บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะพัฒนาการของข้าวโพดกับค่าอุณหภูมิสะสม

พืชที่มีอายุการเจริญเติบโตเท่ากันอาจมีพัฒนาการที่แตกต่างกันได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการติดตามหรือกำหนดระยะพัฒนาการของพืชหลายชนิดด้วยวิธีการนับจำนวนวันหลังปลูกมีความไม่แน่นอน เช่น ถั่วเหลือง ข้าว และข้าวโพด (Fehr *et al.*, 1971) พืชปรกติแล้วจะมีการพัฒนาการและการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิสะสมที่พืชได้รับจำนวนหนึ่งที่แน่นอนแม้สภาพแวดล้อมจะผันแปรไปอย่างไร ค่าอุณหภูมิสะสมที่พืชต้องการเพื่อพัฒนาการระยะยังคงมีค่าคงที่ นั่นหมายถึงระยะพัฒนาการของพืชถูกกำหนดโดยค่าอุณหภูมิสะสม ซึ่งพืชต้องมีค่าอุณหภูมิสะสมตามจำนวนที่กำหนดพืชจึงจะเกิดการพัฒนาการ และถ้าระยะที่พืชนั้นเจริญเติบโตอยู่มีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นมากกว่าปกติ พืชก็ต้องใช้ระยะเวลาที่นานขึ้นเพื่อรวมอุณหภูมิสะสมให้ได้ตามจำนวนที่กำหนด (เฉลิมพล, 2535) ข้าวโพดลูกผสมเป็นพืชหนึ่งที่ระยะพัฒนาการถูกกำหนดด้วยค่าอุณหภูมิสะสม (Bonhomme, 2000) จากการทดลองเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะพัฒนาการของข้าวโพดกับค่าอุณหภูมิสะสม พบว่า การติดตามและการกำหนดระยะพัฒนาการของข้าวโพดลูกผสมโดยการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมมีความแม่นยำมากกว่าวิธีนับจำนวนวันหลังปลูก แม้มีการเปลี่ยนแปลงวันปลูกค่าอุณหภูมิสะสมของระยะพัฒนาการต่างๆ ได้แก่ การพัฒนาการของใบข้าวโพดหนึ่งใบ การออกเกสรตัวผู้ การออกไหมและระยะสุกแก่ทางสรีระที่ข้าวโพดใช้ในการพัฒนาการแต่ละระยะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากันในทุกวันปลูก เนื่องจากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวโพดลูกผสม โดยการเปลี่ยนแปลงวันปลูกไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่าอุณหภูมิสะสมที่พืชใช้เพื่อพัฒนาการแต่ละระยะ แต่จะมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าวโพด โดยข้าวโพดพันธุ์ NSX 991003 ซึ่งเป็นพันธุ์อายุปานกลางมีค่าของอุณหภูมิสะสมเพื่อการพัฒนาการหนึ่งใบเท่ากับ 38.4 องศาเซลเซียส ในขณะที่พันธุ์ DK 999 และพันธุ์ NSX 982013 ซึ่งมีอายุยาวกว่ามีค่าอุณหภูมิเพื่อการพัฒนาใบหนึ่งใบมากกว่าแต่ไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 46.9 และ 46.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานทดลองของ Nelson and Hinkle (1996) ที่พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวโพดลูกผสมถูกกำหนดด้วยค่าอุณหภูมิสะสม ถึงแม้พืชจะเจริญเติบโตในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เช่น มีสภาพอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10 ถึง 35 องศาเซลเซียส

และมีวันปลูกที่แตกต่างกัน ข้าวโพดยังมีค่าอุณหภูมิสะสมเพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่ระยะต่างๆมีค่าคงที่หรือใกล้เคียงกันมากในทุกสภาพวันปลูก แต่วิธีการนับจำนวนวันหลังปลูกที่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการข้าวโพดจะพบความแตกต่างของจำนวนวันในทุกระยะพัฒนาการ โดยเฉพาะที่ระยะสุกแก่ทางสรีระจะมีความแตกต่างกันมากระหว่างวันปลูก ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Toller *et al.* (1979) โดยการปลูกข้าวโพดในสภาพอุณหภูมิคงที่ในช่วง 10 ถึง 35 องศาเซลเซียส พบว่า การปรากฏใบและระยะพัฒนาการของข้าวโพดลูกผสมขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิสะสม ซึ่งมีค่าคงที่ในทุกวันปลูกและทุกระยะพัฒนาการ แต่อัตราการปรากฏใบของข้าวโพดมีความแตกต่างกัน เพราะอุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอัตราการพัฒนาการของใบ โดยข้าวโพดที่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิระหว่าง 12 ถึง 26 องศาเซลเซียส มีอัตราการปรากฏใบที่ช้ากว่าข้าวโพดที่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิระหว่าง 27 ถึง 32 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอัตราการปรากฏใบน้อยกว่าประมาณ 0.01 ใบ/วัน และเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น จำนวนใบข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.2 ใบ/องศาเซลเซียส โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย/ต้น เท่ากับ 16, 18, 17, 19 และ 20 ใบ เมื่อปลูกในสภาพอุณหภูมิคงที่เท่ากับ 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งข้าวโพดเมื่อปลูกในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้นหรืออบอุ่นขึ้นมากกว่า มีผลให้ขบวนการทางชีวเคมีภายในต้นเป็นไปได้ดี เนื่องจากฮอร์โมนต่างๆทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าในสภาพที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้มีอัตราการปรากฏใบและการเจริญเติบโตที่ดีกว่า และ Hesketh *et al.* (1969) กล่าวว่า อุณหภูมิที่มีผลกระทบต่ออัตราการปรากฏใบข้าวโพดคือ อุณหภูมิในช่วงกลางคืนมีผลกระทบมากกว่าอุณหภูมิในช่วงกลางวัน

พัฒนาการที่ระยะออกเกสรตัวผู้และออกไหมของข้าวโพดก็เป็นไปลักษณะเดียวกันกับการพัฒนาของใบข้าวโพดคือ ข้าวโพดมีค่าอุณหภูมิสะสมเพื่อพัฒนาการทั้ง 2 ระยะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากในทุกวันปลูก ผลจากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกใน 4 วันปลูก ได้แก่ วันปลูกที่ 16 มีนาคม, 2 พฤษภาคม, 15 มิถุนายน และ 1 สิงหาคม มีค่าอุณหภูมิสะสมเพื่อพัฒนาการที่ระยะออกเกสรตัวผู้และออกไหมใกล้เคียงกันมากหรือเท่ากันในทุกวันปลูก โดยมีความแตกของค่าอุณหภูมิสะสมมากที่สุดของข้าวโพดแต่ละพันธุ์อยู่ในช่วง 6 ถึง 30 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับ 0.4 ถึง 1.7 วัน และที่ระยะสุกแก่ทางสรีระพบว่า ข้าวโพดพันธุ์ NSX 991003 มีค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่หลังปลูกถึงระยะสุกแก่ทางสรีระน้อยที่สุดประมาณ 1630 องศาเซลเซียส รองลงมาคือพันธุ์ DK 999 มีค่าประมาณ 1840 องศาเซลเซียส และมีค่ามากที่สุดคือพันธุ์ NSX 982013 ซึ่งมีค่าประมาณ 1880 องศาเซลเซียส และพบว่า ที่ระยะสุกแก่ทางสรีระมีความแตกของค่าอุณหภูมิสะสมของข้าวโพดแต่ละพันธุ์น้อยกว่าพัฒนาการที่ระยะออกเกสรตัวผู้และออกไหม โดยมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสะสมมอยู่ในช่วง 11 ถึง 23 องศาเซลเซียส และมีความแตกต่างของแต่ละพันธุ์อยู่ในช่วง 6 ถึง 30 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับ 0.7 ถึง 1.4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการนับจำนวนวันหลัง

ปลูก พบว่า วิธีการนี้ให้ผลในการกำหนดระยะพัฒนาการได้ไม่แน่นอน เพราะค่าจำนวนวันที่ใช้เพื่อการพัฒนาการแต่ละระยะเปลี่ยนไปตามวันปลูกที่เปลี่ยนไป ซึ่งความแตกต่างของจำนวนวันที่ใช้เพื่อการพัฒนาการใบที่สมบูรณ์หนึ่งใบที่ปลูกในวันปลูกที่ต่างกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ระยะออกเกสรตัวผู้ ออกไหม และสุกแก่ทางสรีระพบว่า ค่าจำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงระยะออกเกสรตัวผู้และออกไหมในทุกวันปลูกมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่ระยะสุกแก่ทางสรีระพบว่า จำนวนวันหลังปลูกถึงระยะสุกแก่ทางสรีระมีความแตกต่างและเปลี่ยนแปลงไปตามวันปลูกอย่างชัดเจน โดยค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนวันของพัฒนาการระยะนี้ของข้าวโพดแต่ละพันธุ์ซึ่งจะมีความแตกต่างกันเพิ่มมากขึ้นถ้าข้าวโพดมีช่วงอายุของการเจริญเติบโตที่ยาวนานขึ้นหรือมีอายุการเก็บเกี่ยวมากขึ้น โดยเฉพาะข้าวโพดที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 สิงหาคม มีจำนวนวันที่ระยะสุกแก่มากที่สุด ซึ่ง Daynard (1972) ให้เหตุผลว่า วันปลูกที่ล่าออกไปมีผลทำให้จำนวนวันหลังปลูกถึงระยะออกไหมลดลง แต่ทำให้จำนวนวันหลังออกไหมถึงระยะสุกแก่เพิ่มมากขึ้น และ Armand *et al.* (1984) มีความเห็นลักษณะเดียวกันที่ว่า ค่าอุณหภูมิสะสามารถใช้ทำนายอัตราการเจริญเติบโต และระยะเวลาการเจริญเติบโตได้ผลดีกว่าการนับจำนวนวันหลังปลูก

มีข้อสังเกตว่า การเปลี่ยนแปลงวันปลูกซึ่งหมายถึงมีความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่พืชขึ้นอยู่ มีความแตกต่างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวันปลูกที่เห็นได้ชัดเจนคือค่าอุณหภูมิรายวัน ซึ่งสังเกตได้ว่า ที่ระยะพัฒนาการออกเกสรตัวผู้และออกไหมข้าวโพดที่ปลูกในวันปลูกที่ 16 มีนาคม มีค่าจำนวนวันเพื่อพัฒนาการในระยะนี้มากกว่าในวันปลูกที่ 2 พฤษภาคม, 15 มิถุนายน และ 1 สิงหาคม เนื่องจากในช่วงวันปลูกที่ 16 มีนาคม ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวันมีค่าต่างกันมาก เมื่อนำมาคำนวณค่าอุณหภูมิสะสมในแต่ละวัน จึงทำให้มีค่าสะสมต่อวันน้อยทำให้ข้าวโพดต้องใช้เวลาหรือจำนวนวันเพิ่มมากขึ้นเพื่อการสะสมค่าอุณหภูมิสะสมให้ครบตามกำหนดระยะพัฒนาการ ส่วนข้าวโพดที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 สิงหาคม ในช่วงพัฒนาการออกเกสรตัวผู้และออกไหม อุณหภูมิสะสมรายวันมีค่าไม่ต่างจากในวันปลูกอื่นมากนัก แต่หลังจากเข้าสู่ระยะพัฒนาการการสะสมน้ำหนักแห้งเมล็ด สภาพภูมิอากาศอยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งมีฝนตกปริมาณมากและบ่อยมีผลให้ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวันมีค่าไม่ต่างกันมากนัก จึงทำให้ค่าอุณหภูมิสะสมในแต่ละวันมีค่าน้อย ข้าวโพดจึงต้องใช้ระยะเวลาหรือจำนวนวันเพิ่มมากขึ้นเพื่อการสะสมค่าอุณหภูมิสะสมให้ครบตามระยะพัฒนาการสุกแก่ทางสรีระ ทำให้ข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์มีจำนวนวันเพื่อพัฒนาการที่ระยะสุกแก่ทางสรีระในวันปลูกนี้มากที่สุดเหมือนกัน

2. การตอบสนองของข้าวโพดต่อสภาพแวดล้อมที่สัมพันธ์กับวันปลูกที่ต่างกัน

ผลการทดลองเพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวโพดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวันปลูก พบว่า ความสูงของข้าวโพดขณะเก็บเกี่ยวมีความแตกกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญระหว่างวันปลูก โดยข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อปลูกในวันปลูกที่ 16 มีนาคม มีค่าความสูงขณะเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด เท่ากับ 205 เซนติเมตร และมีค่ามากที่สุดเมื่อปลูกในวันปลูกที่ 15 มิถุนายน เท่ากับ 217 เซนติเมตร ส่วนในวันปลูกที่ 2 พฤษภาคม และ 1 สิงหาคม มีความสูงเท่ากันคือ 214 เซนติเมตร โดยให้ผลสอดคล้องกับ Mederski and Jones (1963) อ้างโดย Robert (1988) กล่าวว่า เมื่อปลูกข้าวโพดใน Ohio และสามารถควบคุมอุณหภูมิดินในขณะที่พืชเจริญเติบโตให้ใกล้เคียงกับ 30 องศาเซลเซียส จากสภาพอุณหภูมิในฤดูปกติที่มีระดับอุณหภูมิ 22 ถึง 26 องศาเซลเซียส จะทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น มีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลทำให้ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวลดลง ส่วนการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินพบว่า วันที่ปรากฏน้ำหนักแห้งใบสูงสุด มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามลำดับวันที่ปลูก ส่วนน้ำหนักแห้งใบสูงสุดและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบ พบว่า มีค่าสูงสุดในวันปลูกที่ 1 สิงหาคม โดยมีค่าน้ำหนักแห้งใบสูงสุด เท่ากับ 438 กิโลกรัม/ไร่ และมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งใบเท่ากับ 6.13 กิโลกรัม/ไร่/วัน ส่วนน้ำหนักแห้งต้นพบว่า วันปลูกที่เปลี่ยนไปไม่มีผลต่อจำนวนวันที่ปรากฏค่าน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด และน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด ซึ่ง Jone *et al.*, (1983) ให้ความเห็นเรื่องการสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวโพดว่า อัตราการสร้างน้ำหนักแห้งของข้าวโพดปกติสามารถสร้างได้น้อยกว่าศักยภาพที่มีอยู่ เนื่องจากสภาพของอุณหภูมิและน้ำที่ไม่เหมาะสม และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นพบว่า ข้าวโพดพันธุ์ DK 999 และ พันธุ์ NSX 982013 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต้นมีค่าสูงสุดไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในวันปลูกที่ 15 มิถุนายน มีค่าเท่ากับ 21.11 และ 21.12 กิโลกรัม/ไร่/วัน ส่วนพันธุ์ NSX 991003 มีค่าสูงสุดในวันปลูกที่ 16 มีนาคม มีค่าเท่ากับ 14.30 กิโลกรัม/ไร่/วัน และการสะสมน้ำหนักแห้งฝักพบว่า ข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ มีแนวโน้มของการใช้เวลาเพื่อการพัฒนาการของฝักจากระยะออกไหมถึงระยะสุกแก่ทางสรีระเพิ่มมากขึ้นตามลำดับวันปลูกที่เพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งฝักพบว่า ข้าวโพดในวันปลูกที่ 16 มีนาคม มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งฝักสูงสุดมีค่าเท่ากับ 37 กิโลกรัม/ไร่/วัน

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตพบว่า วันปลูกที่ต่างกันมีผลต่อผลผลิตข้าวโพด โดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามลำดับวันที่ปลูก เริ่มจากวันปลูกที่ 16 มีนาคม และสูงสุดในวันปลูกที่ 15 มิถุนายน และลดลงในวันปลูกที่ 1 สิงหาคม ซึ่งมีค่าผลผลิตเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1041 ถึง 1201 กิโลกรัม/ไร่ และวันปลูกที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเมล็ด/ฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และ

จำนวนฝัก/ต้น โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ด/ฝัก เท่ากับ 496 เมล็ด และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 32.90 กรัม และมีจำนวนฝักเท่ากับ 1 ฝัก/ต้น

3. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพดลูกผสมและการทดสอบแบบจำลอง

ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช สามารถใช้เพื่ออธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (IBSNAT, 1993) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชสามารถประเมินได้โดยตรงจากการสร้างงานทดลอง หรือหลังปลูกพืชแล้วนำข้อมูลมาคำนวณด้วยโปรแกรม GENCALE ในแบบจำลอง CERES-Maize โดยใช้ข้อมูลผลลัพธ์จากแบบจำลอง (Hunt *et al.*, 1993) และ Hunt and Parajasingham (1994) เสนอวิธีการปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโพดโดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลอง ซึ่งเป็นค่าสังเกตใช้เป็นหลักในการปรับให้ค่าในแบบจำลอง ที่ได้จากไฟล์ข้อมูล OVERVIEW.OUT และ GROWTH.OUT ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกต ในขณะที่ จิรวัฒน์ (2544) เสนอว่า หลักการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพัฒนาการต้องปรับให้ตรงกับค่าที่สังเกตให้มากที่สุด แต่การปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมการเจริญเติบโตต้องปรับให้ได้ค่าผลผลิตหรือองค์ประกอบผลผลิตที่อย่างน้อยเท่ากับวันปลูกที่ให้ผลผลิตมากที่สุดเพราะ มีสมมุติฐานว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตถูกจำกัดด้วยปัจจัยอีกหลายอย่างที่แบบจำลองยังไม่ได้ครอบคลุมถึง ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมแต่ละพันธุ์จึงเลือกเฉลี่ยเฉพาะวันปลูกที่มีผลผลิตอยู่ในระดับสูงเท่านั้น จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวโพดลูกผสมไทยทั้ง 3 พันธุ์ แล้วนำไปทดสอบกับแบบจำลอง CERES-Maize โดยการนำผลที่ได้จากแบบจำลองและจากค่าสังเกตเปรียบเทียบกัน โดยการติดตามพัฒนาการที่ระยะออกไหมในแบบจำลอง CERES Maize กำหนดเงื่อนไขพัฒนาการที่ระยะออกไหม เมื่อปรากฏไหมจำนวน 75 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนพืชทั้งหมดในแปลง ซึ่งแตกต่างจากวิธีการของ Richie and Hanway (1989) ที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการระยะออกไหมเมื่อปรากฏไหมจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนพืชทั้งหมด ผลจากการทดลองพบว่า ที่ระยะพัฒนาการออกไหมข้าวโพด 3 พันธุ์ ใน 4 วันปลูก แบบจำลองประเมินวันออกไหมของข้าวโพดได้ใกล้เคียงกับวันออกเกสรตัวผู้จริง มีค่าแตกต่างระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตอยู่ในช่วง ± 2 วัน เช่นเดียวกับพัฒนาการที่ระยะสุกแก่ทางสรีระ ที่แบบจำลองประเมินวันที่สุกแก่ทางสรีระใกล้เคียงกับค่าสังเกตโดยมีค่าแตกต่างอยู่ในช่วง ± 2 วันเท่ากัน ซึ่งได้ผลในทิศทางเดียวกันกับ Birch *et al.*, (1998) ที่แบบจำลองประเมินค่าวันออกไหมได้มากกว่าค่าสังเกต เมื่อปลูกล่าช้ากว่าฤดูปกติ โดมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าสังเกต โดยมีค่า RMSD = 0.77 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่ประเมินได้ของข้าวโพดแต่ละพันธุ์

มีความเหมาะสมกับข้าวโพดพันธุ์นั้นๆทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อปลูกในสถานที่และช่วงระยะเวลาปลูกนี้ จึงทำให้แบบจำลองสามารถประเมินพัฒนาการของข้าวโพดได้แม่นยำหรือใกล้เคียงกับค่าสังเกตมาก และพบว่า แบบจำลองประเมินพัฒนาการระยะออกไหมและระยะสุกแก่ทางสรีระของข้าวโพดพันธุ์ NSX 982013 ได้แม่นยำมากกว่าพันธุ์ NSX 991003 และพันธุ์ DK 999 และวันปลูกที่เปลี่ยนไปมีผลต่อจำนวนวันที่ข้าวโพดใช้เพื่อพัฒนาการแต่ละระยะ ซึ่งแบบจำลองก็สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงวันปลูกที่มีต่อพัฒนาการข้าวโพดให้ผลเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับค่าสังเกตแสดงว่า แบบจำลองมีความสามารถในการประเมินหรือคาดการณ์พัฒนาการข้าวโพดได้ผลเป็นอย่างดี จากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด พบว่า แบบจำลองประเมินค่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของส่วนใบและต้นของข้าวโพด 3 พันธุ์ใน 4 วันปลูก เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับค่าสังเกต คือมีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนวันหลังปลูกและสูงสุดในช่วงก่อนออกเกสรตัวผู้หรือออกไหม โดยค่าสังเกตน้ำหนักแห้งส่วนใบและต้นเริ่มลดลงหลังจากการออกไหม ในขณะที่ค่าจากแบบจำลองมีแนวโน้มของการสะสมค่าน้ำหนักแห้งคงที่จนกระทั่งถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ เมื่อเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตพบว่า แบบจำลองมีค่ามากกว่าค่าสังเกตหรือค่าจริง (overestimate) และค่าน้ำหนักแห้งรวมพบว่า ในช่วงหลังปลูกถึงระยะออกเกสรตัวผู้และออกไหม แบบจำลองประเมินค่าได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมาก แต่หลังจากเริ่มมีพัฒนาการด้านการสะสมน้ำหนักแห้งเมล็ด แบบจำลองประเมินค่าได้มากกว่าค่าสังเกตจนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว ยกเว้นในข้าวโพดพันธุ์ DK 999 ที่แบบจำลองประเมินค่าต่ำกว่าค่าสังเกต (underestimate) เล็กน้อยในเกือบทุกวันปลูกแต่มีความแตกต่างไม่มาก และมีแนวโน้มการสะสมน้ำหนักแห้งรวมเหมือนกับค่าสังเกตคือเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนวันหลังปลูก และวันปลูกที่ต่างกันมีผลทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งส่วนใบ ต้น และน้ำหนักแห้งรวมเกิดความแตกต่างระหว่างวันปลูก แต่มีค่าไม่ต่างกันมากนัก และจากการที่แบบจำลองประเมินค่าน้ำหนักแห้งใบและต้นได้มากกว่าค่าสังเกต จึงมีผลต่อค่าน้ำหนักรวมคือ ทำให้มีค่าน้ำหนักรวมมากกว่าค่าสังเกตตามไปด้วย

ในส่วนของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต จากการเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่พบว่าแบบจำลองประเมินค่าผลผลิตได้สูงกว่าค่าสังเกตของข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ใน 4 วันปลูก และวันปลูกที่ต่างกันมีผลให้ผลผลิตข้าวโพดแตกต่างกันเล็กน้อย โดยแบบจำลองสามารถประเมินค่าผลผลิตข้าวโพดพันธุ์ NSX 991003 ได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากกว่าข้าวโพดพันธุ์อื่น มีค่าสังเกตผลผลิตเฉลี่ย/ไร่สูงสุดเมื่อปลูกในวันปลูกที่ 15 มิถุนายน เท่ากับ 1064 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่าจากแบบจำลองเท่ากับ 1238 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่าแตกต่างระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตของข้าวโพดทุกพันธุ์ในทุกวันปลูกอยู่ในช่วง 208 ถึง 609 กิโลกรัม/ไร่ และข้าวโพดพันธุ์ DK 999 และ พันธุ์ NSX 982013 มีผลผลิตอยู่ในช่วง 1178 ถึง 1318 กิโลกรัม/ไร่ และ 1030 ถึง 1221 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

โดยมีค่า Bias อยู่ในช่วง 245 ถึง 554 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่า RMSE อยู่ในช่วง 250 ถึง 557 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจากแบบจำลองและค่าสังเกตพบว่า แบบจำลองประเมินค่าได้มากกว่าค่าสังเกตของข้าวโพดพันธุ์ NSX 991003, พันธุ์ DK 999 และพันธุ์ NSX 982013 มีค่าประมาณ 23, 29 และ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Mutsaers and Wang (1999) กล่าวว่า แบบจำลองมักให้ค่าผลผลิตที่คลาดเคลื่อนมากเกินไป อาจเกิดจากขีดความสามารถของแบบจำลองที่ถูกจำกัดด้วยข้อจำกัดบางประการที่ยังไม่มีการพิสูจน์ รวมถึงความคลาดเคลื่อนของการนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองจึงมีผลให้แบบจำลองประเมินค่าผลผลิตคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับ สมชายและศักดิ์ดา (2543) ทดสอบแบบจำลอง CERES-Maize ที่จังหวัดพิษณุโลก ในฤดูแล้งปี 2541-2542 พบว่า แบบจำลองให้ค่าน้ำหนักแห้งเมล็ดสูงกว่าค่าสังเกตของข้าวโพดทุกพันธุ์ในวันปลูกที่ต่างกันทั้ง 3 วันปลูก โดยแบบจำลองให้ค่าผลผลิตมากกว่าค่าสังเกตข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์นครสวรรค์ 1 พันธุ์นครสวรรค์ 72 และพันธุ์สุวรรณ 3601 โดยมีค่าผลผลิตเท่ากับ 768, 875 และ 1014 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และมีค่าสังเกตเท่ากับ 750, 739 และ 873 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้พบว่า แบบจำลองประเมินค่าผลผลิตข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าผลผลิตต่ำสุดในวันปลูกที่ 16 มีนาคม ซึ่งตรงกับค่าสังเกต และ Romar *et al.*, 2000 ให้ความเห็นว่าแบบจำลอง CERES-Maize สามารถคาดการณ์ผลผลิตได้ดีและมีค่าค่อนข้างมากกว่าค่าสังเกต เนื่องจากแบบจำลองมีสมมุติฐานว่า พืชที่ปลูกได้รับน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นตลอดฤดูเพาะปลูก ไม่มีโรคแมลง และวัชพืชรบกวน และไม่มีการหักล้มหรือเสียหายเนื่องจากลม

องค์ประกอบผลผลิตพบว่า แบบจำลองประเมินจำนวนเมล็ดต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร และจำนวนเมล็ด/ฝัก มีค่าน้อยกว่าค่าสังเกต ซึ่งสอดคล้องกับที่ Jagtap *et al.* (1993) ที่ทำการทดสอบแบบจำลอง CERES-Maize ในปี 1991 ที่ประเทศ Nigeris พบว่า แบบจำลองประเมินจำนวนเมล็ด/ตารางเมตร และจำนวนเมล็ด/ฝักได้น้อยกว่าค่าสังเกต โดยมีจำนวนเมล็ด/ตารางเมตร จากแบบจำลองอยู่ในช่วง 2113 ถึง 2308 เมล็ด/ตารางเมตร และมีค่าสังเกตอยู่ในช่วง 2213 ถึง 2811 เมล็ด/ตารางเมตร มีค่า Bias และ ค่า RMSE อยู่ในช่วง $\pm$413 เมล็ด/ตารางเมตร ส่วนจำนวนเมล็ด/ฝัก พบว่า มีค่าจากแบบจำลองอยู่ในช่วง 398 ถึง 485 เมล็ด/ฝัก และมีค่าสังเกตอยู่ในช่วง 385 และ 453 เมล็ด/ฝัก มีค่า Bias และ ค่า RMSE ค่อนข้างต่ำและใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง $\pm$79 เมล็ด/ฝัก และผลจากการประเมินค่าน้ำหนักต่อหนึ่งเมล็ดจากงานทดลองพบว่า แบบจำลองประเมินค่าได้มากกว่าค่าสังเกต เช่นเดียวกับค่าดัชนีเก็บเกี่ยวที่แบบจำลองประเมินค่าได้มากกว่าค่าสังเกตในเกือบทุกวันปลูก แต่มีค่าความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จากการที่องค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดคือ จำนวนเมล็ด/ตารางเมตร และจำนวนเมล็ด/ฝัก ที่แบบจำลองประเมินได้มีค่าต่ำกว่าค่าสังเกต แต่มีส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งเมล็ด ที่แบบจำลองประเมินได้มีค่ามากกว่าค่าสังเกต จึงมีผลให้น้ำหนักผลผลิตที่ได้

จากแบบจำลองและจากค่าสังเกตมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่อง จากมีการเฉลี่ยน้ำหนักระหว่างองค์ประกอบผลผลิตที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าค่าสังเกต มีผลให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่จากแบบจำลองและค่าสังเกตมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตเพื่อทดสอบความแม่นยำในการคาดการณ์ (goodness of fit) สามารถทำได้หลายวิธีการ เช่น การใช้ค่า Standardized Bias (R) ค่า Standardized mean square error (V) (Graf *et al*, 1991) การใช้ค่า Bias และค่า Root mean square error (RMSE) (Willmolt, 1982) ซึ่งค่าเหล่านี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ Jagtap *et al.* (1993) ได้เสนอการใช้ค่า Error และ % error ซึ่งค่า Error คำนวณได้จากการคิดค่าความแตกต่างของค่าสังเกตและค่าจากแบบจำลอง และค่า % error คำนวณด้วยการหารค่า error ด้วยค่าสังเกต หากค่าที่ได้มีค่าเป็นบวกแสดงว่าค่าสังเกตมีค่ามากกว่าจากแบบจำลอง (over prediction) และถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่า ค่าสังเกตมีค่าน้อยกว่าค่าจากแบบจำลอง (under prediction) ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบมีค่าความแตกต่างระหว่างแบบจำลองกับค่าสังเกตอยู่ในช่วง 10 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าแบบจำลองมีความสามารถที่ดีและยอมรับได้ แต่ในการทดสอบแบบจำลองครั้งนี้ใช้วิธีของ Willmolt (1982)

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกต การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดพบว่า แบบจำลองประเมินการเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากกว่าการประเมินค่าผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต เนื่องจากค่าที่ได้จากแบบจำลองเป็นศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวโพดภายใต้สภาพการจัดการที่เหมาะสม (Attainable yield) และไม่เกิดความเสียหายหรือถูกทำลายจาก โรค แมลง วัชพืช และความสูญเสียขณะเก็บเกี่ยว