บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงของข้าวในกระบวนการสร้างผลผลิต พบว่าอุณหภูมิสูงได้ส่งผลกระทบต่อหลายกระบวนการ โดยเฉพาะกระบวนสร้างจำนวนดอก การผสมเกสรและการสะสมมวลชีวะ ผลจากการทดลองที่ 1 และ 2 ยืนยันได้ว่าอุณหภูมิสูงในช่วงดอกบานมีผลกระทบอย่างมากต่อผลผลิต โดยไปลดในลักษณะของความมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเรณูในอาหารเลี้ยง ความมีชีวิตของละอองเรณูที่ลดลงถือว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการผสมเกสรและการปฏิสนธิมากที่สุด เนื่องจากสอดคล้องกับการลดลงของจำนวนละอองเรณูที่ตกและงอกบนยอดเกสรตัวเมียซึ่งทำให้ลดโอกาสในการที่ข้าวจะผสมติด ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีที่ระยะสุกแก่ลดลง สอดคล้องกับรายงานที่ว่า อุณหภูมิสูงชักนำให้ดอกข้าวเป็นหมันโดยไปยับยั้งการสร้างจำนวนละอองเรณูในอับเรณู การแตกของอับละอองเรณู การโปรยละอองเรณู ส่งผลให้จำนวนกับความมีชีวิตของละอองเรณูและการงอกของละอองเรณูบนยอดเกสรตัวเมียลดลง และยังไปยับยั้งการยืดของท่อละอองเรณูทำให้การผสมเกสรล้มเหลว (Satake and Yoshida, 1978; Matsui *et al*., 2000, 2001, 2005; Prasad *et al*., 2006)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดที่ระยะสุกแก่ กับเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเรณูในอาหารเลี้ยง และจำนวนละอองเรณูที่งอกบนเกสรตัวเมีย พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ($r = 0.78$, $P < 0.001$และ 0.54, $P < 0.001$ ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ Jagadish *et al.* (2009) ที่พบว่า จำนวนของละอองเรณูที่งอกบนเกสรตัวเมียมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการติดเมล็ดในข้าว จากการพบความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประเมินผลกระทบของอุณหภูมิสูงต่อการติดเมล็ดของข้าวได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองวิธีการทำให้สรุปได้ว่า การทดสอบความมีชีวิตของละอองเรณูที่งอกในอาหารเลี้ยงมีความสะดวกมากกว่าการประเมินบนยอดเกสรตัวเมียซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิในระยะของการผสมเกสรและการปฏิสนธิมากกว่า แตกต่างกับการงอกของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละอองเรณูในอาหารเลี้ยงที่อุณหภูมิในตอนงอกค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดในข้าวมากกว่าจำนวนละอองเรณูที่งอกบนยอดเกสรตัวเมียอีกด้วย จากการศึกษาในหลายงานทดลองทำให้ทราบว่า กระบวนการผสมเกสรในข้าวจะเกิดขึ้นภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากดอกข้าวเริ่มบาน อุณหภูมิในช่วงนี้ถือว่ามีความสำคัญมากที่สุดที่ทำให้การงอกของละอองเรณูบนยอดเกสรตัวเมียมีความแปรปรวนต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นในช่วงดอกบานแต่ละวันมากกว่าการงอกในอาหารเลี้ยง ซึ่งสอดคล้องกับ Satake and Yoshida (1978) ที่รายงานว่า ในช่วงผสมเกสร ระหว่างที่ดอกข้าวกำลังบานอยู่เป็นช่วงเวลาที่ข้าวได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงมากกว่าช่วงเวลาก่อนและหลังจากดอกข้าวบานซึ่งมีผลกระทบเพียงเล็กน้อย

ข้าวแต่ละพันธุ์จะตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน จากรายงานที่ผ่านมา Prasad *et al.* (2006) พบว่า กลุ่มพันธุ์ข้าวจากต่างทวีป มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน โดยพันธุ์ข้าวกลุ่ม indica จากอินเดียทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าพันธุ์ข้าวกลุ่ม japonica จากสหรัฐอเมริกา จากการทดลองที่ 1 พบว่า ในข้าวพันธุ์หลักของไทยที่นำมาทดสอบซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวกลุ่ม indica ได้แสดงถึงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงในช่วงดอกบาน โดยพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แสดงความทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่า พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สันป่าตอง 1 เพราะสามารถติดเมล็ดในสภาพอุณหภูมิสูงในช่วงดอกบานได้ดีกว่าทั้ง 2 พันธุ์ เช่นเดียวกับการติดเมล็ดในข้าวพันธุ์ N22 ที่สามารถติดเมล็ดในสภาพอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าพันธุ์อื่น (Satake and Yoshida, 1978; Prasad *et al*., 2006; Jagadish *et al.,* 2009) การติดเมล็ดที่ดีของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่าเกิดจากการที่มีความสามารถในการรักษาความมีชีวิตของละอองเรณูและการงอกของละอองเรณูบนยอดเกสรตัวเมียไว้ได้แม้อุณหภูมิในช่วงดอกบานจะสูงขึ้น แต่ในพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สันป่าตอง 1 พบว่าลักษณะดังกล่าวนั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับความแตกต่างของจำนวนละอองเรณูที่งอกบนยอดเกสรตัวเมียระหว่างข้าวทั้ง 3 พันธุ์ซึ่ง ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ก็ยังคงมีความทนทานต่อความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมิในช่วงดอกบานได้ดีกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สันป่าตอง 1 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในช่วงดอกบานกับจำนวนละอองเรณูที่งอกบนเกสรตัวเมียในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่ตอบสนองต่อความแปรปรวนจากอุณหภูมิในช่วงดอกบาน ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่มีความสัมพันธ์เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิในช่วงดอกบานอย่างเห็นได้ชัด ($r = -0.71$, $P < 0.001$ และ $r = -0.58$, $P < 0.01$ ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างกับลักษณะความมีชีวิตของละอองเรณูและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง โดยข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีความสัมพันธ์เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิในช่วงดอกบาน (ตารางที่ 4.13) ดังนั้นในการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สุพรรณบุรี 1 จัดเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงในช่วงดอกบาน ส่วนพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สันป่าตอง 1 จัดให้เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่ออุณหภูมิสูงในช่วงดอกบาน

เมื่อพิจารณาการตอบสนองต่อการเพิ่มอุณหภูมิสูงในช่วงดอกบานของข้าวพันธุ์ทนทานและอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูง โดยใช้โรงเรือนพลาสติกในการเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งทำให้มีอุณหภูมิในช่วงดอกบานเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ผลจากการทดลองที่ 2 พบว่าทั้งข้าวพันธุ์ทนทานและอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูงที่คัดเลือกมาจากการทดลองที่ 1 มีการตอบสนองต่อการเพิ่มอุณหภูมิสูงเหมือนกัน แต่ในข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ทนทานต่ออุณหภูมิสูง มีความสามารถในการรักษาความมีชีวิตของละอองเรณู จำนวนละอองเรณูที่ตกและงอกบนยอดเกสรตัวเมีย และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีในระยะสุกแก่สูงกว่าพันธุ์สันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่ออุณหภูมิสูงทุกอุณหภูมิ สอดคล้องกับ Matsui *et al.* (2001) ที่รายงานว่า ข้าวพันธุ์ Akitakomachi ซึ่งเป็นพันธุ์ทนทานต่ออุณหภูมิสูง มีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดสูงกว่าข้าวพันธุ์ Hinohikari ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเกือบทุกอุณหภูมิ เช่นเดียวกับ Prasad *et al.* (2006) ที่รายงานว่า อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ข้าวพันธุ์ N22 ซึ่งเป็นพันธุ์ทนทาน มีความมีชีวิตของละอองเรณูและจำนวนละอองเรณูที่ตกบนยอดเกสรตัวเมียรวมไปถึงเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดนั้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับทุกพันธุ์

ผลจากการทดลองที่ผ่านมา กระบวนการผสมเกสรนั้นได้รับผลกระทบในทางลบจากอุณหภูมิในช่วงดอกบานเพียง 33 - 35 องศาเซลเซียสเท่านั้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการติดเมล็ดในข้าว แต่จากรายงานของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติได้กล่าวไว้ว่า อุณหภูมิกลางคืนที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นเพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกลางวัน (Peng *et al*. 2004) จากผลดังกล่าวทำให้ข้าวพันธุ์ IR72 ให้ผลผลิตเมล็ดลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในตอนกลางคืนตลอดฤดูปลูกเพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส โดยเทียบจากฐานอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้จำนวนดอกและมวลชีวะของข้าวลดลง (Peng *et al*. 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Nagarajan *et al*. (2010) ที่รายงานว่า อุณหภูมิกลางคืนที่สูงขึ้นจาก 22 องศาเซลเซียส ทำให้ผลผลิตเมล็ดและคุณภาพความหอมของพันธุ์ข้าว 5 พันธุ์นั้นลดลง จากการทดลองที่ 3 ซึ่งได้เปรียบเทียบการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงในเวลากลางคืนในระยะการสร้างดอกของข้าวพันธุ์ทนทานและอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูง พบว่า มีการตอบสนองที่แตกต่างกันของพันธุ์ข้าวในการสร้างจำนวนดอก ความสูง และการสร้างน้ำหนักแห้งต้น โดยพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ทนทานต่ออุณหภูมิสูง พบว่ามีการสร้างจำนวนดอก ความสูง และน้ำหนักแห้งลดลง แต่อุณหภูมิในเวลากลางคืนต้องเพิ่มสูงขึ้นถึง 26 องศาเซลเซียส ต่างจากพันธุ์สันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่ออุณหภูมิสูง โดยพบว่าอุณหภูมิกลางคืนที่เพิ่มสูงขึ้นจาก 22 องศาเซลเซียส ทำให้การสร้างจำนวนดอก ความสูง และการสร้างน้ำหนักแห้งต้นลดลงอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกลางคืนกับจำนวนดอกต่อรวง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีความสัมพันธ์เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิกลางคืน ($r = -0.82$, $P < 0.01$ และ $r = -0.95$, $P < 0.001$ ตามลำดับ) ส่วนลักษณะความสูงและน้ำหนักแห้งในข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 พบว่า มีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิกลางคืน ($r = -0.99$, $P < 0.001$ และ $r = -0.88$, $P < 0.01$ ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิกลางคืน (ตารางที่ 4.32) จากการสร้างน้ำหนักแห้งที่ลดลงจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การสร้างดอกของพันธุ์สันป่าตอง 1 น้อยกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวไทยมีความแตกต่างกันในการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูง เมื่อพิจารณาในกระบวนการสร้างผลผลิต พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพอุณหภูมิสูงในช่วงผสมเกสรและอุณหภูมิสูงในเวลากลางคืนได้ดีที่สุด น่าจะเหมาะสำหรับนำไปปลูกในสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงอันตรายจากอุณหภูมิสูงได้ดีในช่วงการสร้างผลผลิต หรือเป็นแหล่งพันธุกรรมที่ดีเพื่อนำไปศึกษาการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงในกลไกอื่นเพิ่มเติมได้ โดยพันธุ์ข้าวที่สามารถให้ผลผลิตดีในสภาพอุณหภูมิสูงจะต้องมีความสามารถในการปรับตัวต่ออิทธิพลจากอุณหภูมิสูงทั้งกลางวันและกลางคืนในกระบวนการสร้างผลผลิตของข้าวได้ดี เช่น สามารถรักษาความมีชีวิตของละอองเรณู มีจำนวนละอองเรณูที่ตกลงบนยอดเกสรตัวเมียที่มากและสามารถงอกและยืดท่อละอองเรณูลงไปในรังไข่ได้ดีแม้อุณหภูมิจะสูงในช่วงกระบวนการดังกล่าว รวมไปถึงสามารถสร้างจำนวนดอกและสร้างน้ำหนักแห้งต้นได้ดีแม้อุณหภูมิในเวลากลางคืนเพิ่มสูงขึ้น ลักษณะดังกล่าวนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้สามารถปรับตัวและรักษาผลผลิตได้ดีแม้ในสภาพอุณหภูมิสูงเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลกที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตต่อไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved