บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

<u>การตอบสนองของลูกผสมชั่วที่ 1</u>

จากการศึกษาเปรียบเทียบลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างข้าวก่ำ 7 สายพันธุ์ กับข้าวเจ้าขาว (PTT1) เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ จากการประเมินลักษณะทางสัณฐานพบความแตกต่างระหว่างพ่อแม่และลูกผสมมีการแสดงออกของยีนเป็นแบบข่ม โดยมีทั้งข่มสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ เริ่มจากในระยะแตกกอ ในสีแผ่นใบและสีกาบใบพบว่าว่าลักษณะสีเขียวเส้นม่วงข่มสีเขียวโดยมีการแสดงออกแบบข่มไม่สมบูรณ์ของสีม่วง Rajeev *et al.* (2000) ศึกษาสีลิ้นใบ สีเขี้ยวใบ พบว่ายีนที่ควบคุมลักษณะสีม่วงข่มสีเขียวแสดงออกแบบข่มสมบูรณ์ ในระยะออกดอก พบว่าสียอดดอกมีการแสดงออกแบบข่มไม่สมบูรณ์ของลักษณะสีม่วงโดยลูกผสมมียอดดอกสีแดง ส่วนสียอดเกสรตัวเมียและสีกลีบรองดอกพบว่าลูกผสมมีสีม่วงเช่นเดียวกับพันธุ์แม่ จึงแสดงออกแบบข่มสมบูรณ์ ในระยะสุกแก่ลักษณะสีเปลือกเมล็ดพบว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะสีฟางข่มเปลือกสีฟางขีดน้ำตาลโดยแสดงออกแบบข่มสมบูรณ์ในทุกๆ คู่ผสม ส่วนการแสดงออกของลักษณะชนิดแป้งของลูกผสมชั่วที่ 1 ในทุกคู่ผสมแสดงออกแบบข่มสมบูรณ์ของลักษณะข้าวเจ้าเหนือข้าวเหนียว ส่วนสีเยื่อหุ้มเมล็ดพบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ทุกคู่ผสมมีสีม่วง 50 % ของเมล็ดเช่นเดียวกับการทดลองของพีรนันท์ (2557) ในขณะที่ลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดของลูกผสมทุกคู่ผสมมีสีม่วงเพียง 50% ของเมล็ด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายีนที่ควบคุมการแสดงออกสีม่วงจากข้าวก่ำนั้นแสดงออกแบบข่มไม่สมบูรณ์ เช่นเดียวกับการทดลองของ Rahman *et al.* (2013) ซึ่งการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ทำให้เห็นถึงการข่มของยีนที่มีทั้งแบบ complete dominance และ incomplete dominance ของพันธุ์แม่ที่กระทำต่อลักษณะต่าง ๆ ของพันธุ์พ่อ PTT1

สำหรับลักษณะทางปริมาณ พบว่าจำนวนวันออกดอกลูกผสมทุกคู่ผสมมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เร็วกว่าทั้งพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งส่งผลถึงวันเก็บเกี่ยวที่เร็วขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Pham *et al.* (2004) ที่พบว่าจำนวนวันออกดอกของลูกผสมมีลักษณะเป็นพันธุ์เบาหรืออายุการเก็บเกี่ยวสั้น ซึ่งอาจหมายความได้ว่าลักษณะที่แสดงออกเป็นพันธุ์เบาแสดงอิทธิพลข่มพันธุ์หนัก ซึ่งต่างจากการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของ จิรพันธุ์ (2556) ที่พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 มีจำนวนวันออกดอกอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะจำนวนหน่อต่อกอของทุกคู่ผสม พบว่าคู่ผสม BES037 × PTT1 มีค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อต่อกอสูงที่สุด คือ 14 หน่อต่อต้น ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อ PTT1 ส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงที่สุดคือ 5.303 กรัม และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด คือ 0.2513 ซึ่งจากการศึกษาของ กนกรส (2547) พบว่าการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm เป็นค่าดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณแอนโทไซยานิน เนื่องจากเป็นความยาวคลื่นนี้จะให้สีม่วงแดงของแอนโทไซยานินได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงคัดเลือกคู่ผสมนี้ไปปลูกศึกษาการกระจายตัวในลูกผสมชั่วที่ 2 ในงานทดลองถัดไป

<u>การกระจายตัวของลูกผสมชั่วที่ 2</u>

เมื่อศึกษาการกระจายตัวของลักษณะทางสัณฐานในลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวก่ำพันธุ์ปิอิซู 037 กับข้าวขาวพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นลักษณะทางคุณภาพที่ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนน้อยคู่ ผลการศึกษาพบว่าในลักษณะสีแผ่นใบ สีกาบใบ สีลิ้นใบ และสียอดดอก ถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุนิสา (2542) และ Dhulappanavar (1973) ในส่วนของลักษณะการมีหาง พบว่าถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ โดยมีอัตราส่วนของลูกผสมไม่มีหาง:มีหาง เท่ากับ 3:1 ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของธีรศักดิ์ (2547) ที่ได้ศึกษาการผสมข้ามชนิดระหว่างข้าวพันธุ์ปลูกและข้าวพันธุ์ป่าพบว่าถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ แต่สัดส่วนลูกผสมไม่มีหาง:มีหาง เท่ากับ 1:3 ในขณะที่การศึกษาของพีรนันท์ (2557) พบว่าลักษณะนี้ถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ สัดส่วนไม่มีหาง:มีหาง เท่ากับ 15:1 ในส่วนของลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดของลูกผสมพบว่าถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ โดยมีอัตราส่วนของลูกผสม คือ สีม่วงน้ำตาล และขาว เท่ากับ 9:3:4 เช่นเดียวกับการทดลองของ Rahman *et al.* (2013) ที่พบว่าลักษณะนี้ถูกควบคุมด้วย 2 ยีน คือ *Pb* และ *Pp* เป็นแบบ recessive epistatis และพบว่ามีการกระจายตัวของสีเยื่อหุ้มเมล็ดทั้งสามแบบ คือ สีม่วง : สีน้ำตาล : สีขาว เท่ากับ 9:3:4 โดยการปลูกในที่ลุ่มให้ความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดน้อยกว่าการปลูกในที่สูง และพบว่าการกระจายตัวของสีม่วงแสดงออกมาน้อยกว่าค่าคาดหมาย ในขณะที่การปลูกในที่สูงพบว่าการกระจายตัวของสีเยื่อหุ้มไม่มีความแตกต่างกับค่าคาดหมาย และเมื่อรวมทั้งสองพื้นที่ปลูกจำนวนต้นที่เพิ่มขึ้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกับค่าคาดหมาย ดังนั้นจึงน่าจะถูกควบคุมโดยยีน 2 คู่ โดยมีการแสดงออกแบบข่มข้ามคู่ (epistasis) ในส่วนของชนิดแป้งพบการกระจายตัวของชนิดแป้งทั้งสามชนิด คือ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวเจ้าและเหนียวในต้นเดียวกัน โดยชนิดข้าวเจ้ามีจำนวนต้นสูงสุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ อภินันท์ (2545) และ พีรนันท์ (2557) ที่พบการกระจายตัวของข้าวทั้งสามชนิดในประชากรลูกผสมระหว่างข้าวเจ้ากับข้าวเหนียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาการกระจายตัวของปริมาณแอนโทไซยานินในลูกผสมชั่วที่ 2 พบว่าลักษณะปริมาณแอนโทไซยานิน มีการกระจายตัวแบบต่อเนื่อง (continuous distribution) มีค่าระหว่างพันธุ์พ่อแม่ ส่วนใหญ่กระจายตัวไปในทิศทางของพันธุ์พ่อ PTT1 ที่เป็นพันธุ์ข้าวขาวไม่พบแอนโทไซยานินในเมล็ด โดยจำนวนต้นของประชากรส่วนใหญ่มีค่าปริมาณแอนโทไซยานินค่อนข้างต่ำ และมีประชากรค่อนข้างน้อยที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tae-Ho *et al*. (2015) ที่พบว่าในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวก่ำพันธุ์ Heugjinju กับข้าวขาวพันธุ์ Hwacheong ges มีจำนวนต้นสูงในช่วงของปริมาณสารแอนโทไซยานิน (*cyanidin-3-glucoside)* ต่ำ และจำนวนของประชากรจะลดลงเมื่อมีปริมาณสารแอนโทไซยานินที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มประชากรลูกผสมส่วนใหญ่มีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของพีรนันท์ (2557) ที่พบว่าจำนวนต้นของประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ส่วนใหญ่กระจายตัวไปยังทิศทางที่มีค่าปริมาณแอนโทไซยานินค่อนข้างต่ำ และมีประชากรส่วนน้อยที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงในคู่ผสมระหว่างข้าวก่ำพันธุ์ดอยสะเก็ดและพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่ปทุมธานี 1 ซึ่งการแสดงออกเช่นนี้อาจเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนหลายๆ ตัวที่อยู่คนละตำแหน่ง (locus) ซึ่งมีผลให้ยีนจากตำแหน่งหนึ่งไปเปลี่ยนแปลงอิทธิพลของยีน อีกตำแหน่งหนึ่งได้ (epistasis) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Rahman *et al*. (2013) ดังนั้นในการคัดเลือกต้นที่มีแอนโทไซยานินสูงนั้น จะต้องมีการกำหนดประชากรให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มจำนวนต้นที่มีการแสดงออกของลักษณะที่เราต้องการ และเพิ่มโอกาสในการคัดเลือกต้นที่มีแอนโทไซยานินสูง นอกจากนั้น ยังพบว่าประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 มีต้นที่ปริมาณแอนโทไซยานินใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ (BES037) จำนวน 4 ต้น เนื่องจากมียีนหลายคู่ที่ควบคุมลักษณะที่แสดงออก (polygenes) (Maeda *et al*., 2014) อาจไม่สามารถคัดเลือกได้ในชั่วต้น ๆ ดังนั้นควรมีการปลูกในหลาย ๆ ชั่ว เพื่อเพิ่มประชากรและรักษาพันธุกรรม (genotype) ที่ควบคุมลักษณะเหล่านี้ไว้ และส่งผลให้การกระจายตัวเพิ่มขึ้น เพื่อสร้างโอกาสในการจับคู่กันของยีนเพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

<u>อิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อปริมาณแอนโทไซยานิน</u>

จากการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดของลูกผสมชั่วที่ 2 เมื่อปลูกต่างแหล่งปลูก พบว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Somsana *et al.* (2013) ที่ศึกษาการปลูกข้าวก่ำ 7 สายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกทั้งหมด 8 สภาพแวดล้อม พบว่าแต่ละสายพันธุ์ให้ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดสูงในพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม มีเพียง 2 สายพันธุ์ คือ ULR238 และ ULR046 ที่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงในทุก ๆ พื้นที่ปลูก และสอดคล้องกับ

การศึกษาของ Rerkasem *et al.* (2015) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวก่ำ 9 สายพันธุ์ที่ปลูกบนพื้นที่สูงและที่ราบลุ่มให้ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดที่แตกต่างกัน ซึ่งจากผลการศึกษาในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่าง BES037 กับ PTT1 พบว่า การปลูกในที่สูง (TL) มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดสูงกว่าการปลูกในที่ลุ่ม (CMU) ผลที่ได้อาจเป็นไปได้ว่าการปลูกในที่สูงมีสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าการปลูกในที่ลุ่ม (ชนากานต์, 2557) จากการศึกษาของ Yamane *et al.* (2006) พบว่าการปลูกองุ่นปลูกในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิประมาณ 15 – 20 องศาเซลเซียส จะให้ผลผลิตที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าการปลูกที่ 30 องศาเซลเซียส ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์จึงต้องมีการวางแผนปลูกทดสอบและคัดเลือกในหลาย ๆ สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีทุกสภาพแวดล้อม (general adaptation) และในกรณีที่ต้องการคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงเฉพาะสภาพแวดล้อม ต้องมีการกำหนดพื้นที่สภาพแวดล้อมเป้าหมายในการคัดเลือก

ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกันทั้งสองแหล่งปลูก พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินจากต้นที่ปลูกในที่ลุ่มและต้นที่ปลูกในที่สูง พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ซึ่งต้นที่ปลูกในที่สูงให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูง เมื่อปลูกในที่ลุ่มก็จะให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดระหว่างพื้นที่ปลูก พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงทั้งเมล็ดในที่สูงเมื่อปลูกในที่ลุ่มมีการกระจายตัวของสีเยื่อหุ้มเมล็ดและการปลูกในที่สูงจะให้สีเยื่อหุ้มที่เข้มกว่าการปลูกในที่ลุ่ม และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งสองแหล่งปลูก ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กัน

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ พบว่าลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ด จากการแบ่งระดับความเข้มของสีเยื่อหุ้มทั้งหมด 4 ระดับ คือ ม่วงทั้งเมล็ด ม่วง 3/4 ของเมล็ด ม่วง 2/4 ของเมล็ด ม่วง 1/4 ของเมล็ด และสีขาว พบว่าปริมาณแอนไซยานินสูงขึ้นตามความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tae-Ho *et al.* (2015) ที่พบความสัมพันธ์กันระหว่างสีของเมล็ดข้าวกับสารแอนโทไซยานิน (*cyanidin-3-glucoside)* และยังสอดคล้องกับการทดลองของ พีรนันท์ (2557) และ Maeda *et al*. (2014) ที่พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีค่ามากขึ้นตามความเข้มสีของเมล็ดข้าว โดยต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงจะมีแอนโทไซยานินสูง และต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลไปจนถึงสีขาวจะมีค่าปริมาณแอนโทไซยานินน้อยมากหรือไม่พบเลย ในส่วนของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นไม่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าว แสดงว่าปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดที่สูงไม่ได้เกิดจากผลผลิตต่ำ (non dilution effect) และยังพบว่าชนิดแป้งข้าวเหนียวให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อใช้ในการวางแผนและการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดสูง ซึ่งจะเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการวางแผนวิธีการคัดเลือกของนักปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้งานปรับปรุงพันธุ์นั้นประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์เป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved