บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อเกิดการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าบรรพบุรุษ (*Oryza rufipogon* Griff.) กับข้าวปลูก (*O. sativa* L.) จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีนที่ควบคุมความแตกต่างระหว่างข้าวทั้งสองชนิดซึ่งมีความแตกต่างทางพันธุกรรมกันอย่างมาก ทำให้ได้ลูกผสมที่มีการกระจายตัวเป็นหลายลักษณะ จากการศึกษาการกระจายตัวของลูกผสมชั่วที่ 2 ที่ได้จากการการผสมข้ามระหว่างข้าวทั้งสองชนิด พบว่าลูกผสมมีการกระจายตัวของลักษณะทางสัณฐานและสรีระที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกการควบคุมการทางพันธุกรรมได้เป็นแบบอย่างง่าย (simple genetics control) และแบบซับซ้อน (poly genes)

ลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมอย่างง่ายที่พบทั้งหมดเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดแบบลักษณะทางคุณภาพ (qualitative inheritance) ได้แก่ลักษณะทรงกอ ความยาวเกสรตัวผู้ การมีหาง การปรากฏของสีบนส่วนต่างๆของต้นข้าว (สีกาบใบ สีข้อ สีปล้อง สียอดดอก สีเกสรตัวเมีย สีหาง สีเยื่อหุ้มเมล็ด) และเปอร์เซ็นต์ร่วงของเมล็ด ซึ่งทั้งหมดเป็นลักษณะทางคุณภาพยกเว้น เปอร์เซ็นต์ร่วงของเมล็ดที่เป็นลักษณะทางปริมาณแต่มีการถ่ายทอดลักษณะแบบลักษณะทางคุณภาพ โดยพบว่าลักษณะเหล่านี้ถูกควบคุมด้วยยีนน้อยคู่ จำนวน 1-3 คู่ และมีการแสดงออกของยีนเป็นทั้งแบบข่มสมบูรณ์ (complete dominant) และข่มข้ามคู่ (epistasis)

ลักษณะที่มีการถ่ายทอดแบบลักษณะทางคุณภาพที่พบทั้งหมดถูกควบคุมด้วยจำนวนยีนน้อยคู่ที่มีลักษณะป่าเป็นลักษณะเด่น จึงทำให้สามารถจำแนกและคัดเลือกความแตกต่างได้ง่ายด้วยตาเปล่า ดังนั้นเมื่อเกิดการคัดเลือกในระบบเพาะปลูก มนุษย์ก็จะคัดเลือกต้นที่มีลักษณะปลูกโดยเฉพาะลักษณะไม่ร่วงและนำไปปลูกในฤดูกาลต่อไป ซึ่งลักษณะปลูกส่วนใหญ่ที่พบจะมีพันธุกรรมเป็นลักษณะด้อย (homozygous recessive) มีผลทำให้ต้นคัดเลือกมาไม่มีการกระจายตัวของลักษณะป่า และเกิดการละทิ้งลักษณะป่าโดยไม่ได้ตั้งใจ เรียกกระบวนการนี้ว่า automatic selection (Harlan, 1992) เมื่อทำการจัดกลุ่มลิงเกจ (linkage group) ของลักษณะทางคุณภาพลักษณะซึ่งประกอบด้วย สีกาบใบ สีปล้อง สียอดดอก สีเกสรตัวเมีย การมีหาง สีหาง และสีเยื่อหุ้มเมล็ดสามารถพบกลุ่มความสัมพันธ์ 1-2 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มลิงเกจมีความสัมพันธ์กันโดยมีระยะทางระหว่างยีนที่ควบคุมแต่ละลักษณะอยู่ใกล้กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางปริมาณ (quantitative inheritance) เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมแบบซับซ้อนไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ด้วยตาเปล่ามีการกระจายตัวของลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง (continuous distribution) อยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และกระจายอยู่นอกเหนือขอบเขตพันธุ์พ่อแม่ (transgressive segregation) สำหรับจำนวนดอกย่อยต่อรวงพบว่าลูกผสมมีการกระจายส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของข้าวป่าแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของลักษณะป่าที่มีผลต่อลักษณะนี้

ความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างคู่ผสมในลักษณะความสูงจำนวนวันออกดอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และรูปร่างเมล็ด สำหรับลักษณะความสูง พบลักษณะต้นเตี้ยจำนวนมากในประชากรลูกผสมระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกสุพรรณบุรี 1 เมื่อเทียบกับลูกผสมในคู่ผสมอื่น เนื่องจากข้าวปลูกสุพรรณบุรี 1 ซึ่งเป็นข้าวปรับปรุงพันธุ์สมัยใหม่ ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาให้มีลักษณะต้นเตี้ยเมื่อเทียบกับข้าวปลูกพันธุ์อื่นๆส่วนใหญ่ (กรมวิชาการเกษตร 2546) ลักษณะจำนวนวันออกดอกพบว่าลูกผสมที่ได้จากข้าวปลูกพันธุ์แม่ขาวมะลิ 105 และปทุมธานี 60 ออกดอกใกล้เคียงกับข้าวป่ามากกว่าและเริ่มการออกรวงล่าช้ากว่าลูกผสมที่ได้จากข้าวปลูกสุพรรณบุรี 1 เนื่องจากข้าวปลูกขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 60 เป็นข้าวพันธุ์ไวแสงสามารถออกรวงได้ก็ต่อเมื่อได้รับช่วงแสงที่เหมาะสมมีลักษณะเช่นเดียวกันกับข้าวป่า ซึ่งแตกต่างจากข้าวปลูกพันธุ์ไม่ไวแสงที่สามารถออกรวงได้ตามปกติเมื่อต้นข้าวมีการเจริญทางลำต้นเต็มที่เช่น พันธุ์สุพรรณบุรี 1 จึงพบว่าลูกผสมที่ได้จากข้าวป่าและข้าวปลูกพันธุ์ไวแสงจะมีการกระจายตัวของลักษณะน้อยกว่าลูกผสมที่ได้จากข้าวป่าและข้าวปลูกพันธุ์ไม่ไวแสง และสามารถพบได้ในกรณีที่ข้าวปลูกพันธุ์ไม่ไวแสงมีการเจริญเติบโตจนถึงช่วงระยะออกรวงที่ไม่ตรงกับช่วงแสงที่เหมาะสมต่อการออกรวงของข้าวป่า ลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีที่พบมีการกระจายตัวของลูกผสมส่วนใหญ่ไปทั้งทางข้าวป่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่รวมถึงกระจายตัวอยู่กึ่งกลางระหว่างพันธุ์พ่อแม่ ส่วนขนาดของเมล็ดพบมีการกระจายตัวเกือบทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มเมล็ดเรียวยกเว้นลูกผสมในคู่ผสมระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกปทุมธานี 60 ที่พบว่ามีบางเมล็ดที่อยู่ในกลุ่มเมล็ดป้อมซึ่งอาจเกิดจากพันธุกรรมของข้าวป่าที่เป็น heterozygote ทำให้พบทั้งเมล็ดเรียวและเมล็ดป้อมอยู่ในลูกผสมและในสภาพธรรมชาติยังปรากฏพันธุกรรมของลักษณะเมล็ดป้อมในข้าวป่า

ในระหว่างกระบวนการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและปลูก จะทำให้เกิดแลกเปลี่ยนยีนระหว่างข้าวทั้ง 2 ชนิดและเกิดการรวมตัวกัน (recombination) อย่างอิสระของยีนที่ควบคุมลักษณะความแตกต่างระหว่างป่าและปลูก สามารถให้ลูกผสมที่มีการกระจายตัวเป็นลักษณะทั้งชนิดที่มีลักษณะเหมือนกับพันธุ์พ่อแม่ (parental type) และชนิดที่มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างพันธุ์พ่อแม่ (intermidate type) หรือ spontanea form ที่มีการกระจายตัวของลักษณะแตกต่างกันออกไป (Chitrakon, 1995 และ Oka, 1988) เมื่อนำประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ที่ได้จากการผสมข้าม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างข้าวทั้ง 2 ชนิดมาจัดกลุ่มตามลักษณะสีกาบใบ สีปล้อง สียอดดอก สีเกสรตัวเมีย ความยาวเกสรตัวผู้ การมีหาง สีหางและสีเยื่อหุ้มเมล็ด พบว่าส่วนใหญ่มีการกระจายตัวของลูกผสมอยู่ในกลุ่มลักษณะที่เหมือนกับข้าวป่าและกลุ่มที่มีลักษณะก่ำกึ่งระหว่างข้าวป่าและปลูกโดยไม่พบต้นที่มีลักษณะเหมือนข้าวปลูกพันธุ์แม่เลย ยกเว้นในคู่ผสมระหว่างข้าวสุพรรรบุรี 1 กับข้าวป่าที่มีการกระจายตัวของลูกผสมที่อยู่ในกลุ่มลักษณะก่ำกึ่งระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าลูกผสมที่ได้จากคู่ผสมระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกสุพรรณบุรี 1 มีโอกาสที่จะปรับตัวเข้าสู่ลูกผสมชนิด spontanea form และกลายเป็นข้าววัชพืชได้เร็วกว่าลูกผสมในคู่ผสมอื่น เนื่องจากข้าววัชพืชเกิดจากการปรับตัวของข้าวลูกผสมที่มีลักษณะก่ำกึ่งระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกหรือ spontanea form ที่สามารถอยู่รอดในสภาพแปลงปลูกข้าว พร้อมกับเกิดการปรับตัวให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับข้าวปลูกมากที่สุด โดยไม่ทิ้งลักษณะป่าบางประการที่สามารถสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตข้าว อีกทั้งการปรากฏลูกผสมชนิด recombinant type จำนวนมากในลูกผสมชั่วที่ 2 เป็นการยืนยันได้ว่าข้าววัชพืชมีโอกาสเพิ่มการระบาดและแพร่กระจายอย่างรวดเร็วภายในไม่กี่ฤดูกาลของการเพาะปลูกสอดคล้องกับ จรรยา (2548) ที่พบว่ามีการแพร่ระบาดของข้าววัชพืชในเขตภาคกลางเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาไม่กี่ปี นอกจากนี้ยังพบว่าลูกผสมชั่วที่ 2 มีอัตราการงอกของเมล็ดสูงกว่าข้าวป่าซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถในการปรับตัวของอัตราการงอกที่สูงใกล้เคียงกับข้าวปลูกภายในไม่กี่ชั่วลูกผสม สอดคล้องกับพฤติกรรมของข้าววัชพืชที่มีความแข็งแรงสามารถในการปรับตัวต่อการอยู่รอดได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับการศึกษาในระดับดีเอ็นเอพบว่าข้าวป่าและข้าวปลูกสามารถให้ความแตกต่างทางพันธุกรรม (polymorphism) โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล (molecular markers) และพบ polymorphism จำนวนมากทั่วทั้ง โครโมโซม 12 แท่ง (Xiong *et al*., 1999 และ Cai and Morishima, 2002) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพันธุ์ข้าวป่าและข้าวปลูกสามารถให้ polymorphism ได้มากกว่าระหว่างพันธุ์ข้าวปลูกด้วยกันเนื่องจากมีพื้นฐานทางพันธุกรรม (genetics background) ที่แตกต่างกันมากกว่า ดังเช่นการทดลองนี้ที่พบ polymorphism ระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก 3 พันธุ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ทั้งหมดเท่ากับ 77.3-84.9 และมีค่ามากกว่า polymorphism ระหว่างพันธุ์ข้าวปลูกด้วยกันที่มีเปอร์เซ็นต์ของการเกิด polymorphism เท่ากับ 36.4 เปอร์เซ็นต์ (เพ็ญนภา, 2550) สำหรับตำแหน่ง polymorphism ที่เกิดขึ้นนี้สามารถนำไปหาตำแหน่งยีนของลักษณะที่เราต้องการศึกษาและสามารถพัฒนาเพื่อการทำแผนที่ยีนต่อไป ดังเช่น Xiong *et al* (1999) ใช้เครื่องหมายทางโมเลกุลจำนวน 348 ตัวที่ให้ polymorphism ระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกทั่วโครโมโซมทั้ง 12 แท่งนำไปหาตำแหน่งยีนที่ควบคุมลักษณะความแตกต่างระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกจำนวน 44 QTLs ที่กระจายอยู่ทั่วบนโครโมโซมข้าวทั้ง 12 แท่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาตำแหน่งยีนที่ควบคุมลักษณะความแตกต่างระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกของการทดลองนี้ ศึกษาในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวป่าปราจีนบุรีกับข้าวปลูกสุพรรณบุรี 1 โดยคัดเลือก RM280 ที่ตั้งอยู่บนแขนข้างยาว (long arm) บนโครโมโซมแท่งที่ 4 ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะการร่วงเมล็ด (Li *et al*., 2006) มาทดสอบในประชากรลูกผสมโดยใช้วิธีการ bulk segregant analysis (Masojc´, 2002) ซึ่งสามารถให้ polymorphism ระหว่างกลุ่มประชากรที่เป็นตัวแทนของลักษณะร่วงและไม่ร่วงได้ จากนั้นนำ RM 280 และ micosatellite markers ที่อยู่ใกล้เคียงได้แก่ RM131 และ RM303 นำไปศึกษา ในลูกผสมชั่วที่ 2 แต่ละต้นเพื่อหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งยีนกับลักษณะทางปริมาณ ทำให้พบตำแหน่งยีน (QTLs) ที่ควบคุมลักษณะการร่วงของเมล็ด ตั้งอยู่ช่วงบริเวณ RM131-303 เป็นตำแหน่งเดียวกับที่มีการศึกษาในพันธุ์ข้าวต่างประเทศและเป็นที่ตั้งของยีน SHA1 locus (Li *et al*., 2006 และ Lin *et al*., 2006) ส่วน RM280 ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะร่วงของเมล็ดในคู่ผสมนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ลูกผสมที่มีพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ที่แตกต่างกันทำให้ได้ผลของความสัมพันธ์ระหว่าง marker กับลักษณะที่แตกต่างกัน.

นอกจากนี้ยังพบ QTL ที่อยู่ติดกับ QTL ของลักษณะการร่วงของเมล็ด ได้แก่ QTLs ของลักษณะเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และตามด้วย QTL ของลักษณะความสูงที่อยู่ห่างจาก QTL ของการร่วงของเมล็ดเท่ากับ 12-13 cM ตามลำดับ ซึ่ง QTLs ของทั้ง 3 ลักษณะทางปริมาณที่ถูกพบนี้ตั้งอยู่ใน linkage group เดียวกัน ซึ่งการคัดเลือกในกระบวนการวิวัฒนาการของข้าว (Domestication rice) การร่วงของเมล็ดถือได้ว่าเป็นลักษณะที่สำคัญที่สุด (Halan, 1992) ดังนั้นเมื่อเกิดการคัดเลือกอย่างเข้มข้นโดยมนุษย์ ก็จะให้ลักษณะที่มีตำแหน่งยีนที่ควบคุมอยู่ใกล้กับยีนที่ควบคุมลักษณะร่วงของเมล็ดถูกคัดเลือกออกไปด้วย ดังเช่นการทดลองนี้ที่พบ QTLs ของ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและความสูงอยู่ใกล้กับ QTL ลักษณะร่วงของเมล็ดและเป็น linkage group ดังนั้นเมื่อเกิดการแตกหักและรวมตัวกันใหม่ของยีน จะทำให้ยีนที่อยู่ในบริเวณ linkage group เดียวกันหรืออยู่ใกล้กันติดตามกันไปกับยีนที่ควบคุมลักษณะที่ถูกคัดเลือกเรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า selective sweep หรือ genetics hitchhiking มีผลทำให้ความแปรปรวน (variation) ในประชากร ลดน้อยลง (Kim and Stephan, 2002)

การกระจายตัวทางพันธุกรรมของลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก มีประโยชน์มากในงานปรับปรุงพันธุ์ เนื่องข้าวป่าเป็นแหล่งพันธุกรรมยีนที่เป็นประโยชน์หลายอย่างเช่น ยีนต้านทานโรค (Khush and Ling, 1974) และแมลง (Rongbai *et al*., 2001) ยีนที่ช่วยเพิ่มผลผลิต (Xiao *et al.* 1996) ดังนั้นเมื่อเกิดการผสมข้ามทำให้เกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับข้าวปลูกที่พบว่าปัจจุบันเหลือแหล่งพันธุกรรมอยู่น้อยหรือไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหลือเลย ซึ่งในบางครั้งยังอาจก่อให้เกิดลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ ที่มีลักษณะที่ดีและไม่เคยปรากฏในพันธุ์พ่อแม่มาก่อน นอกจากการกระจายตัวทางพันธุกรรมของลูกผสมจะมีประโยชน์ต่อการการปรับปรุงพันธุ์ข้าวแล้ว บางครั้งก็อาจก่อให้เกิดปัญหาร้ายแรง เนื่องจากการกระจายตัวของลักษณะในลูกผสมที่เกิดขึ้นสามารถพบทั้งลักษณะดีและไม่ดีในลูกผสม ซึ่งหากลักษณะที่ไม่ดีที่เกิดขึ้นได้รับวิวัฒนาการคู่ขนานกับพันธุ์ปลูกในระบบปลูกข้าวอย่างเข้มข้น (Harlan, 1992) ข้าวเหล่านี้ก็จะเกิดการปรับตัวและสามารถกลายเป็นข้าววัชพืชที่ร้ายแรง (weedy rice) และแพร่กระจายกลายเป็นปัญหาที่สร้างความเสียหายแก่เกษตรกรในปัจจุบัน ดังนั้นความเข้าใจในการทำงานและการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะความแตกต่างระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก รวมถึงตำแหน่งของยีนที่ควบคุมลักษณะที่สำคัญทั้งที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษย่อมมีความสำคัญต่อการศึกษาการปรับตัวของข้าวในกระบวนการวิวัฒนาการข้าว และการใช้ประโยชน์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงการจัดการเพื่อแก้ไขปัญหาข้าววัชพืชต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved