การประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินที่ 22 จังหวัดอุทัยธานี

สุภาพร สุขโต[1*], ไชยา บุญเลิศ[2], สมบัติ บวรพรเมธี[1], วารุณี ภู่พราหมณ์[1], อรนี อินทร์ทอง[1], ดาวรุ่ง คงเทียน[1] และปรีชา กาเพ็ชร[3]

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี กรมวิชาการเกษตร
[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร
[3]ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
* supaporn.suk@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองพืชในการคาดการณ์ผลผลิตและยกระดับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี เริ่มดำเนินการปี พ.ศ. 2565-2567 ณ ไร่เกษตรกร ตำบลเขากวางทอง และตำบลทุ่งโพ อำเภอหนองฉาง ในกลุ่มชุดดินที่ 22 เขตปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,000-1,200 มิลลิเมตร มีขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์เกษตรกร 2) วิเคราะห์แบบจำลองการผลิตพืช DSSAT4.7 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3) ประเมินความสามารถของแบบจำลองและกำหนดเทคโนโลยี และ 4) ทดสอบเทคโนโลยี ผลการทดลองพบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดพันธุ์ดีคาร์บ9898C และนำมาประเมินความสามารถของแบบจำลองโดยใช้ค่า NRMSE, RMSE และ AI โดยค่า NRMSE, RMSE และ AI พบว่าค่า NRMSE มีค่า 21.92 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และ AI มีค่า 0.99 แสดงว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี จากการวิเคราะห์แบบจำลองจึงได้ข้อมูลเพื่อนำมากำหนดเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี ได้แก่ การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ ดีคาร์บ9898C และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยปรับไนโตรเจนเป็น 1.5 ของค่าวิเคราะห์ และนำมาทดสอบเทคโนโลยี พบว่า ปี พ.ศ. 2565-2567 วิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,361 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 203 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.6 จึงทำให้วิธีทดสอบมีรายได้และผลตอบแทนสูงกว่าวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีรายได้ 14,192 บาทต่อไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 2,165 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.0 และวิธีทดสอบมีผลตอบแทน 8,775 บาทต่อไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 1,867 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 27.0 จึงทำให้มีสัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR) สูงกว่าวิธีเกษตรกรตามไปด้วย เกษตรกรจึงมีความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีในระดับพึงพอใจมากที่สุดร้อยละ 66.2 ดังนั้นการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและปรับปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มชุดดินที่ 22 จังหวัดอุทัยธานีได้

คำสำคัญ: ข้าวโพด การวิเคราะห์แบบจำลอง เทคโนโลยีการผลิต ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

Optimizing Maize Production Following Rice Using Crop Models in Soil Series Group 22 in Uthai Thani Province

Supoporn Sukto[1*], Chaiya Boonlert[2], Sombut Bowonpornmetee[1], Varunee Pooparm[1], Oranee inthong[1], Daorung Kongtien[1] and Preecha Kapetch[3]

[1]Uthaithani Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture
[2]Nakhonsawan, Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture
[3]Chingmai Field Crops Research Center, Department of Agriculture
*supaporn.suk@gmail.com

Abstract

This study aims to enhance maize production in Uthai Thani Province through the application of advanced crop models. Initiated between 2022 and 2024, the project is conducted at farmers' fields in Khao Kwang Thong and Thung Pho of Nong Chang District. These fields belong to Soil Series Group 22, receiving an average annual rainfall of 1,000-1,200 millimeters. The project is structured around four key steps: 1) Comprehensive data collection from local farmers, 2) Decoding DSSAT4.7: Unveiling Maize Genetic Coefficients for Enhanced Crop Production, 3) Model evaluation and technological capability assessment and 4) Field-testing agricultural technologies to ensure practical effectiveness on local farms. Results identified the genetic coefficients of the maize variety D-carb9898C and evaluated the model's efficacy using NRMSE, RMSE, and AI metrics. Analysis indicates strong performance within acceptable limits, particularly noted by the robust AI values. These findings offer valuable insights into selecting optimal technologies for cultivating field corn in Uthai Thani Province, including the cultivation of the D-carb9898C maize variety, precise fertilizer application based on soil analysis, and adjusting nitrogen levels to 1.5 times the recommended amount. Furthermore, the Direct Online Access (DOA) method demonstrated effective maize production during the study period, yielding an average of 1,361 kg/rai—203 kg/rai higher than traditional methods, translating to a 17.6% increase in yield. This increase contributed to higher income and returns, with the DOA method generating 14,192 baht/rai—a notable 18.0% increase compared to traditional methods—and a return of 8,775 baht/rai, marking a 27.0% increase. These findings underscore the economic benefits of adopting innovative methods in agricultural practices. Local farmers in Uthai Thani Province expressed high satisfaction with available technologies, with 66.2% reporting the highest level of satisfaction. By utilizing soil analysis-based fertilizers and adjusting nitrogen levels, farmers can significantly enhance maize yields for field corn in Soil Series Group 22.

Keywords: Corn, Model analysis, Plant production technology, Fertilizer application based on soil analysis

1. บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ มีพื้นที่ปลูกปี พ.ศ. 2564 รวม 6.82 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 4.85 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 728 กิโลกรัม/ไร่ พื้นที่ปลูกลดลงอย่างต่อเนื่องส่งผลทำให้ผลผลิตลดลงเช่นกัน ปี พ.ศ. 2564 จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศ 1.83 ล้านตัน มูลค่า 12,722 ล้านบาท [1] อาจกล่าวได้ว่าไทยมีความต้องการผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากขึ้น แต่ในทางกลับกันพื้นที่ปลูกและผลผลิตกลับลดลง เนื่องจากปัญหาด้านสภาวะแวดล้อม การตอบสนองต่อการผลิตที่แตกต่างกัน การจัดการให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับการศึกษาอย่างจำเพาะเจาะจง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับพื้นที่ ประกอบกับการใช้ข้อมูลสนับสนุนเป็นผู้ช่วยในการตัดสินใจการผลิต เพื่อเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรักษาระดับของผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการได้

การประเมินหรือคาดการณ์การผลิตด้วยการใช้แบบจำลองการผลิตพืชมีมานานกว่า 28 ปีที่ผ่านมา ซึ่งต้องมีข้อมูลเพื่อประกอบการวิเคราะห์แบบจำลอง เช่น ข้อมูลผลผลิตจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับจริง (actual yield) ส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลที่ต่ำกว่าผลผลิตสูงสุดที่ควรจะได้รับตามศักยภาพของพื้นที่ (attainable yield) ซึ่งความแตกต่างของผลผลิต เรียกว่า ช่องว่างของผลผลิต (yield gap) หรือความแตกต่างระหว่างผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพ (potential yield) กับผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงของเกษตรกร (actual yield) [2, 3] โดยผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองในสภาพแวดล้อม เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม และไม่มีปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ส่วนผลผลิตที่ได้จริง เป็นผลผลิตของพืชจากแปลงเกษตรกรที่ได้จากการปลูกพืชในสภาพแวดล้อม และการปฏิบัติดูแลรักษาของเกษตรกรเอง ดังนั้นการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิต (yield gap analysis) [3] จะช่วยเพิ่มโอกาสในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ได้ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบปัจจัยที่จำกัดของการผลิต และสามารถกำหนดแนวทางการยกระดับผลผลิตของเกษตรกรในพื้นที่ได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิต จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรศึกษาวิจัยเพื่อให้สามารถกำหนดปัจจัยที่มีความเชื่อมโยงกับผลผลิตมาพัฒนาเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ ปัจจุบันแบบจำลองพืชเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมและมีการพัฒนาเพื่อใช้ประเมินหรือคาดการณ์ผลผลิตของพืชได้อย่างแม่นยำ หลายชนิดพืช อย่างไรก็ตามต้องมีการปรับแก้และทดสอบแบบจำลองพืชให้สามารถใช้ได้กับสภาพพื้นที่นั้น ๆ ก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการปรับแก้ ทดสอบ และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาด้วยการใช้แบบจำลองการผลิตพืช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองพืชในการคาดการณ์ผลผลิตและยกระดับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี ตลอดจนสามารถนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาให้แก่เกษตรกรในพื้นที่เพื่อการผลิตที่ยั่งยืนต่อไป

2. วิธีวิจัย/วิธีศึกษา

ดำเนินการวิจัย ณ แปลงเกษตรกร ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2567

2.1 วัสดุอุปกรณ์ เครื่องตรวจวัดและบันทึกสภาพอากาศกึ่งอัตโนมัติ เครื่องมือวัดความชื้นดิน โปรแกรมแบบจำลองการผลิตพืช เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปุ๋ยเคมี 18-46-0, 46-0-0, 0-0-60, ปุ๋ยชีวภาพ PGPR-1 สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช อุปกรณ์การให้น้ำพืช แผนที่พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของจังหวัด แผนที่กลุ่มชุดดิน (กรมพัฒนาที่ดิน) แผนที่ภูมิอากาศ [4] คอมพิวเตอร์และโปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศ อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต

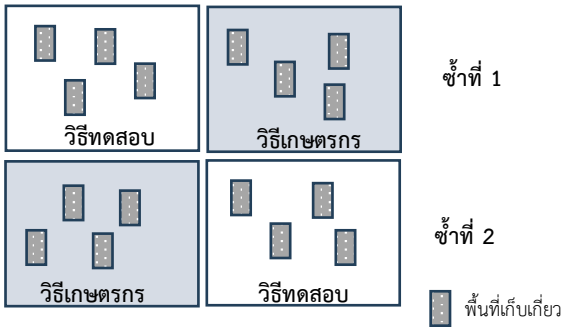
2.2 แผนการทดลอง การทดสอบเทคโนโลยีวางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) มี 2 ซ้ำ 2 กรรมวิธี ได้แก่ วิธีทดสอบ และวิธีเกษตรกร ดำเนินการในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 ราย พื้นที่ปลูกรายละ 2 ไร่ แปลงย่อยมีขนาด 0.25 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 12 ตารางเมตรต่อแปลงย่อย เก็บเกี่ยวผลผลิต 4 จุด (ภาพที่ 1)

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การพัฒนาและทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วยโปรแกรมแบบจำลอง DSSAT4.7 ด้วยการใช้ข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อนำเข้าแบบจำลองดังนี้

2.3.1.1 แปลงเก็บข้อมูล ทำการสุ่มเก็บผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (crop cut) จากแปลงเกษตรกรในพื้นที่จำนวน 10 แปลง แปลงละ 4 จุด แต่ละจุดเก็บในพื้นที่ 12 ตารางเมตร และการใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 30 ราย บันทึกข้อมูลการจัดการแปลง ได้แก่ วิธีการปลูก การเตรียมดิน พันธุ์ วันปลูก ระยะปลูก อัตราปลูก การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช

โรคและแมลง บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ระยะงอก จำนวนต้นงอก ความชื้นดิน ระยะเก็บเกี่ยว และข้อมูลผลผลิต ได้แก่ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และต้นทุนการผลิต



ภาพที่ 1 การวางผังแปลงตามแผนการทดลอง RCB 2 ซ้ำ 2 กรรมวิธี ในแปลงเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มชุดดินที่ 22 จังหวัดอุทัยธานี

2.3.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพด ได้แก่ ค่าอุณหภูมิสะสม (Growing degree days) ตั้งแต่ระยะงอกจนถึงระยะออกดอก (P1) และระยะออกดอกไปจนถึงระยะสุกแก่ (P5) จำนวนเมล็ดสูงสุดต่อต้น (G2) อัตราการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อวัน (G3) และอุณหภูมิสะสม (Growing degree days: GDD) ที่ข้าวโพดใช้ในการสร้างใบได้ 1 ใบ (Phyllochron Interval: PHINT) นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชเพื่อนำเข้าแบบจำลองพืช DSSAT4.7 ร่วมกับฐานข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวัน และข้อมูลสภาพการจัดการแปลงของเกษตรกรตามข้อมูลแปลง crop cut

โดย Growing degree days มีการคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\mathrm{GDD} = \sum_{i=n}^{m} (T_i - T_{base}) \tag{1}$$

$$T_i = (T_{max} + T_{min})/2 \tag{2}$$

เมื่อ T_i คืออุณหภูมิเฉลี่ย (°C) ในวันที่ I ของฤดูกาลเพาะปลูก โดยที่ i = 1, 2, ... m วัน ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิฐานหรือเกณฑ์ (T_{base}, °C) ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก โดย T_{base} ที่ใช้ในการคำนวณในโปรแกรม DSSAT4.7 ครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 8 °C และ T_{max} และ T_{min} คืออุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน (°C) [5]

2.3.1.3 การประเมินความสามารถของแบบจำลอง ด้วยการเปรียบเทียบผลกับผลจากการจำลองและผลที่ได้จาก crop cut ประเมินความสามารถของแบบจำลองโดยใช้ค่า NRMSE (Normalize root mean square error), RMSE (Root mean square error), และ AI (Agreement index) โดยค่า NRMSE, RMSE, และ AI คำนวณจากสูตร

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum(Si-Oi)^2}{N}} \times \frac{100}{\bar{O}} \tag{3}$$

เมื่อ Si คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง และ Oi คือ ค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง ที่เวลา i และ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(S_i-O_i)^2}{N}} \tag{4}$$

เมื่อ Si คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง และ Oi คือ ค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง ที่เวลา i

$$AI = 1 - \frac{\sum(S_i-O_i)^2}{\sum(|S_i-\bar{O}|+|O_i-\bar{O}|)^2} \tag{5}$$

เมื่อ Si คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลอง, Oi คือ ค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างที่เวลา i และ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง

ประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของแบบจำลองประเมินได้จากค่า NRMSE, AI และ RMSE ดังนี้

1) การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในครั้งนี้จะใช้ค่า NRMSE เป็นหลัก เมื่อค่า NRMSE < 10% แสดงว่าประสิทธิภาพของแบบจำลองมีค่าดีมาก เมื่อค่า NRMSE มากกว่าหรือเท่ากับ 10% และน้อยกว่า 20% แสดงว่าประสิทธิภาพของแบบจำลองมีค่าดี เมื่อค่า NRMSE มากกว่าหรือเท่ากับ 20% และน้อยกว่า 30% แสดงว่าประสิทธิภาพของแบบจำลองมีค่าพอใช้ และ เมื่อค่า NRMSE มากกว่าหรือเท่ากับ 30% ประสิทธิภาพของแบบจำลองมีค่าไม่ดี [5]

2) การประมินความสามารถในการทำงานของแบบจำลอง ด้วยการใช้ค่า AI และ RMSE โดยหากค่า AI ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ค่าที่เข้าใกล้ 1 หมายถึง แบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี ส่วนค่า RMSE คือค่าที่ใช้ประเมินความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยระหว่างที่ได้จากแบบจำลองและจากการทดลอง มีค่าตั้งแต่ 0 แบบจำลองสามารถทำนายได้เท่ากับการเก็บตัวอย่าง ไปจนถึงอินฟินิตี้ (+ ∞) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ถูกเลย

2.3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.3.2.1 การใช้แบบจำลองข้าวโพดจำลองการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพการจัดการที่แตกต่างกันได้แก่ พันธุ์ 3 พันธุ์ คือ 1) พันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร 1 พันธุ์ 2) พันธุ์เอกชน 2 พันธุ์ (บริษัทซีพี และ บริษัทแปซิฟิก) วันปลูก 6 วัน ปลูก ได้แก่ 1) วันที่ 1-15 พฤศจิกายน 2) วันที่ 16-30 พฤศจิกายน 3) วันที่ 1-15 ธันวาคม 4) วันที่ 16-30 ธันวาคม 5) วันที่ 1-15 มกราคม 6) วันที่ 16-30 มกราคม อัตราปลูก 4 ระดับ ได้แก่ 1) 8,500-9,500 ต้นต่อไร่ 2) 10,600-11,400 ต้นต่อไร่ 3) 12,500-13,000 ต้นต่อไร่ 4) 13,500 – 14,000 ต้นต่อไร่ การให้น้ำ 5 ระดับ ได้แก่ 1) ปริมาณ 600 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ 2) ปริมาณ 700 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ 3) ปริมาณ 800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ 4) ปริมาณ 900 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ 5) ปริมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ การใส่ปุ๋ย 6 ระดับ ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 2) ใส่ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 2 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 0.75 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 1 5) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 1 และ 6) ใส่ปุ๋ยเคมี 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 1 และวันเก็บเกี่ยว 4 ระดับ ได้แก่ 1) 100 วัน 2) 110 วัน 3) 115 วัน และ 4) 120 วัน ส่วนข้อมูลนำที่จำเป็นต้องนำเข้า ได้แก่ ข้อมูลชุดดิน และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

2.3.2.2 การนำเข้าข้อมูลผลผลิต ให้นำผลผลิตที่ได้จากการจำลองมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย แล้วเลือกเอากลุ่มผลผลิตที่ได้มากกว่าร้อยละ 75 ของผลผลิตสูงสุดมาตรวจสอบข้อมูลการจัดการว่ามาจากเงื่อนไขการจัดการใด แล้วใช้ decision tree model มาวิเคราะห์ เพื่อหาปัจจัยการจัดการที่สำคัญเพื่อนำมากำหนดเป็นเทคโนโลยีเฉพาะพื้นที่

2.3.3 การทดสอบเทคโนโลยี

นำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 2 มาทำการทดสอบเทคโนโลยี ด้วยการเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 2 ซ้ำ ได้แก่ วิธีเกษตรกร และวิธีทดสอบ ดำเนินการทดสอบในพื้นที่เกษตรกรจำนวน 10 ราย รายละ 2 ไร่ แปลงย่อยละ 0.5 ไร่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

2.3.3.1 คัดเลือกเกษตรกร และคัดเลือกพื้นที่ดำเนินการ คัดเลือกเกษตรกรที่สมัครใจเข้าร่วมทดสอบ และคัดเลือกแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี โดยกลุ่มชุดดินที่ 22 ประกอบด้วยชุดดินน้ำกระจาย (Ni) ชุดดินสันทราย (Sai) และชุดดินสีทน (St) เป็นกลุ่มดินร่วนหยาบลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำน้ำเนื้อหยาบ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดแคลนน้ำนาน และน้ำท่วมขังในฤดูฝน [7] เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินดังกล่าวในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี

2.3.3.2 ประชุมชี้แจงโครงการ ประชุมคณะทำงานร่วมกับเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ชี้แจงขั้นตอนและวิธีการทดสอบเทคโนโลยี

2.3.3.3 เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ อินทรียวัตถุ (OM) ปฏิกิริยาดิน (pH) ค่า EC ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)

2.3.3.4 ดำเนินการทดสอบ 2 กรรมวิธี ได้แก่ วิธีทดสอบ และวิธีเกษตรกร วิธีทดสอบเป็นเทคโนโลยีที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลอง เปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกรเป็นเทคโนโลยีของเกษตรกรที่ทำการผลิตข้าวโพดในพื้นที่ (ตารางที่ 1)

2.3.4 การขยายผลเทคโนโลยีด้วยการจัดทำแปลงต้นแบบ จัดทำแปลงต้นแบบเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี เกษตรกรเป้าหมาย 10 ราย รายละ 2 ไร่

2.4 การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลสภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ ข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ประเมินผลความพึงพอใจของเกษตรกร ปัญหาอุปสรรคที่พบในแปลงทดสอบ

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.5.1 วิเคราะห์แบบจำลอง ด้วยการใช้โปรแกรม DSSAT4.7

2.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ผลต่างของผลผลิต (Yield Gap Analysis) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Paired T-test ของ 2 กรรมวิธี จำนวน 2 ซ้ำ วิเคราะห์สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) ข้อมูลด้านสังคม ความพึงพอใจและการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกร

2.6 ระยะเวลา และสถานที่ดำเนินงาน

ดำเนินการ 2 ปี 6 เดือน เริ่มดำเนินการเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ณ แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไร่เกษตรกร ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี

ตารางที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการทดสอบและขยายผลการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินที่ 22 ในพื้นที่ตำบลทุ่งโพและตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2565-2567

เทคโนโลยี	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร
1. ฤดูปลูก	ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา เดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม	ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา เดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม
2. พันธุ์	ดีคาร์บ9898C	ดีคาร์บ9898C
3. การใช้ปุ๋ย	การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และเพิ่มไนโตรเจนเป็น 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์	ใช้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 อัตรา 25-30 กก./ไร่ และ 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่
4. จำนวนประชากร	14,222 ต้น/ไร่	14,222 ต้น/ไร่

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การพัฒนาและทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วยโปรแกรมแบบจำลอง DSSAT4.7 และใช้ข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อนำเข้าแบบจำลองมีผลการวิจัยดังนี้

3.1.1 ผลการสุ่มเก็บข้อมูลจากแปลงเกษตรกร สุ่มเก็บข้อมูลผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ crop cut จากแปลงเกษตรกรในพื้นที่ตำบลทุ่งโพ อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี เป็นแปลงที่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 22 จำนวน 10 แปลง พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีคาร์บ9898C วันปลูกอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม วันเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในช่วง 880-1,785 กิโลกรัม/ไร่ เฉลี่ย 1,242 กิโลกรัม/ไร่

3.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพด การหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการนำเข้าข้อมูลผลผลิตจากแปลง crop cut และการจัดการแปลงของเกษตรกร จำนวน 10 แปลง และข้อมูลการจัดการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากการสัมภาษณ์เกษตรกร จำนวน 30 ราย โดยปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นำเข้าแบบจำลองและจำลองผลผลิต นำผลผลิตที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้จริง ประเมินด้วยค่า NRMSE ปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมจนทำให้ได้ค่า NRMSE มีค่าต่ำที่สุด และ AI เข้าใกล้ 1 พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ Pacific 789 และ ดีคาล์บ 9898C (ตารางที่ 2)

3.1.3 การประเมินความสามารถของแบบจำลอง การนำเข้าและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์แบบจำลองการผลิตพืช DSSAT4.7 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดพันธุ์ดีคาร์บ9898C และนำมาประเมินความสามารถของแบบจำลองโดยใช้ค่า NRMSE (Normalize root mean square error), RMSE (Root mean square error), และ AI (Agreement index) โดยค่า NRMSE, RMSE, และ AI พบว่าค่า NRMSE มีค่า 21.92 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และ AI มีค่า 0.99 ซึ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี (ภาพที่ 2)

3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

นำค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้จากข้อ 3.1.2 นำมาเข้าในแบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อจำลองการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพการจัดการที่แตกต่างกัน จากนั้นนำผลผลิตที่ได้จากการจำลองมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย แล้วเลือกเอากลุ่มผลผลิตที่ได้มากกว่าร้อยละ 75 พบว่าผลผลิตที่ได้มากกว่าร้อยละ 75 ของผลผลิตสูงสุดจาก

แบบจำลอง มีจำนวน 109 เงื่อนไข และจัดการข้อมูลด้วยเทคนิค decision tree model มาช่วยวิเคราะห์ เพื่อหาปัจจัยการจัดการที่สำคัญและนำมากำหนดเป็นเทคโนโลยีเฉพาะพื้นที่ พบว่าปริมาณไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่ใช้สำคัญที่สุด และเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ส่งผลต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะดวกต่อการจัดการ และเหมาะสมกับพื้นที่ คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 1.5 เท่าของปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ปลูกช่วงวันที่ 1-15 ตุลาคม จนถึงวันที่ 1-15 ธันวาคม ใช้จำนวนประชากรตั้งแต่ 8,533 ถึง 21,333 ต้น/ไร่ และสามารถเลือกใช้พันธุ์ได้ทั้ง Pacific 789 และ DK 9898 โดยให้ผลผลิตสูงสุดที่ควรจะได้รับตามศักยภาพของพื้นที่ (attainable yield) 1,324 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นจึงเลือกเงื่อนไขดังกล่าวมาใช้เป็นเทคโนโลยีเพื่อทดสอบเทคโนโลยีในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในพื้นที่กลุ่มชุดดินที่ 22 (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 2 ค่าและสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พันธุ์	P1	P2	P5	G2	G3	PHINT	NRMSE	AI
Pacific 789	265	0.76	985	990	10	39	18.70	0.995
ดีคาล์บ 9898	400	0.50	985	1100	25	45	21.92	0.989

P1 คือ ค่าความร้อนสะสมของพืช (Growing degree days. GDD) ที่ระดับอุณภูมิพื้นฐาน 8 ˚C เป็นค่าที่กำหนดช่วงพัฒนาการตั้งแต่ระยะเมล็ดงอกจนสิ้นสุดระยะความเป็นหนุ่มสาว (End of juvenile)

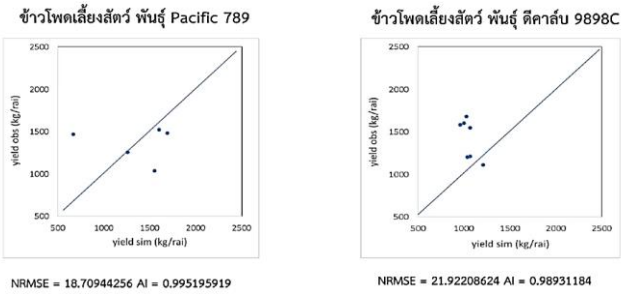
P2 คือค่าแสดงความไวต่อช่วงแสงของข้าวโพดมีค่าระหว่าง 0.0-0.8

P5 คือค่าความร้อนสะสมของพืช (Growing degree days. GDD) ที่ระดับอุณภูมิพื้นฐาน 8 ˚C เป็นค่าที่กำหนดช่วงพัฒนาการตั้งแต่ระยะออกไหมถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

G2 คือค่าแสดงจำนวนเมล็ดสูงสุดของข้าวโพด

G3 คือค่าแสดงอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดสูงสุดต่อวัน (kernel-1/d-1) ประเมินโดยการชั่งน้ำหนักของเมล็ดที่อยู่ตอนกลางของฝัก ทำการสุ่มหลังออกไหม 10 วัน จนถึงระยะสุกแก่ ประมาณ 3 ครั้ง

PHINT คือค่าอุณหภูมิสะสม (Growing degree days) ที่ข้าวโพดใช้ในการสร้างใบได้ 1 ใบ



ภาพที่ 2 ความแม่นยำของแบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ Pacific789 และ ดีคาล์บ9898C

3.3 การทดสอบเทคโนโลยี

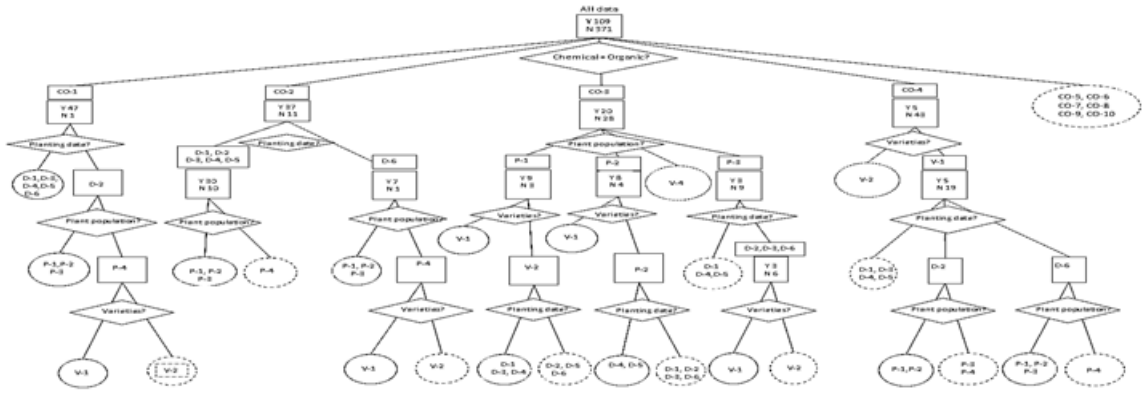
3.3.1 การคัดเลือกเกษตรกร และคัดเลือกพื้นที่ดำเนินการ คัดเลือกเกษตรกรที่สมัครใจเข้าร่วมทดสอบ และคัดเลือกแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ในพื้นที่ตำบลทุ่งโพ อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมการทดสอบในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 10 ราย และ ปี พ.ศ. 2567 จำนวน 10 ราย (ตารางที่ 3) และชี้แจงการดำเนินงาน โดยมีผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่จากกรมส่งเสริมการเกษตรเข้าร่วมการประชุมในครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด 20 ราย ข้าวโพดเลี้ยงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ตำบลทุ่งโพ ตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง เกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคมของทุกปี ซึ่งเป็นฤดูแล้ง และในปี 2564-2566 พบว่ามีปริมาณฝนแล้งทิ้งช่วงนาน ปริมาณน้ำฝนสะสมในพื้นที่รายปี 1,250 1,345 และ 881 มม. ตามลำดับ มีจำนวนวันฝนตกรายปี 98 108 และ 62 วัน ตามลำดับ

3.3.2 การวิเคราะห์ดินก่อนปลูก สุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร จากแปลงเกษตรกร 10 แปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่าสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย มีปฏิกิริยาดิน (pH) อยู่ในช่วง 5.05-6.94 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด มีค่า EC อยู่ในช่วง 0.02-0.10 ds/m at 25 °C ซึ่งมีค่าความเค็มไม่เกิน 3.5 ds/m at 25 °C เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด มีอินทรียวัตถุ (OM) อยู่ในช่วง 0.90-1.46% ซึ่งถือว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) อยู่ในช่วง 32-154 ppm ถือว่ามีฟอสฟอรัสในดินปริมาณค่อนข้างสูง และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) อยู่ในช่วง 23-104 ppm แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับต่ำจนถึงสูง (ตารางที่ 3) [6]

3.3.3 ผลการทดสอบเทคโนโลยี

3.3.3.1 ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) จากการทดสอบเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินที่ 22 ในพื้นที่ตำบลทุ่งโพและตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2565-2567 พบว่า วิธีทดสอบ ได้แก่ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนเป็น 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ ร่วมกับการใช้พันธุ์ดีคาร์บ9898C ปี พ.ศ. 2565-2566 ให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีเกษตรกร โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,022 และ1,483 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตในแปลงเกษตรกร 195 และ 225 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 26.0 และ 17.9 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 4)

3.3.3.2 ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ จากแปลงทดสอบ พบว่าวิธีทดสอบมีผลผลิตสูงกว่าวิธีเกษตรกร อย่างไรก็ตามเมื่อมาพิจารณาต้นทุนการผลิต พบว่าการทดสอบเทคโนโลยี ปี 2565-2566 วิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 5,395 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 435 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.8 ส่วนรายได้ พบว่าวิธีทดสอบ มีรายได้เฉลี่ย 14,458 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 2,421 บาท คิดเป็นร้อยละ 20.1 ผลตอบแทนเฉลี่ย 9,063 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 1,986 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 28.1 สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (Benefit costs ratio : BCR) พบว่าวิธีทดสอบมี BCR เฉลี่ย 2.8 สูงกว่าวิธีเกษตรกร 0.3 คิดเป็นร้อยละ 10.7 จากผลการทดสอบ วิธีทดสอบมีต้นทุน รายได้ ผลตอบแทน และสัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน สูงกว่าวิธีเกษตรกรและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทุกรายการ (ภาพที่ 4)



D1= Planting date 1-14 Oct.
D2= Planting date 15-30 Oct.
D3= Planting date 1-14 Nov.
D4= Planting date 15-30 Nov.
D5= Planting date 1-14 Dec.
D6= Planting date 15-30 Dec.

CO1= Chemical N 150 %
CO2= Chemical N 125 %
CO3= Chemical N 100 %
CO4= Chemical N 87.5 % + Organic N 12.5 %
CO5= Chemical N 75 %
CO6= Chemical N 75 % + Organic N 25 %
CO7= Chemical N 50 %
CO8= Chemical N 50 % + Organic N 50 %
CO9= Chemical N 25 % + Organic N 75 %
CO10= Chemical N 12.5 % + Organic N 87.5 %

P1= Plant population 8,533plant/rai
P2= Plant population 10,666 plant/rai
P3= Plant population 14,222 plant/rai
P4= Plant population 21,333 plant/rai

V1= Varieties DK 9898C
V2= Varieties Pacific 789

ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในพื้นที่กลุ่มชุดดินที่ 22 โดยใช้เทคนิค decision tree model

3.4 การจัดทำแปลงต้นแบบ

เมื่อขยายผลไปยังแปลงข้างเคียงและแปลงต้นแบบในพื้นที่ใกล้เคียงกัน พบว่าวิธีทดสอบให้ผลผลิต 1,566 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสูงกว่าวิธีเกษตรกร 189 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.0 (ตารางที่ 5) วิธีทดสอบต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 5,460 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 39 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.7 รายได้ มีรายได้เฉลี่ย 13,687 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 1,678 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.0 จึงมีผลทำให้วิธีทดสอบมีผลตอบแทน 8,227 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 1,639 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 23.7 นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ สัดส่วนรายได้ของวิธีทดสอบสูงกว่าวิธีเกษตรกรตามไปด้วย โดยวิธีทดสอบมีสัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน 2.5 สูงกว่าวิธีเกษตรกร 0.3 คิดเป็นร้อยละ 12.6 (ตารางที่ 6)

3.5 การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจในเทคโนโลยี 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินผสมปุ๋ยใช้เอง เช่น ผสมปุ๋ยง่าย สะดวก สามารถลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตได้ โดยมีความพึงพอใจในระดับพอใจมากที่สุดร้อยละ 31.0 และพอใจมากร้อยละ 69.0 2) ด้านการเจริญเติบโต เช่น เจริญเติบโตดี ใบล่างไม่เหลือง

ออกดอกสม่ำเสมอ เก็บเกี่ยวเร็ว โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดร้อยละ 62.1 และพอใจมากร้อยละ 37.9 3) ผลผลิตและคุณภาพ เช่น ขนาดฝักใหญ่ เมล็ดติดเต็มฝัก เมล็ดมีสีเข็ม และผลผลิตสูง โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดร้อยละ 69.0 พอใจมากร้อยละ 31.0 ภาพรวมของเทคโนโลยีเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีในระดับพึงพอใจมากที่สุดร้อยละ 66.2

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ดินแปลงเกษตรกรที่เข้าร่วมการทดสอบในพื้นที่ ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี

ปีที่ทดลอง	เกษตรกร	pH (1:1)	EC (1:5) ds/m at 25C	อินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (ppm)	โพแทสเซียม (ppm)
2565	รายที่ 1	6.30	0.03	1.46	87	63
	รายที่ 2	6.88	0.04	1.46	84	64
	รายที่ 3	6.42	0.04	1.11	112	38
	รายที่ 4	6.94	0.08	1.38	115	77
	รายที่ 5	5.91	0.04	1.40	154	70
	รายที่ 6	6.44	0.05	1.28	113	69
	รายที่ 7	6.25	0.03	0.90	124	47
	รายที่ 8	5.52	0.04	1.22	82	104
	รายที่ 9	5.35	0.02	1.17	66	85
	รายที่ 10	5.73	0.06	1.18	108	70
2566	รายที่ 11	6.40	0.06	1.08	102	70
	รายที่ 12	5.05	0.04	1.18	77	67
	รายที่ 13	5.59	0.03	1.38	78	23
	รายที่ 14	5.21	0.04	1.02	83	47
2567	รายที่ 15	5.22	0.03	1.35	32	84
	รายที่ 16	6.53	0.10	1.32	45	62

หมายเหตุ รายชื่อเกษตรกรในปี พ.ศ. 2566 และ พ.ศ. 2567 มีเกษตรกรเข้าร่วมงานทดสอบและขยายผลปีละ 10 ราย แต่มีรายชื่อซ้ำกับเกษตรกรในปี พ.ศ. 2565 จึงไม่ได้ใส่ไว้ในตารางที่ 3

จากการทดสอบเทคโนโลยี การใช้ 1) พันธุ์ดีคาร์บ9898C 2) ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยใช้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน 3) ฤดูปลูกที่เหมาะสมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 4) ประชากรที่เหมาะสม ได้แก่ 10,667-11,378 ต้น/ไร่ จึงได้ขยายผลในปี พ.ศ. 2567 นำชุดเทคโนโลยีกรมวิชาการเกษตรมาขยายผลในแปลงเกษตรกรต้นแบบในพื้นที่ใกล้เคียงและขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในแปลงเกษตรกรรายเดิมในพื้นที่ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี พบว่าการใช้เทคโนโลยีกรมวิชาการเกษตร มีผลทำให้วิธีทดสอบมีผลผลิต 1,361 กิโลกรัม/ไร่ และสูงกว่าวิธีเกษตรกร 203 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.6 แม้วิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตที่สูง 5,412 บาท/ไร่ และสูงกว่าวิธีเกษตรกร อย่างไรก็ตามวิธีทดสอบมีผลผลิตที่สูงกว่าจึงทำให้มีรายได้และผลตอบแทนสูงกว่าวิธีเกษตรกรตามไปด้วย [8]รวมทั้งเมื่อวิเคราะสัดส่วนรายได้ต่อการลงทุนจะพบว่าวิธีทดสอบ มี BCR สูงกว่าวิธีเกษตรกร 0.3 คิดเป็นร้อยละ 12.5 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี ทั้งการทดสอบเทคโนโลยีในปี พ.ศ. 2565-2566 และการขยายผลในปี พ.ศ. 2567 พบว่าวิธีทดสอบมีผลผลิตเฉลี่ย 1,361 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกร 203 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.6 จึงทำให้มีรายได้และผลตอบแทน และสัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนสูงกว่าวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 6) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อผลผลิตเพิ่มขึ้นต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจะลดลง โดยวิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตทั้ง 3 ปีเฉลี่ย 5,412 บาท/ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 1,361 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นต้นทุนการผลิตจึงเท่ากับ 3.98 บาท/กิโลกรัม เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกรที่มีต้นทุนการผลิต 5,101 บาท/ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 1,158 กิโลกรัม/ไร่ จึงมีต้นทุนการผลิต 4.41 บาท/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าวิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีเกษตรกร 0.73 บาท/กิโลกรัม แม้ว่าต้นทุนทั้งหมดของวิธีทดสอบจะสูงกว่าวิธีเกษตรกรแต่หากเมื่อคิดต้นทุนต่อหน่วยแล้วพบว่าวิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีเกษตรกร สอดคล้องกับการทดสอบพันธุ์และการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดอุทัยธานีที่วิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีเกษตรกร 0.40 บาท/กิโลกรัม [7]ดังนั้นการใช้ชุดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มชุดดิน 22 ในพื้นที่ตำบลทุ่งโพและตำบลเขากวางทอง จังหวัดอุทัยธานี ด้วยการใช้เทคโนโลยีที่ได้จากการใช้แบบจำลอง ได้แก่ 1) พันธุ์ดีคาร์บ9898C 2) ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยใช้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน 3) ฤดูปลูกที่เหมาะสมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 4) ประชากรที่เหมาะสม ได้แก่ 10,667-11,378 ต้น/ไร่ ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยง

สัตว์ให้มีผลผลิตเฉลี่ย 1,361 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าผลผลิตสูงสุดที่ควรจะได้รับตามศักยภาพของพื้นที่ (attainable yield) 1,324 กิโลกรัม/ไร่ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง คิดเป็นร้อยละ 102.8 ชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อประเมินผลผลิต สามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการผลิตพืชได้อย่างเหมาะสม คุ้มค่า และเกิดประโยชน์ [9]ตลอดจนสามารถลดต้นทุน เพิ่มรายได้ และผลตอบแทนให้เกษตรกรในพื้นที่ทั้งแปลงทดสอบเทคโนโลยีและแปลงต้นแบบได้ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง DSSAT4.7 ดังกล่าว มีความแม่นยำสูง ซึ่งสามารถนำมาเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ในพื้นที่ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ได้

ตารางที่ 4 ผลผลิต วิธีทดสอบ และวิธีเกษตรกร ผลต่างผลผลิต แปลงทดสอบเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินที่ 22 จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2565-2566

ปีที่ดำเนินการ	เกษตรกร	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)		ผลต่างผลผลิต	
		วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	(กิโลกรัม/ไร่)	(%)
2565	รายที่ 1	953	733	180	24.5
	รายที่ 2	985	661	224	33.9
	รายที่ 3	931	804	127	15.8
	รายที่ 4	1,114	879	235	26.7
	รายที่ 5	1,105	982	23	2.3
	รายที่ 6	1,109	1,046	63	6.0
	รายที่ 7	998	896	52	5.8
	รายที่ 8	1,080	837	243	29.0
	รายที่ 9	926	607	319	52.6
	เฉลี่ย	**1,022**	**827**	**195**	**26.0**
	t-test		**		
2566	รายที่ 10	1,441	1,210	332	29.9
	รายที่ 11	1,598	1,428	169	11.9
	รายที่ 12	1,423	1,224	99	8.1
	รายที่ 13	1,503	1,413	90	6.4
	รายที่ 14	1,389	1,178	211	17.9
	รายที่ 15	1,788	1,667	120	7.2
	รายที่ 16	977	633	444	83.2
	รายที่ 17	1,627	1,426	202	14.1
	รายที่ 18	1,665	1,576	90	5.7
	รายที่ 19	1,516	1,023	493	48.1
	ค่าเฉลี่ย	**1,493**	**1,278**	**225**	**17.9**
	t-test		**		

**=ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ราคาขายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี พ.ศ. 2565 และ พ.ศ. 2566 ราคา 11.99 และ 11.08 บาท/กิโลกรัม

คำนวณผลผลิตที่ความชื้น 15%

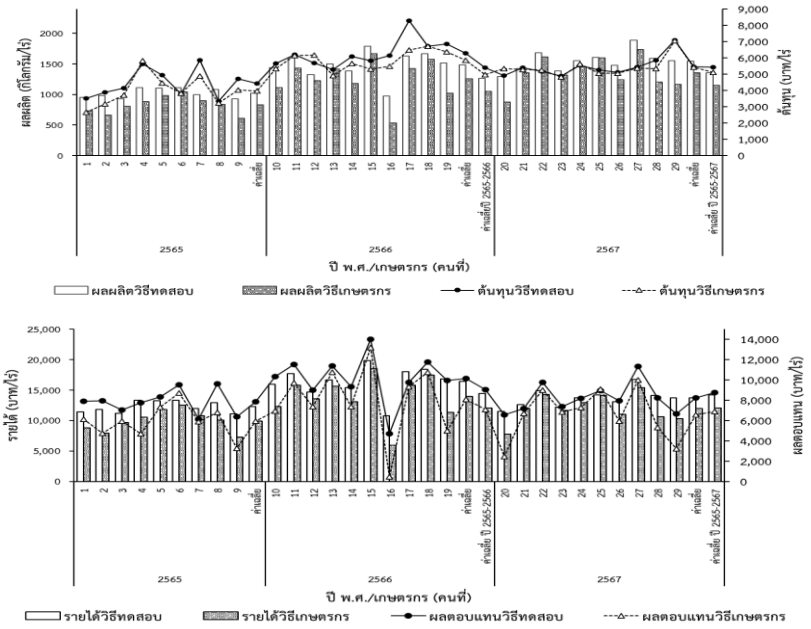
4. สรุปผลการทดลอง

การปรับแก้ ทดสอบ และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาด้วยการใช้แบบจำลองการผลิตพืช ทำให้ได้แบบจำลองพืชสำหรับใช้คาดการณ์ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินที่ 22 จังหวัดอุทัยธานี ที่สามารถยกระดับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาได้ร้อยละ 102.8 ของผลผลิตสูงสุดที่ควรจะได้รับในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานี และได้เทคโนโลยีที่สามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้ได้แก่ 1) พันธุ์ดีคาร์บ9898C 2) ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยใช้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 1.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน 3) ฤดูปลูกที่เหมาะสมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม 4) ประชากรที่เหมาะสม ได้แก่ 10,667-11,378 ต้น/ไร่

ตารางที่ 5 ผลผลิต วิธีทดสอบ และวิธีเกษตรกร ผลต่างผลผลิต แปลงต้นแบบการขยายผลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินที่ 22 จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2567

ปีที่ดำเนินการ	เกษตรกร	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)		ผลต่างผลผลิต	
		วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	(กิโลกรัม/ไร่)	(%)
2567	รายที่ 1	1.395	971	416	47.4
	รายที่ 2	1,424	1,352	67	5.0
	รายที่ 3	1,686	1,610	75	4.6
	รายที่ 4	1,482	1,319	63	4.8
	รายที่ 5	1,554	1,455	97	6.6
	รายที่ 6	1,606	1,590	9	0.6
	รายที่ 7	1,476	1,240	236	18.9
	รายที่ 8	1,893	1,734	158	9.1
	รายที่ 9	1,590	1,204	386	32.1
	รายที่ 10	1,550	1,190	388	33.4
	ค่าเฉลี่ย	**1,566**	**1.367**	**189**	**14.0**
	t-test	**			

**=ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ราคาขายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี พ.ศ. 2567 ราคา 8.86 บาท/กิโลกรัม
คำนวณผลผลิตที่ความชื้น 15%



ภาพที่ 4 ข้อมูลผลผลิต ต้นทุน รายได้ ผลตอบแทน รายแปลงของแปลงทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี ปี พ.ศ. 2565-2566 แปลงทดสอบเทคโนโลยี และปี พ.ศ. 2567 แปลงขยายผล

ตารางที่ 6 ผลผลิต ต้นทุน รายได้ ผลตอบแทน และ BCR ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงทดสอบเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินที่ 22 ปี พ.ศ. 2565-2567 ตำบลทุ่งโพ และตำบลเขากวางทอง อำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี งานทดสอบแบบจำลองพืช ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ปีที่ดำเนินการ	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ผลตอบแทน (บาท/ไร่)		BCR	
	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร
2565	1,022	827	4,426	3,973	12,269	9,927	7,843	5,955	2.8	2.5
2566	1,493	1,278	6,267	5,849	16,428	13,936	10,161	8,087	2.6	2.4
2567	1,566	1,367	5,460	5,421	13,687	12,009	8,227	6,589	2.5	2.2
ค่าเฉลี่ย	**1,361**	**1,158**	5,412	5,101	14,192	12,027	8,775	6,908	2.7	2.4
ผลต่าง (กก./ไร่)	**203**		**311**		**2,165**		**1,867**		**0.3**	
ความแตกต่าง (%)	**17.6**		**6.1**		**18.0**		**27.0**		**11.3**	
t-test	**		**		**		**		**	

คำนวณผลผลิตที่ความชื้น 15% **=ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99
ราคาขายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี พ.ศ. 2565 - พ.ศ. 2567 ราคา 11.99, 11.08 และ 8.86 บาท/กิโลกรัม

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Office of Agricultural Economics. (2021). Agricultural production data. https://www.oae.go.th/. (In Thai).

[2] Herdt, R.W., (1996). Establishing the Rockefeller foundation's priorities for rice biotechnology research in 1995 and beyond, in Proceedings of the Third International Rice Genetics Symposium, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 1996, pp. 17-30.

[3] Van Ittersum, M.K., Rabbinge, R. (1997). Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. Field Crops Research, 52, 197–208.

[4] Meteorological Department. (2010). Average rainfall data in Thailand in 1979-2008. Meteorological Development Office. Meteorological Department. [CD-ROM]. (In Thai).

[5] Grigorieva, E. (2008). Spatial-temporal dynamics of climate thermal resources for the southern part of the Russian Far East. 18th International Congress of Biometeorology, Tokyo, 22–26 Sep 2008, p 121.

[6] Jamieson, P.D., Porter J.R. & Wilson, D.R. (1991). A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crops Research, 27(4), 337-350.

[7] Land Development Department. (2024). 62 soil series groups, Soil groups in lowland areas, Soil Series Group 22. Land Development Department. http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoils/62_soilgroup/sgr_lowland/sgr_22.htm. (In Thai).

[8] Agricultural Production Science Research and Development Division. (2021). Fertilizer application recommendations based on soil analysis for economic field crops. Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 102 p. (In Thai).

[9] Sukto, S., Bowonporn, S., Sukto, K., Duangkeaw, S., Pooksoon, P., and Taweekul, Nilubon. (2017). Testing of appropriate varieties and fertilizers for maize production in Uthai Thani province. In Proceedings of the 38th National Corn and Sorghum Research Conference (p.82-87). KU Knowledge Repository. (In Thai).

[10] Ploddee, P., Homyamyen, K., Khetdan, C., and Kessana, N. (2024). Application of a cropping model to assess the appropriate watering schedule for maize on dry seasons (postnasal crops). https://webapp.ldd.go.th/AcademicConf/66/data/presentation/5d--5%20 Prattana %20 Ploddee.pdf. (In Thai).

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในกลุ่มชุดดินที่ 22 เขตปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,000-1,200 มิลลิเมตร ภายใต้โครงการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อกำหนดเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดในแหล่งปลูกที่สำคัญเขตภาคกลางและภาคตะวันตก ภายใต้แผนงานวิจัยการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชเพื่อกำหนดเทคโนโลยีการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร ได้รับสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)