากกว่าความหนาแน่นประชากรระดับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็น 940 872 และ 1,234 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 10,240 8,320 และ 7,040 ต้น/ไร่ มีจำนวนผลผลิตเมล็ดทั้งหมดลดลงและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (672 600 และ 489 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) (Figure 4A) ส่วนลักษณะผลผลิตเมล็ดดีก็ให้ผลในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากร 10,240 8,320 และ 7,040 ต้น/ไร่ จะมีผลผลิตเมล็ดดีคิดเป็น 794 667 และ 634 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Figure 4B) และข้าวโพดที่มีระดับความหนาแน่นประชากรข้างต้นจะให้ผลผลิตเมล็ดดีสูงสุดคิดเป็น 924 794 และ 667 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Figure 4C)

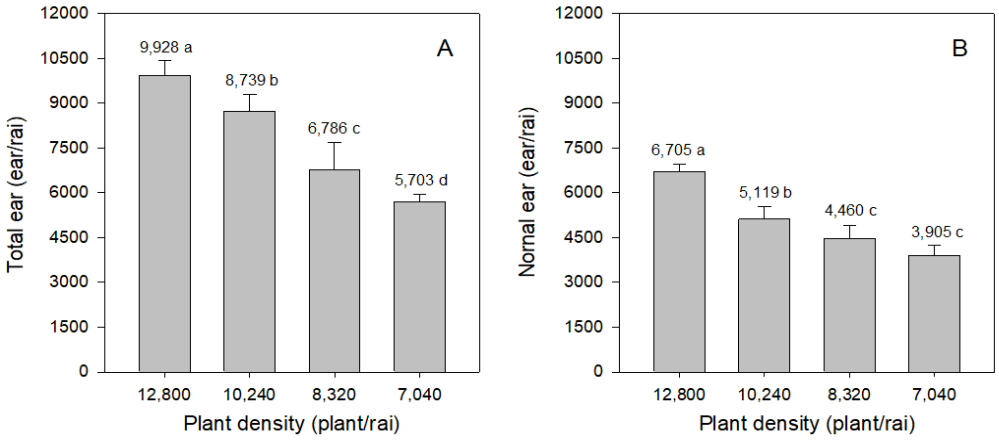

Figure 3 Total ear number (A) and normal ear number (B), of waxy corn cv 'Samlee Esan' grows under different plant densities.

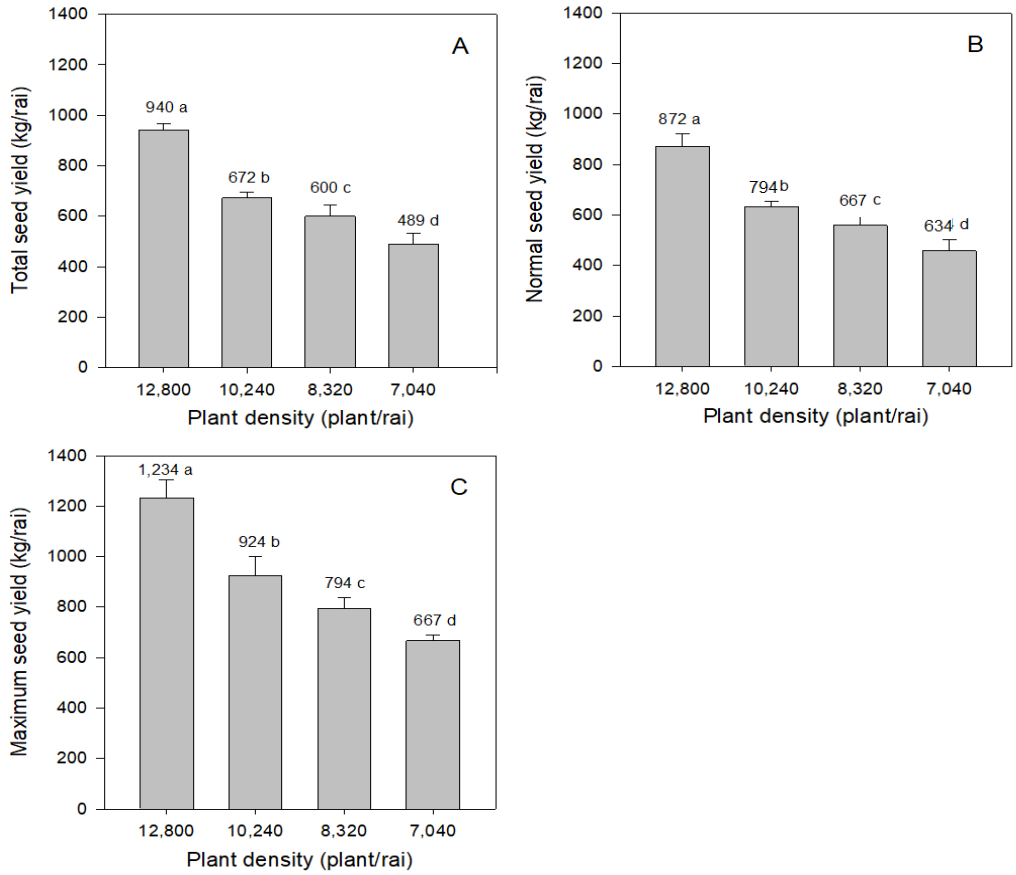

Figure 4 Total seed yield (A), normal seed yield (B), and maximum seed yield (C) of waxy corn cv 'Samlee Esan' grows under different plant densities.

สหสัมพันธ์ของลักษณะของข้าวโพดที่ระดับความหนาแน่นประชากรแตกต่างกัน

การศึกษาสหสัมพันธ์ของความหนาแน่นประชากร จำนวนฝักดี ผลผลิตเมล็ดดี และผลผลิตเมล็ดสูงสุดกับลักษณะ

ต่าง ๆ (Table 4) พบว่า ความหนาแน่นของประชากรมีสหสัมพันธ์สูงในทิศทางบวกกับจำนวนฝักทั้งหมด และผลผลิตเมล็ดทั้งหมด (r=0.94** และ 0.97**) และมีสหสัมพันธ์ปานกลางในทิศทางบวกกับความสูงต้นและความสูงฝัก (r=0.62* และ 0.67** ตามลำดับ) ส่วนจำนวนฝักดีก็ให้ผลในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ จำนวนฝักดีมีสหสัมพันธ์สูงในทิศทางบวกกับจำนวนฝักทั้งหมดและผลผลิตเมล็ดทั้งหมด (r=0.91** และ 0.95**) และมีสหสัมพันธ์ปานกลางในทิศทางบวกกับความสูงต้นและความสูงฝัก (r=0.63** และ 0.64** ตามลำดับ)

ส่วนผลผลิตเมล็ดดีมีสหสัมพันธ์สูงในทิศทางบวกกับจำนวนฝักทั้งหมดและผลผลิตเมล็ดทั้งหมด (r=0.86** และ 0.99**) และมีสหสัมพันธ์ปานกลางในทิศทางบวกกับความสูงต้นและความสูงฝัก (r=0.71** และ 0.71** ตามลำดับ) และเมล็ดพันธุ์สูงสุด พบว่า มีสหสัมพันธ์สูงในทิศทางบวกกับจำนวนฝักทั้งหมดและผลผลิตเมล็ดทั้งหมด (r=0.91** และ 0.96**) และมีสหสัมพันธ์ปานกลางในทิศทางบวกความสูงต้นและความสูงฝัก (r=0.71** และ 0.64** ตามลำดับ) ส่วนลักษณะอื่น ๆ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน (Table 4)

Table 4 Correlation among plant density, normal ear number, normal seed yield, maximum seed yield, and agronomic characters of waxy corn cv. 'Samlee Esan' grows under different plant densities.

Parameters	Plant density	Normal ear number	Normal seed yield	Maximum seed yield
Plant height	0.62*	0.63**	0.71**	0.71**
Ear height	0.67**	0.64**	0.71**	0.64**
Silking date	-0.21^{ns}	-0.12^{ns}	-0.22^{ns}	-0.19^{ns}
Anthesis date	-0.21^{ns}	-0.12^{ns}	-0.22^{ns}	-0.19^{ns}
Ear diameter	0.30^{ns}	0.22^{ns}	0.24^{ns}	0.39^{ns}
Ear length	-0.23^{ns}	-0.18^{ns}	-0.16^{ns}	-0.12^{ns}
Seed per ear	0.27^{ns}	0.19^{ns}	0.25^{ns}	0.39^{ns}
Total ear number	0.94**	0.91**	0.86**	0.91**
Total seed yield	0.97**	0.95**	0.99**	0.96**
Percentage of barren plants	0.16^{ns}	0.10^{ns}	0.28^{ns}	0.14^{ns}

ns non-significant, *, ** significant at P≤0.05 and 0.01, respectively.

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นประชากรข้าวโพดที่ปลูกภายใต้ระบบน้ำหยดนั้นไม่ส่งผลต่อลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบของฝักข้าวโพด (Tables 2 and 3) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานที่ไม่ตอบสนองตามการเปลี่ยนแปลงระดับความหนาแน่นของประชากร อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลการศึกษาจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความสูงต้นและความสูงฝักที่ปลูกในระดับที่มีความหนาแน่นประชากรสูงมีความสูงเพิ่มขึ้นแต่มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lashkari et al. (2011) ที่พบว่าเมื่อประชากรข้าวโพดหนาแน่นขึ้นจะส่งผลให้มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นด้วย แต่องค์ประกอบของฝักซึ่งประกอบด้วยจำนวนเมล็ดต่อแถว จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความกว้างฝัก และความยาวฝักจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อปลูกในระดับความหนาแน่นของประชากรต่ำ อย่างไรก็ตาม ระดับประชากรที่มีความหนาแน่นสูง (12,800 ต้น/ไร่) ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ของต้นที่ไม่ติดฝัก (Table 3) สูงกว่าความหนาแน่นประชากรระดับอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการปลูกข้าวโพดที่มีความหนาแน่นสูงเกินไป จะทำให้การเกิดฝักช้ากว่าการเกิดของช่อดอกเพศผู้ ส่งผลให้การเจริญของฝักและการพัฒนาของเส้นไหมช้าลง การที่เส้นไหมโผล่พ้นฝักช้าจะส่งผลโดยตรงต่อความพร้อมในการผสมเกสรและการพัฒนาเป็นเมล็ด นอกจากนี้ ประชากรข้าวโพดที่หนาแน่นเกินไปยังมีผลต่อสมดุลธาตุอาหาร โดยเฉพาะการขนส่งคาร์บอนและไนโตรเจนไปสู่ฝักจะลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาของเมล็ดหรือทำให้เมล็ดแท้งหลังการผสมเกสร (Sangoi, 2000)

สำหรับจำนวนฝักและผลผลิตเมล็ดดีนั้นมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร (Table 4) แสดงให้เห็นว่าจำนวนต้นต่อพื้นที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตเมล็ด (Figures 3 and 4) เช่นเดียวกับการศึกษาในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ถึงแม้ว่าการปลูกข้าวโพดที่ระดับความหนาแน่นสูงจะมีค่าเฉลี่ยองค์ประกอบผลผลิตต่ำกว่าการปลูกที่ระดับความหนาแน่นต่ำ แต่ที่ระดับความหนาแน่นของประชากรสูงจะให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่า (Lashkari et al., 2011) อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวแตกต่างจากการศึกษาของ El-hendawy et al. (2008) ซึ่งพบว่าผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าวโพดเป็นผลร่วมกันระหว่างระดับความหนาแน่นของประชากรและระบบการให้น้ำพืช การให้น้ำที่มีประสิทธิภาพที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด การเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดในระดับความหนาแน่นประชากร

ข้าวโพดต่ำจะส่งเสริมการเพิ่มผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำในข้าวโพด กล่าวคือ ระดับความหนาแน่นประชากรข้าวโพดต่ำจะส่งผลให้ข้าวโพดมีน้ำหนักฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และผลผลิตเมล็ดสูงกว่าระดับความหนาแน่นประชากรสูง หากมีอัตราการให้น้ำสูงสามารถปลูกข้าวโพดในระดับที่มีความหนาแน่นปานกลางและต่ำได้ แต่หากมีอัตราการให้น้ำปานกลางควรปลูกในระดับความหนาแน่นประชากรต่ำเท่านั้น จะเห็นได้ว่าการเลือกระดับความหนาแน่นประชากรให้เหมาะสมกับระบบการให้น้ำจะส่งผลต่อผลผลิตข้าวโพด

ระบบน้ำหยดเป็นวิธีการให้น้ำข้าวโพดที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำข้าวโพดได้ดีทั้งในสภาพปกติและสภาวะแล้ง (Bozkurt et al. 2011) การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดไม่ส่งผลต่อผลผลิตฝักสดของข้าวโพดหวาน แต่วิธีการดังกล่าวสามารถลดปริมาณการใช้น้ำสูงถึง 58 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองในสถานีวิจัย และลดลง 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร (พนิตนาถ และชูชาติ, 2563) ส่วนการเปรียบเทียบวิธีการให้น้ำหยดในข้าวโพดหมัก (Silage corn) พบว่าการให้น้ำด้วยน้ำหยดบนผิวดิน (Surface drip irrigation) น้ำหยดแบบฝังใต้ดิน (Subsoil drip irrigation) และท่อกระจายฝังใต้ดิน (Subsoil capillary) ไม่ส่งผลต่ออัตราผลผลิตของฝักสดและฝักแห้ง (Karasahin, 2014a) แต่การให้น้ำแบบท่อกระจายฝังใต้ดินส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดหมักสูงที่สุด การให้น้ำหยดแบบฝังใต้ดินและแบบท่อกระจายฝังใต้ดินสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ 7 และ 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำด้วยน้ำหยดบนผิวดิน (Karasahin, 2014b) อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิธีการให้น้ำของข้าวโพดไร่ที่ระดับความหนาแน่นประชากรที่แตกต่างกันด้วยระบบน้ำหยดบนผิวดินทั้งในสภาพแวดล้อมที่แล้ง กึ่งแล้ง และกึ่งชื้น พบว่าการให้น้ำด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวโพด ส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านลำต้นและผลผลิตได้ดี (Wang et al., 2021: Guo et al., 2021: Wang et al., 2022) จึงสามารถนำมาปรับใช้ในการให้น้ำข้าวโพดในสภาพพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านการจัดการน้ำให้แก่พืชได้

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินงานในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่แนะนำสำหรับการปลูกข้าวโพดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการให้น้ำข้าวโพดแบบตามร่อง น้ำราด หรือการให้น้ำผิวดิน (Surface irrigation) เนื่องจากมีอากาศร้อน แห้งแล้ง มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีฝนน้อย และมีอัตราการระเหยของน้ำสูง (Table 1) ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่ข้าวโพดจะแสดงอาการช่อดอกแห้งจากสภาพอากาศที่ร้อนจัดและไม่สามารถออกฝัก ติดเมล็ด หรือให้ผลผลิตได้ (Figure 2B and 2C) อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวโพดแบบแถวคู่ภายใต้ระบบน้ำหยดมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพด คุณภาพผลผลิต คุณภาพเมล็ดพันธุ์ และเป็นวิธีการที่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำ ลดต้นทุนการใช้แรงงาน และความเสี่ยงกับลักษณะสภาพอากาศที่แปรปรวนได้ ทั้งนี้ การศึกษาการจัดการปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำหยด (Fertigation) ในข้าวโพด (Chauhdary et al., 2017) เป็นแนวทางการศึกษาที่สำคัญยิ่งเพื่อที่จะให้ได้องค์ความรู้ที่จะเป็นประโยชน์ด้านการจัดการการผลิตข้าวโพดให้กับหน่วยงาน นักศึกษา เกษตรกร และผู้ที่สนใจในการปลูกข้าวโพดในอนาคตต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานที่ระดับความหนาแน่นประชากรสูงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางการเกษตร แต่ทำให้มีจำนวนฝักทั้งหมดที่เก็บเกี่ยวได้ จำนวนฝักดี และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการปลูกระดับความหนาแน่นประชากรต่ำ แต่ก็มีแนวโน้มทำให้มีจำนวนต้นที่ไม่ติดฝักสูงขึ้นตามไปด้วย แม้ว่าการปลูกที่ระดับความหนาแน่นประชากรสูงจะให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงสุด แต่การปลูกข้าวโพดที่ระดับความหนาแน่นประชากร 8,320 ต้น/ไร่ หรือมีระยะห่างระหว่างสายน้ำหยด 125 ซม. เป็นระดับที่แนะนำเพื่อให้การจัดการแปลงปลูกได้สะดวกและไม่กระทบกับผลผลิตของเมล็ดพันธุ์มากนัก ข้อมูลจากการศึกษานี้จะเหมาะสมกับผู้ผลิตข้าวโพดที่ต้องการใช้เครื่องจักร

ขนาดเล็กทดแทนแรงงานคน ซึ่งเป็นข้อแนะนำที่อาจเหมาะสมกับการผลิตบางพื้นที่ แต่ในการปฏิบัตินั้นผู้ผลิตข้าวโพดสามารถปรับเปลี่ยนระยะปลูกหรือความหนาแน่นของประชากรตามความเหมาะสมของพื้นที่หรือปัจจัยการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีปริมาณและคุณภาพสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการวิจัยเพื่อพัฒนางานประจำ (routine to research: R2R) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2566 (สัญญาเลขที่ R2R-2566-22) และขอขอบคุณสาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์ และสราวุฒิ บุศรากุล. (2543). “สำลีอีสาน” ข้าวโพดเหนียวพันธุ์ใหม่ ตัวอย่างการใช้ความรู้พื้นฐานทางพันธุศาสตร์เพื่อปรับปรุงพันธุ์พืช. ใน: รายงานสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2543. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พนิตนาถ มั่งมูล และชูชาติ สันธทรัพย์. (2563). ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและวิธีการให้น้ำต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร. 36(2), 211-223.

พัชราภรณ์ ภูมิจันทึก และนิวัฒน์ มาศวรรณา. (2552). ระดับความพึงพอใจในพันธุ์ข้าวโพดของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิจัย มข. (บศ.). 9(4), 1-7.

รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, บัญญัติ เศรษฐฐิติ, สมพงษ์ เจษฎาธรรมสถิต และกฤตภัทร คล้ายรัศมี. (2555). ผลของวิธีการให้น้ำต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, สาขาพืช. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. (2567). รายงานข้อมูลอุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน จังหวัดขอนแก่น ประจำเดือนมกราคม-ธันวาคม 2566. ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.

สุปราณี งามประสิทธิ์, โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, สุรพล เข้าฉ้อง และกิ่งกานต์ พานิชนอก. (2553). ผลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อนลูกผสมเดี่ยวที่ไม่ต้องถอดยอดพันธุ์ KBSC605. ใน: การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง ครั้งที่ 4: เรื่องการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและข้าวฟ่างเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bozkurt, S., Yazar, A., and Mansurolu, G.S. (2011). Effects of different drip irrigation levels on yield and some agronomic characteristics of raised bed planted corn. African Journal of Agricultural Research. 6(23), 5291-5300.

Chauhdary, J.N. Bakhsh, A., Arshad, M., and Maqsood, M. (2017). Effect of different irrigation and fertigation strategies on corn production under drip irrigation. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 54(4), 855-863.

El-Hendawy, S.E., El-Lattief, E.A.A. Ahmed, M.S., and Schmidhalter, U. (2008). Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. Agricultural Water Management. 95, 836-844.

Guo, Q., Huang, G., Guo, Y., Zhang, M., Zhou, Y., and Duan, L. (2021). Optimizing irrigation and planting density of spring maize under mulch drip irrigation system in the arid region of Northwest China. Field Crops Research. 266, 108141.

Karasahin, M. (2014a). Effects of different irrigation methods and plant densities on silage quality parameters of PR 31Y43 hybrid corn cultivar (*Zea mays* L. var. *indentata* [Sturtev.] L.H. Bailey). Chilean Journal of Agricultural Research. 74(1), 105-110.

Karasahin, M. (2014b). Effects of different irrigation methods and plant density on silage yield and yield components of PR 31Y43 hybrid corn cultivar. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 38, 159-168.

Lamm, F.R. (2002). Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In: International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation. Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands, Spain.

Lashkari, M., Madani, H., Ardakani, M.R., Golzardi, F., and Zargari, K. (2011). Effect of plant density on yield and yield components of different corn (*Zea mays* L.) hybrids. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 10(3), 450-457.

Sangoi, L. (2000). Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. Ciência Rural. 31(1), 159-168.

Sendekie, Y. (2020). Review on seed genetic purity for quality seed production. International Journal of Scientific Engineering and Science. 4(10), 1-7.

Wang, F., Xiao, J., Ming, B., Xie, R., Wang, K., Hou, P., Liu, G., Zhang, G., Chen, J., Liu, W., Yang, Y., Qin, A., and Li, S. (2021). Grain yields and evapotranspiration dynamics of drip-irrigated maize under high plant density across arid to semi-humid climates. Agricultural Water Management. 247, 106726.

Wang, F., Xue, J., Xie, R., Ming, B., Wang, K., Hou, P., Zhang, L., and Li, S. (2022). Assessing growth and water productivity for drip-irrigated maize under high plant density in arid to semi-humid climates. Agriculture. 12(1), 97.