บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

อิทธิพลของโบรอนต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ

สายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นความแตกต่างทางพันธุกรรมในการตอบสนองต่อการขาดโบรอนในลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยการขาดโบรอนทำให้ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ไม่ทนปานกลาง (BCMU 96-9) และพันธุ์ไม่ทนทาน (Stirling) มีจำนวนใบลดลงในระยะเก็บเกี่ยวและมีความสูงต้นลดลง ขณะที่ไม่พบความแตกต่างในสายพันธุ์ทนทาน (BRB 9604) และสายพันธุ์ทนทานปานกลาง (BRB 9) โบรอนจึงเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญทางลำต้นและใบของสายพันธุ์ BCMU 96-9 และพันธุ์ Stirling จากรายงาน Hu and Brown (1994) พบว่าการขาดโบรอนมีผลไปจำกัดการยืดขยายตัวของใบอ่อนซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้มักพบอาการขาดโบรอนในส่วนยอดและใบที่กำลังเจริญเติบโต นอกจากนี้การขาดโบรอนทำให้ข้าวบาร์เลย์ทุกสายพันธุ์มีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้น โดยพันธุ์ทนทานมีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดและพันธุ์ไม่ทนทานมีการแตกหน่อเพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่งผลให้ทุกสายพันธุ์ ยกเว้น BRB 9604 มีน้ำหนังฟางแห้งต่อต้นเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นโบรอนจึงไม่ได้เป็นปัจจัยจำกัดในการสร้างหน่อ ในงานทดลองเกี่ยวกับการขาดโบรอนในข้าวบาร์เลย์ที่ผ่านมามีความขัดแย้งกัน คือ การขาดโบรอนทำให้มีน้ำหนักแห้งฟางเพิ่มขึ้น (Ambak and Tadano, 1991) เช่นเดียวกับงานทดลองนี้ ขณะที่ Jamjod and Rerkasem (1999) พบว่าการขาดโบรอนทำให้ข้าวบาร์เลย์มีน้ำหนักแห้งฟางลดลง การตอบสนองต่อการขาดโบรอนในลักษณะการเจริญทางลำต้นและใบของข้าวบาร์เลย์แตกต่างกับข้าวสาลีที่ไม่พบการตอบสนองต่อการขาดโบรอนในระยะดังกล่าวนี้ (Rerkasem and Jamjod, 1997) แสดงว่าข้าวบาร์เลย์มีการตอบสนองต่อระดับโบรอนมากกว่าข้าวสาลี

<u>ผลต่ออายุออกดอก</u>

การขาดโบรอนมีผลทำให้ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ BRB 9, BCMU 96-9 และ Stirling มีอายุวันออกดอกช้าลงประมาณ 9-14 วัน (ตารางที่ 8) แต่ไม่มีผลกับสายพันธุ์ BRB 9604 สอดคล้องกับงานทดลองของธำมรงค์ (2544) ซึ่งพบว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Stirling ที่ปลูกในระดับโบรอนต่ำจะเริ่มมีรวงโผล่ช้า เนื่องมาจากมีความเข้มข้นของโบรอนในรวงต่ำ และจากการศึกษาการพัฒนาของจุดยอดเจริญของข้าวบาร์เลย์ (มานพ, 2543) พบว่าในระยะ lemma primordium พันธุ์ Stirling จะใช้เวลาในการพัฒนาของจุดยอดเจริญเพิ่มขึ้นเมื่อขาดโบรอน ซึ่งการที่ข้าวบาร์เลย์มีการพัฒนาของจุดยอดเจริญช้านี้ทำให้มีอายุวันออกดอกช้าลงด้วย การขาดโบรอนนอก

จากทำให้พืชออกดอกช้าลงแล้วยังพบว่าทำให้พืชมีการสร้างดอกอย่างผิดปกติ คือ ในถั่วลิสงเมื่อขาดโบรอนจะมีการสร้างดอกอย่างต่อเนื่องและใช้เวลานานกว่าเมื่อได้รับโบรอนอย่างเพียงพอ โดยจะสร้างดอกมากตั้งแต่ต้นฤดู (Harris and Brolmann, 1966)

ผลของโบรอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลผลิตต่อต้นของข้าวบาร์เลย์มีความแตกต่างกันเนื่องมาจากองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวงต่อต้น จำนวนช่อดอกต่อรวง และจำนวนเมล็ดต่อรวง ซึ่งวัดเป็นเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด หรือ Barley Grain Set Index (BGSI%) จากการทดลองพบความความแตกต่างของผลผลิตข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกในแปลงทดลองและ sand culture โดยในแปลงทดลองระดับโบรอนไม่มีผลต่อสายพันธุ์ BRB 9624 (มีความทนต่อการขาดโบรอนได้ดีในระดับเดียวกัน BRB 9604) BRB 9 และ Stirling (ตารางที่ 5) แต่เมื่อปลูกใน sand culture พบว่าทุกสายพันธุ์มีผลผลิตลดลง โดยสายพันธุ์ BRB 9604 ลดลงน้อยที่สุด ขณะที่สายพันธุ์อื่นลดลงอย่างมากจนถึงไม่ให้ผลผลิตเลย (ตารางที่ 13) การตอบสนองต่อการขาดโบรอนขององค์ประกอบผลผลิตของข้าวบาร์เลย์แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์และแต่ละองค์ประกอบ ในลักษณะจำนวนรวงต่อต้น มีเพียงพันธุ์ Stirling เท่านั้นที่มีจำนวนรวงลดลงเมื่อขาดโบรอน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของธำมรงค์ (2544) ที่พบว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Stirling จะมีจำนวนรวงต่อต้นน้อยที่ระดับโบรอนต่ำและจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับโบรอนเพิ่ม ในลักษณะจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง เมื่อไม่ได้รับโบรอนทำให้มีจำนวนช่อดอกลดลงทุกสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ BRB 9, BCMU 96-9 และ Stirling มีจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงลดลงอย่างมาก แต่เมื่อได้รับโบรอนเพิ่มขึ้นรวงจะมีขนาดยาวขึ้น (ตารางที่ 10) ซึ่งการที่จำนวนรวงหรือดอกลดลงเมื่อพืชไม่ได้รับโบรอนหรือได้รับในปริมาณต่ำสาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมาจากเมื่อขาดโบรอนทำให้เกิดความผิดปกติของ apical meristems จึงทำให้ตาดอกไม่พัฒนา (Kamali and Childers, 1970) แต่ไม่พบความแตกต่างในลักษณะนี้ในการทดลองในแปลง

การตอบสนองต่อการขาดโบรอนของจำนวนเมล็ดต่อรวงมีลักษณะเหมือนกันกับจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง คือมีจำนวนลดลงเมื่อขาดโบรอน เป็นผลเนื่องมาจากการที่โบรอนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญและงอกของละอองเรณู (Cheng and Rerkasem, 1993) และเป็นสาเหตุของการเป็นหมันของเกสรตัวผู้ (Rerkasem et al., 1997) ทำให้ข้าวบาร์เลย์ไม่ติดเมล็ดหรือติดเมล็ดน้อยลงเมื่อขาดโบรอน นอกจากนี้การลดลงของจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวงเป็นผลให้ข้าวบาร์เลย์ทุกสายพันธุ์ ยกเว้น BRB 9604 มีดัชนีการติดเมล็ดมีค่าต่ำลงด้วยเมื่อขาดโบรอน โดยเฉพาะสายพันธุ์ BCMU 96-9 และ Stirling ซึ่งค่าดัชนีการติดเมล็ดต่ำมากหรือไม่ติดเมล็ดเลย และพบความแตกต่างในการตอบสนองต่อระดับโบรอนในลักษณะนี้ของการทดลองในแปลงและ sand culture ของสายพันธุ์ BRB 9 คือการทดลองในแปลงสายพันธุ์นี้สามารถติดเมล็ดได้ดีเมื่อปลูกในสภาพโบรอนต่ำ (BL และ B0) โดยติดเมล็ด

มากกว่า 90% ไม่แตกต่างกับในสภาพโบรอนสูง (ตารางที่ 3) แต่เมื่อปลูกใน sand culture จะลดความทนทานต่อการขาดโบรอนลง คือมีดัชนีการติดเมล็ดลดลงเหลือเพียง 62.4% (ตารางที่ 12) นอกจากนี้ในแปลง B+ สายพันธุ์ SMGBL 94003 และ Stirling ยังแสดงอาการขาดโบรอนอยู่ซึ่งเป็นไปได้ว่าทั้งสองสายพันธุ์ต้องการโบรอนในปริมาณที่สูงกว่านี้เพื่อใช้ในขบวนการสร้างผลผลิต แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลของระดับโบรอนต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวบาร์เลย์ซึ่งขัดแย้งกับรายงานข้าวสาลีของ Rerkasem (1996) และสุทัด (2541) ซึ่งพบว่าการใส่โบรอนทำให้น้ำหนักเมล็ดลดลงเนื่องจากการใส่โบรอนทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงของรวงหน่อเพิ่มขึ้น เมื่อการติดเมล็ดเพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวสาลีลดลง

และจากความแตกต่างกันในการตอบสนองต่อระดับโบรอนที่พบในการทดลองในแปลงปลูกและ sand culture ของบางสายพันธุ์ในลักษณะจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง ดัชนีการติดเมล็ดและผลผลิต แสดงให้เห็นว่าการปลูกในทรายมีความรุนแรงของการขาดโบรอนมากกว่าในดิน ทั้งนี้เนื่องจากกลไกการดูดใช้ธาตุอาหารในดิน sand culture หรือ solution culture อาจแตกต่างกันได้ (Marschner, 1995)

การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

จากการทดลองพบการตอบสนองของลูกผสมชั่วที่ 1 ต่อระดับโบรอนโดยเปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ ในลักษณะต่างๆ คือ จำนวนใบต่อต้น ความสูง จำนวนหน่อ อายุวันออกดอก จำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง ดัชนีการติดเมล็ด น้ำหนักเมล็ดหรือผลผลิต และน้ำหนักฟาง และพบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ได้จากการผสมสลับพ่อแม่กันมีการตอบสนองต่อระดับโบรอนไม่แตกต่างกัน จึงคาดว่ายีนที่ควบคุมลักษณะการทนทานต่อการขาดโบรอนอยู่ในนิวเคลียส นอกจากนี้ในลักษณะต่างๆ ยังพบการแสดงออกของยีนมีการกระทำหลายแบบขึ้นอยู่กับคู่ผสมและความรุนแรงของการขาดโบรอน ตัวอย่างเช่น อายุวันออกดอกและดัชนีการติดเมล็ด การตอบสนองต่อระดับโบรอนต่ำในลักษณะอายุวันออกดอก คู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ทนทานกับสายพันธุ์ทนทานปานกลางลูกผสมชั่วที่ 1 มีอายุวันออกดอกไม่แตกต่างกับสายพันธุ์ทนทาน ส่วนคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ทนทานกับพันธุ์ไม่ทนทานและคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ทนทานกับพันธุ์ไม่ทนทาน ลูกผสมชั่วที่ 1 มีการตอบสนองเหมือนกับสายพันธุ์ที่อ่อนแอกว่าทั้งสองคู่ผสม ชี้ให้เห็นว่ามีการกระทำของยีนเป็นแบบข่มสมบูรณ์ (complete dominance) โดยลักษณะไม่ทนต่อการขาดโบรอน และลักษณะดัชนีการติดเมล็ดเมื่อขาดโบรอนลูกผสมชั่วที่ 1 ของคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ทนทานกับสายพันธุ์ทนปานกลางจะอยู่ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ค่อนมาทางพ่อแม่ที่ไม่ทนทาน ชี้ให้เห็นว่ามีการกระทำของยีนเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) ในขณะที่คู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ทนปานกลางกับสายพันธุ์ไม่ทนปานกลางและสายพันธุ์ทนทานกับพันธุ์ไม่ทนทาน การตอบสนองของลูกผสมชั่วที่ 1 จะเหมือนกับสายพันธุ์พ่อแม่ที่อ่อนแอ คือ BCMU 96-9 และ Stirling ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่ามีการกระทำของยีนเป็นแบบข่ม

สมบูรณ์ (complete dominance) และมีลักษณะไม่ทนทานเป็นลักษณะเด่น (dominant) ซึ่งแตกต่างกับที่พบในข้าวสาลีโดยในข้าวสาลีพบว่าลักษณะการทนทานต่อการขาดโบรอนถูกควบคุมแบบข่มสมบูรณ์ แต่มีลักษณะทนทานเป็นลักษณะเด่น (Jamjod et al., 1988; สุภาวดี, 2543)

จากการตอบสนองของลูกผสมชั่วที่ 1 ต่อระดับโบรอนมีการแสดงออกของยีนหลายแบบนี้ ดังนั้นหากต้องทำการคัดเลือกประชากรที่มีการกระจายตัวมาจากสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความแตกต่างกันในการตอบสนองต่อการขาดโบรอนจะต้องระมัดระวังในการเลือกระดับโบรอนที่จะทำการทดสอบ เช่น ในการศึกษาระดับโบรอนต่ำ (0 μMB) เหมาะกับการคัดเลือกลูกผสมที่ได้จากคู่ผสมระหว่าง BRB 9604 กับ BRB 9 ในทุกลักษณะที่มีการตอบสนอง ลูกผสมที่เกิดจากคู่ผสมระหว่าง BRB 9 กับ BCMU 96-9 ในลักษณะวันออกดอกและน้ำหนักฟาง และลูกผสมที่เกิดจากคู่ผสมระหว่าง BRB 9604 กับ Stirling ในลักษณะ จำนวนหน่อ จำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง และน้ำหนักฟาง ซึ่งกรรมวิธีนี้สามารถจะแบ่งแยกลูกผสมออกจากสายพันธุ์พ่อแม่ได้ ในทางตรงกันข้ามในระดับโบรอนนี้ไม่สามารถแบ่งแยกลูกผสมชั่วที่ 1 ของคู่ผสมระหว่าง BRB 9 กับ BCMU 96-9 ในลักษณะดัชนีการติดเมล็ด รวมทั้งลูกผสมที่ได้จาก BRB 9604 กับ Stirling ในลักษณะวันออกดอก ดัชนีการติดเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดต่อต้นได้ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างในการตอบสนองของลูกผสมกับสายพันธุ์พ่อแม่ที่อ่อนแอกว่า คือ BCMU 96-9 และ Stirling ตามลำดับ ซึ่งในการคัดเลือกลักษณะเหล่านี้ควรทำการทดสอบในระดับโบรอนที่สูงขึ้นไป และเนื่องจากลักษณะไม่ทนทานต่อการขาดโบรอนเป็นลักษณะข่ม ดังนั้นเราสามารถทำการคัดเลือกลักษณะทนทานต่อการขาดโบรอนได้ในชั่วแรกที่มีการกระจายตัว (F_2) เนื่องจาก genotype ชนิดที่ทนทานต่อการขาดโบรอนเป็นแบบ homozygous recessive ซึ่งไม่มีการกระจายตัว และควรพิจารณาขนาดของประชากรที่จะใช้ในการคัดเลือกประกอบด้วย เนื่องจาก genotype ชนิดนี้จะมีอยู่ในสัดส่วนน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนยีนที่ควบคุม การศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและจำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะนี้จึงน่าจะเป็นประโยชน์ในการกำหนดขนาดของประชากรที่จะนำมาคัดเลือก