บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การตอบสนองของสายพันธุ์พ่อแม่

จากรายงานพบว่าสายพันธุ์ข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ เมื่อแบ่งลักษณะการตอบสนองต่อการขาดโบรอนในการติดเมล็ด สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ ทนทานที่สุด (B efficient, E), ทนทานปานกลาง (moderate B efficient, ME), ไม่ทนทานปานกลาง (moderate B inefficient, MI), ไม่ทนทาน (B inefficient, I) และไม่ทนทานมาก (very B inefficient, VI) (Jamjod et al., 1993; Rerkasem and Jamjod, 1997a; Jamjod and Rerkasem, 1999) โดยสายพันธุ์พ่อแม่ของข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมในลักษณะการตอบสนองต่อการขาดโบรอนในการติดเมล็ด ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ทนทานที่สุด, ทนทานปานกลาง, ไม่ทนทานปานกลาง และไม่ทนทาน มีรายงานมากมายเกี่ยวกับการขาดโบรอนในธัญพืชเมืองหนาวที่ทำให้การติดเมล็ดลดลง เช่น ในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ อย่างไรก็ตาม นอกจากความแตกต่างในการติดเมล็ดแล้ว สายพันธุ์พ่อแม่ของบาร์เลย์ยังแสดงความแตกต่างในลักษณะ จำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง จำนวนหน่อต่อต้นและน้ำหนักฟาง ยืนยันการตอบสนองในลักษณะการเจริญทางลำต้นและใบ (Jamjod and Rerkasem, 1999; จำเนียร, 2544; วัชรา, 2545) ผลของการขาดโบรอนต่อการติดเมล็ดนั้น Cheng and Rerkasem (1993) แสดงว่าการขาดโบรอนในข้าวสาลีทำให้เกสรตัวผู้มีขนาดเล็กและมีรูปร่างผิดปกติ นอกจากนี้ Rerkasem and Jamjod, 1997a ยังพบว่าการขาดโบรอนทำให้ละอองเรณูมีปริมาณแป้งต่ำ ส่วนในข้าวบาร์เลย์พบว่าการขาดโบรอนทำให้เกิดความผิดปกติของละอองเกสรตัวผู้ รังไข่บวม และรวงมีลักษณะโปร่งแสง (Simojoki, 1972) ทำให้ไม่เกิดการผสมเกสร ติดเมล็ดลดน้อยลง ในข้าวสาลีพันธุ์ทนทานที่สุด (Fang 60) และข้าวบาร์เลย์พันธุ์ทนทนทานที่สุด (BRB 9604) มีการติดเมล็ดเป็นปกติในทุกระดับโบรอนที่ศึกษา โดยมีค่าความเข้มข้นโบรอนในรวงประมาณ 7-8 ppm. ขณะที่สายพันธุ์อื่นที่ไม่ทนทานกว่าทั้งในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์พบว่ามีการติดเมล็ดลดลงเมื่อปลูกในสภาพขาดโบรอน โดยมีความเข้มข้นโบรอนในรวงอยู่ระหว่าง 4.5-7.3 และ 5.2-7.4 ppm. ตามลำดับ แสดงว่าข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 และข้าวบาร์เลย์พันธุ์ BRB 9604 เป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการใช้โบรอนมากที่สุดในแต่ละชนิดพืช โดยในข้าวบาร์เลย์พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโบรอนในรวงกับค่าดัชนีการติดเมล็ด ($r = 0.6477$) ขณะที่ข้าวสาลีไม่พบความสัมพันธ์นี้ ($r = 0.0094$)

นอกจากการติดเมล็ดแล้ว การขาดโบรอนยังทำให้ข้าวบาร์เลย์มีจำนวนช่อดอกย่อยลดลง ขณะที่จำนวนหน่อต่อต้นและน้ำหนักฟางเพิ่มขึ้น สายพันธุ์ทนที่จำแนกโดยการติดเมล็ด (Jamjod and Rerksaem, 1999) แสดงความทนทานในลักษณะเหล่านี้โดยมีจำนวนช่อดอกย่อยลดลงน้อยที่สุด และมีจำนวนหน่อต่อต้น น้ำหนักฟางเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ขณะที่สายพันธุ์อื่นที่ไม่ทนทานกว่า [BRB 9 (ทนทานปานกลาง), BCMU 96-9 (ไม่ทนปานกลาง) และ SMGBL 91002 (ไม่ทนทาน)] มีจำนวนช่อดอกย่อยลดลงมากกว่า และมีจำนวนหน่อต่อต้น น้ำหนักฟางเพิ่มขึ้นมากกว่า อาจเป็นไปได้ว่าการขาดโบรอนไปมีผลต่อช่วงการเจริญของ primodia (จำเนียร, 2544) ซึ่งเป็นช่วงกำหนดขนาดของรวง ส่งผลทำให้พันธุ์ที่ไม่ทนทานต่อการขาดโบรอนมีลักษณะรวงสั้นลง เมื่อเทียบกับระดับเพียงพอ (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับงานทดลองของ วัชรา (2545) นอกจากนี้การขาดโบรอนมีผลทำให้ข้าวบาร์เลย์มีการแตกหน่อหลังเพิ่มขึ้น มีรายงานว่าการขาดโบรอนในพืชจะส่งผลให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายของ IAA (Marchner, 1995) อาจเป็นผลทำให้ตาข้างเจริญเป็นหน่อหลังเพิ่มขึ้นมาได้ เช่นเดียวกับงานทดลองของจำเนียร (2544) และวัชรา (2545) โบรอนจึงไม่เป็นปัจจัยจำกัดในการสร้างหน่อแต่จำกัดการติดเมล็ด แสดงให้เห็นว่าความต้องการโบรอนสำหรับการเจริญพันธุ์มีมากกว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ

การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ในข้าวสาลีการแสดงออกของยีนที่ควบคุมสมรรถภาพการใช้โบรอนของลักษณะการติดเมล็ด พบว่ามีการแสดงออกแบบข่มสมบูรณ์ และไม่พบความแตกต่างในการแสดงออกของยีนระหว่างคู่ผสมที่ทำการศึกษา ส่วนข้าวบาร์เลย์พบการแสดงออกของยีนที่ควบคุมสมรรถภาพการใช้โบรอนในลักษณะการติดเมล็ดและจำนวนช่อดอกต่อรวง พบว่ามีการแสดงออกของยีนขึ้นกับชนิดการรวมตัวของคู่ผสม และความรุนแรงของการขาดโบรอน

การแสดงออกของยีนในลักษณะการติดเมล็ดของข้าวสาลี พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่าง Fang 60 (ทนทานที่สุด) และสายพันธุ์ที่ทนทานน้อยกว่าในทุกคู่ผสมที่ศึกษา พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากพันธุ์ Fang 60 ในทุกระดับการขาดโบรอน แสดงว่าการแสดงออกของยีนเป็นแบบข่มสมบูรณ์ (dominance) ของยีนที่ทนทานกว่าจากพันธุ์ Fang 60 สอดคล้องกับงานทดลองของสุภาวดี (2543) ส่วนข้าวบาร์เลย์ มีเพียงลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่าง BRB 9604 (ทนทานที่สุด) กับ BRB 9 (ทนทานปานกลาง) เท่านั้นที่มีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์ที่ทนทานกว่า แสดงว่าพฤติกรรมของยีนเป็นแบบข่มสมบูรณ์ของยีนที่ทนทานกว่าจากพันธุ์ BRB 9604 เช่นเดียวกับที่พบในข้าวสาลี แต่เมื่อนำพันธุ์ทนทานที่สุด (BRB 9604) ผสมกับสายพันธุ์อื่นที่ทนทานน้อยกว่า พบว่าการแสดงออก

ของยีนเป็นแบบข่มสมบูรณ์ของยีนที่อ่อนแอกว่า และในกรณีที่ทำการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่มีการตอบสนองแตกต่างกัน พบว่ามีการแสดงออกของยีนแบบอื่น เช่นแบบบวกสะสม (ศันสนีย์ และเบญจวรรณ, 2543)

ในลักษณะจำนวนช่อดอกต่อรวงของข้าวบาร์เลย์ พบว่าการแสดงออกของยีนแตกต่างกันตามการรวมตัวของคู่ผสม ในลูกผสมระหว่าง BRB 9604 x BRB 9 และ BRB 9604 x SMGBL 91002 มีจำนวนช่อดอกต่อรวงเป็นปกติเช่นเดียวกับ BRB 9604 แสดงว่าการแสดงออกของยีนเป็นแบบข่มสมบูรณ์ของยีนที่ทนทานกว่าจากพันธุ์ BRB 9604 ส่วนคู่ผสมระหว่าง BRB 9604 (ทนทานที่สุด) กับ BCMU 96-9 (ไม่ทนทานปานกลาง) พบว่ามีการลดลงของจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงอยู่ระหว่างพ่อแม่ แสดงถึงพฤติกรรมของยีนแบบบวกสะสม (ตารางที่ 5)

การที่ข้าวบาร์เลย์บางสายพันธุ์ และคู่ผสมบางคู่มีน้ำหนักฟางและจำนวนหน่อต่อต้นเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณโบรอนในสารอาหารลดลง อาจเป็นผลสืบเนื่องจากการยับยั้งการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายของ IAA ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ข้าวบาร์เลย์แตกหน่อเพิ่มขึ้น (Marchner, 1995) จึงไม่สามารถบอกได้ว่าการแสดงออกของลูกผสมชั่วที่ 1 ในลักษณะของจำนวนหน่อและน้ำหนักฟางเป็นผลมาจากการแสดงออกของยีนโดยตรง

จากการแสดงออกของยีนที่ควบคุมสมรรถภาพการใช้โบรอนต่อการตอบสนองในลักษณะต่างๆ ทั้งในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ พบว่าการแสดงออกของยีนมีความแตกต่างกันตามชนิดของคู่ผสม และความรุนแรงของการขาดโบรอน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของ Paull (1990) ที่กล่าวถึงการแสดงออกของยีนต่อระดับของธาตุอาหารไว้ว่า พฤติกรรมการแสดงออกของยีนที่ควบคุมสมรรถภาพการใช้ธาตุอาหารของพันธุ์พืชแต่ละชนิดนั้น ค่าของลูกผสมชั่วที่ 1 จะผันแปรอยู่ระหว่างพ่อและแม่ ซึ่งอาจจะเข้าใกล้ทิศทางใดทิศทางหนึ่งหรืออยู่กึ่งกลางระหว่างพ่อแม่ ขึ้นกับการรวมตัวของลูกผสมที่ได้จากการตอบสนองของพ่อแม่ชนิดต่างๆ ที่นำมาศึกษาและระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร

จากการศึกษาการแสดงออกของยีนต่อธาตุอาหารอื่นในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ พบว่าการแสดงออกของยีนมีความแตกต่างกัน Reid (1971) ได้ศึกษาในประชากรของ winter barley พบว่ายีนที่ควบคุมความทนทานต่ออลูมิเนียมถูกควบคุมด้วยยีนจำนวน 1 ยีน โดยการแสดงออกของยีนเป็นแบบข่มสมบูรณ์ ในข้าวสาลี (*Triticum aestivum* vill. Host.) พบว่ายีนที่ควบคุมความทนทานต่อการเป็นพิษของอลูมิเนียมถูกควบคุมด้วยยีนจำนวน 1 ยีน (Kerridge and Kronstad., 1968) และในข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare*) พบว่าความทนทานต่ออลูมิเนียมถูกควบคุมโดยยีนจำนวน 1 ยีนโดยมีการแสดงออกของยีนแบบข่มสมบูรณ์ และยีนนี้อยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 4

(Stolen and Anderson., 1978) โดยความเข้าใจในเรื่องการแสดงออกของยีนต่อธาตุอาหารจะเป็นประโยชน์ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ (เป็น homozygous genotypes) และจากงานทดลองนี้พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 (heterozygous) ในแต่ละคู่ผสมสามารถใช้ระดับการขาดโบรอนในการแยกระหว่าง homozygotes และ heterozygotes ในประชากรที่มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมออกจากกันได้ ผลของความแตกต่างในการแสดงออกของยีนระหว่างคู่ผสม และระหว่างระดับโบรอน ทำให้ต้องระมัดระวังในการเลือกระดับโบรอนที่ใช้ในการทดสอบในประชากรที่มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมชนิดต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าระดับ B0 ไม่สามารถแยก homozygous efficient และ heterozygotes ของลูกผสมระหว่างข้าวสาลีพันธุ์ทน (Fang 60) กับสายพันธุ์อื่นๆ และข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ทนกับทนปานกลาง ออกจากกันได้เมื่อใช้ดัชนีการติดเมล็ดเป็นตัวคัดเลือก จึงควรจะต้องมีการทดสอบรุ่นลูก (progeny testing) จึงจะสามารถแยก genotypes ชนิดต่างๆ ออกจากกันได้ ในทางตรงกันข้าม ระดับการขาดโบรอนทุกระดับไม่สามารถแยกการติดเมล็ดของ homozygous inefficient ออกจาก heterozygote ในคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ทน (BRB 9604) และสายพันธุ์ไม่ทน เนื่องจากยีนทนทานแสดงออกเป็นแบบ recessive การคัดเลือกเพื่อความทนทานในคู่ผสมเหล่านี้จึงควรจะต้องใช้ประชากรขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อให้ homozygous efficient genotype กระจายตัวออกมาในสัดส่วนที่เข้าไปคัดเลือกได้