บทที่2

ตรวจเอกสาร

หน้าที่และความสำคัญของโบรอนในพืช

โบรอนเป็นธาตุอาหารจำเป็นของพืชจัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารรอง (Micro nutrient) แต่หน้าที่ของโบรอนในพืชยังคงไม่กระจ่างชัดเท่ากับธาตุอาหารจำเป็นอื่นๆ (Mengel and Kirkby, 1987) แต่จากงานวิจัยต่างๆ พอจะยืนยันถึงหน้าที่และความสำคัญของโบรอนในพืชได้ดังต่อไปนี้

<u>ความสำคัญต่อโครงสร้างพื้นฐานของพืช</u>

โบรอนมีบทบาทต่อโครงสร้างผนังเซลล์ดังนั้นจึงมักพบเซลล์ที่ผิดปกติในพืชที่ขาดโบรอน Hu and Brown (1994) เสนอว่าความผิดปกติดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจาก primary cell wall สูญเสียคุณสมบัติความยืดหยุ่นทำให้เซลล์ไม่สามารถยืดขยายตัวตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ได้ และ ส่งผลถึงการการแบ่งตัวและขยายขนาดของเซลล์ด้วย (Dell and Huang, 1997) ดังนั้นการขาดโบรอนจึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับ การยืดขยายตัว และ การแบ่งตัวของเซลล์ ไม่ว่าจะเป็นการยืดตัวของราก (Cohen and Lepper, 1977) การงอกของหลอดละอองเรณู (pollen tube) (Cheng and Rerkasem, 1993) การขยายตัวของใบ (Kirk and Lonerragan, 1988)

โบรอนมีความสำคัญต่อ membrane integrity โดย membrane integrity หมายถึง สภาพเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ต่อเนื่องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน และทำหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม (ยงยุทธ, 2543) หน้าที่สำคัญของ cell membrane คือเป็นเยื่อเลือกผ่านควบคุมการขนส่งไอออนเข้าและออกจากเซลล์ บทบาทของโบรอนต่อ membrane integrity จะเห็นได้จากเมื่อพืชขาดโบรอนอัตราการขนส่งไอออนจะผิดเพี้ยนไปเช่นอัตราการดูดรูบิเดียมของถั่วปากอ้า (*Vicia faba*) ลดลง (Robertson and Loughman, 1973) รากดูดฟอสเฟตได้น้อยแต่จะมีอัตราการดูดธาตุนี้เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับโบรอนเพียงหนึ่งชั่วโมง (Robertson and Loughman, 1974a) สาเหตุพืชขาดที่โบรอนมีอัตราการขนส่งไอออนผิดปกติไปเป็นเพราะเมื่อพืชขาดโบรอนจะมีการสะสมของ phenolics (Cakmak and Römheld,1997) เมื่อ phenolics เข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์จะทำให้สภาพให้ซึมผ่านได้เปลี่ยนไปในทางผันกลับได้ และทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อเปลี่ยนแปลงไป (Heipieper et al., 1991) นอกจากนั้นการขาดโบรอนยังไปลดกิจกรรมของ enzyme ATPase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการลำเลียงไอออนผ่านเยื่อแบบ active (Pollard et al., 1977)

ความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาในพืช

โบรอนยังมีบทบาทเกี่ยวกับการสังเคราะห์ nucleic acid และโปรตีน โบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ uracil (Albert, 1968) ซึ่งเป็นสารประกอบในโตรเจน uracil เป็นองค์ประกอบของ RNA หากขาด uracil อวัยวะที่ประกอบด้วย RNA เช่นไรโบโซมก็ไม่สามารถสร้างขึ้นได้ส่งผลถึงกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนที่มี RNA และ ไรโบโซมมาเกี่ยวข้อง เมื่อให้ uracil และ orotic acid กับพืชที่ขาดโบรอนสามารถบรรเทาอาการขาดโบรอนได้ (Birnbaum et al., 1977)

นอกจากนั้นยังมีผู้เสนอว่าโบรอนยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของฮอร์โมน ในพืชที่ขาดโบรอนมักจะพบอาการ necrosis ที่บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ Coke and Whittington (1968) เชื่อว่าอาการเหล่านี้มีสาเหตุมาจากการสะสมของ auxin ในเนื้อเยื่อที่ขาดโบรอน โบรอนมีบทบาทในการรักษาสมดุลของเอนไซม์ IAA auxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ สลาย IAA โดยโบรอนจะไปจับกับ inhibitor ของ IAA auxidase ทำให้เอนไซม์ทำงานได้โดยไม่ถูกยับยั้งจึงควบคุมปริมาณของ IAA ได้ การขาดโบรอนจึงส่งผลไปเพิ่มปฏิกิริยาของฮอร์โมน auxin (Mengel and Kirkby1987; Marschner,1995)

โบรอนมีความสำคัญต่อการลำเลียงสารอาหารในต้นพืชโดยพืชที่ได้รับโบรอนเพียงพอจะมีการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลทั้งระยะไกลและระยะใกล้ได้ดีกว่าพืชที่ขาดโบรอน (Marschner, 1995) แต่เดิมสันนิษฐานว่าโบรอนอาจมีบทบาทในการเป็นตัวช่วยพาสารอาหารโดยโบรอนในรูปบอเรตจะรวมตัวกับน้ำตาลได้สารเชิงซ้อนที่สามารถซึมผ่านเยื่อของ phloem ได้ง่ายกว่าน้ำตาลที่ไม่ได้เป็นสารเชิงซ้อนดังกล่าว การขนส่งลำเลียงสารอาหารในต้นพืชโมเลกุลน้ำตาลที่ถูกลำเลียงในพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ sucrose (Mengel and Kirkby, 1987) แต่กลไกหลักในการลำเลียงน้ำตาลผ่านเยื่อ sucrose ไม่ได้รวมกับบอเรต ดังนั้นความสำคัญของโบรอนในการลำเลียงสารอาหารอาจไม่ใช่การเป็นตัวพาสารอาหาร เป็นไปได้ว่าโบรอนอาจมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์น้ำตาล โดยโบรอนจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ uracil (Albert, 1968) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ uridine diphosphate glucose ซึ่งเป็น coenzyme ในกระบวนการสังเคราะห์ sucrose (Mengel and Kirkby, 1987) นอกจากนั้นเมื่อพืชขาดโบรอนการเจริญของเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดและปลายรากซึ่งเป็นแหล่งรองรับอาหารจะถูกจำกัด (Dell and Huang, 1997) จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การลำเลียงสารอาหารถูกจำกัดไปด้วย

เหตุปัจจัยที่มีผลต่อการขาดโบรอนของพืช

<u>การชะล้างโบรอนที่เป็นประโยชน์ออกไปจากดิน</u>

โบรอนในดินส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นมีอยู่ประมาณ 0.4-5.0 กรัม/กิโลกรัม (Gupta, 1977) และโดยมากอยู่ในรูปกรดบอริก ($B(OH)_3$) ซึ่งเป็นโมเลกุลไม่มีประจุ ดังนั้นโบรอนจึงเป็นธาตุอาหารที่ถูกชะล้างไปจากดินได้ง่ายโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก (Gupta , 1979) และในดินเนื้อหยาบเช่นดินทรายก็มักพบปัญหาการขาดโบรอนเสมอๆ (Fleming, 1980; Gupta, 1968) ซึ่งดินเนื้อหยาบเช่นดินทรายจะดูดยึดโบรอนได้น้อยกว่าดินเนื้อละเอียดเช่นอนุภาคดินเหนียว (Goldberg, 1997)

<u>โบรอนในดินถูกตรึงหรือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช</u>

สาเหตุที่ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโบรอนลดลงได้แก่

ค่าความเป็น กรด ด่าง (pH) ของดินไม่เหมาะสมเมื่อดินมี pH สูงจะส่งผลให้ กรดบอริกทำปฏิกิริยากับน้ำให้ บอเรตไอออน ($B(OH)_4^-$) ซึ่งเป็นโมเลกุลมีประจุจึงถูกดูดยึดโดยอนุภาคในดินทำให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง (Mengel and Kirkby, 1987) การดูดยึดโบรอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 3 ถึง 9 และจะถูกดูดยึดสูงสุดเมื่อดินมี pH เท่ากับ 9 (Barrow, 1989; Bingham et al., 1971) และการดูดยึดโบรอนจะลดลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจาก 10 ถึง 11.5 (Goldberg and Glaubig,1986) ปริมาณอิทรีย์วัตถุในดินก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดความเป็นประโยชน์ของโบรอนการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินทำให้โบรอนในดินถูกดูดยึดมากขึ้นพืชจึงดึงไปใช้ได้น้อยลง (Yermiyahu et al., 1995) ประเภทของเนื้อดินก็เป็นปัจจัยกำหนดความเป็นประโยชน์ของโบรอนในดินเพราะอนุภาคของดินเนื้อละเอียดเช่นอนุภาคดินเหนียวจะดูดยึดโบรอนได้ดีกว่าอนุภาคของดินเนื้อหยาบเช่นอนุภาคดินทรายทำให้พืชดูดใช้โบรอนได้ยากเมื่อปลูกในดินเนื้อละเอียด (Wear and Patterson, 1962)

<u>พันธุ์พืช</u>

จากรายงานการทดลองต่างๆ พบว่าพืชแต่ละชนิดมีความทนทานต่อการขาดโบรอนแตกต่างกันไป แม้ในพืชชนิดเดียวกันก็ยังพบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในลักษณะความทนทานต่อการขาดโบรอน (Rerkasem and Jamjod, 1997a) ดังนั้นการใช้พันธุ์พืชที่ได้ถูกปรับปรุงขึ้นในสภาพโบรอนพอเพียงไปส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่แหล่งใหม่ก็เสี่ยงต่อปัญหาการขาดโบรอน (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อความแตกต่างทางพันธุกรรมของสมรรถภาพการใช้โบรอน)

ผลกระทบจากการขาดโบรอนในพืช

การขาดโบรอนส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้ง การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) และ การเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ (reproductive growth) ในพืชชั้นสูง ส่วนใหญ่กระบวนการทาง vegetative growth ที่อ่อนไหวต่อการขาดโบรอนมากที่สุดคือการยืดตัวของราก (Dugger, 1983; Marschner, 1995) โดยการขาดโบรอนจะไปจำกัดการขยายตัวและการแบ่งตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายราก (Dell and Huang, 1997) การขาดโบรอนยังมีผลทำให้เนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดตาย (Brown, 1979) และไปจำกัดอัตราการยืดตัวของใบที่กำลังเจริญเติบโต ซึ่งพบในถั่วเขียวผิวมัน (Bell et al., 1990a) ถั่วเขียวผิวดำ (Noppakoonwong et al, 1993) ถั่วเหลือง (Kirk and Loneragan, 1988) ทำให้มีพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงลดลง Hu and Brown (1994) พบว่าในใบพืชที่ขาดโบรอนเซลล์จะมีขนาดเล็กกว่าใบที่ได้รับโบรอนพอเพียง แสดงให้เห็นว่าการที่อัตราการยืดตัวของใบลดลงมีสาเหตุมาจากการขยายขนาดของเซลล์ถูกจำกัด เพราะโบรอนมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างของผนังเซลล์ (Loomis and Dust, 1992; Hu and Brown, 1994) เป็นผลให้พืชที่ขาดโบรอนมีใบขนาดเล็กและเมื่อการขาดโบรอนรุนแรงขึ้นจะทำให้ใบมีรูปร่างผิดปกติเพราะการยืดตัวที่ไม่เท่ากัน และมีอาการใบม้วนงอลงข้างล่าง ใบมีสีม่วง เนื้อเยื่อใบตายเป็นจุดจนใบเสื่อมสภาพไปในที่สุด (Dell and Huang, 1997) นอกจากนั้นการขาดโบรอนยังส่งผลกระทบต่อการลำเลียงสารอาหารของพืช เพราะจะไปทำให้เกิด callose ไปอุดตันในท่อลำเลียง (van den Venter and Currier, 1977) และทำให้เซลล์เนื้อเยื่อลำเลียงมีรูปร่างผิดปกติซึ่งพบใน celery (Spurr, 1957) และ faba bean (Robertson and Loughman, 1974b) การสร้างปมและการตรึงไนโตรเจนในพืชตะกูลถั่วก็เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการขาดโบรอนโดยการขาดโบรอนไปจำกัดน้ำหนักแห้งปมตลอดจนปฏิกิริยาของเนไซม์ไนโตรจีเนสในพืชตระกูลถั่ว และยังทำให้เกิดปมที่มีสีซีดและเซลล์ภายในปมมีรูปร่างผิดปกติ (Bolanos et. al. 1994)

โดยทั่วไปแล้ว reproductive growth จะได้รับผลกระทบจากการขาดโบรอนมากกว่า vegetative growth โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การออกดอก การติดผล ติดเมล็ด และ ผลผลิต ซึ่งมักจะอ่อนไหวต่อการขาดโบรอน (Dear and Lipset 1987; Noppakoonwong et al., 1997) ดังที่ได้พบเสมอจากงานทดลองต่างๆ เช่น ในข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีที่ขาดโบรอน พบว่าละอองเรณูและอับละอองเรณูจะฝ่อลีบ การผสมเกสรล้มเหลว ทำให้ติดเมล็ดน้อยและผลผลิตลดลงในที่สุด (Rerkasem and Jamjod, 1997b; Jamjod and Rerkasem, 1999) ลดจำนวนฝักในถั่วเขียวผิวดำ (Rerkasem et al., 1988) และ ถั่วเหลือง (Rerkasem et al., 1993) ทำให้เกิดฝักลีบและลดจำนวนเมล็ดต่อฝักในถั่วเขียวผิวมัน (Bell et al., 1990a) นอกจากนั้นการขาดโบรอนยังส่งผลต่อคุณภาพผลผลิต การขาดโบรอน

ทำให้ผลองุ่นมีขนาดเล็กและคุณภาพต่ำ (Gärtel, 1974) ในถั่วลิสงอาการเมล็ดกลวงเป็นอาการจำเพาะเนื่องจากการขาดโบรอน (Harris and Brolman, 1966) ซึ่งถือเป็นลักษณะของเมล็ดด้อยคุณภาพ ส่วนในถั่วเหลืองการขาดโบรอนทำให้เกิดแผลในเมล็ดมีลักษณะเป็นรอยปุ่มตรงใบเลี้ยงทั้งด้านในและด้านนอกแต่ในขณะนี้ยังไม่มีหลักฐานยืนยันว่าอาการเมล็ดปุ่มนี้มีความสัมพันธุ์กับคุณภาพเมล็ดอย่างไร (เบญจวรรณ, 2537)

สมรรถภาพการใช้ธาตุอาหาร

Marschner (1995) ได้เสนอความเห็นว่าการที่พืชที่มีพันธุกรรมต่างกันมีสมรรถภาพการใช้ธาตุอาหารต่างกันน่าจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหา คือความสามารถของรากในการดูดธาตุอาหารจากดิน ไม่ว่าจะเป็นการดูดใช้ธาตุอาหารนั้นๆ ทั้งหมดต่อต้นพืช ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารนั้นๆ ต่อหนึ่งหน่วยความยาวราก หรืออาจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการใช้ ซึ่งกำหนดโดยปริมาณการสร้างน้ำหนักแห้งต่อหน่วยธาตุอาหารในน้ำหนักแห้งนั้น หรืออาจเป็นผลจากทั้งสองอย่างร่วมกัน

อย่างไรก็ตามในทางพืชไร่ ค่าที่สนใจที่จะนำมาบ่งบอกสมรรถภาพในการใช้ธาตุอาหารนั้นจะใช้ความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตหรือผลผลิตที่ได้เมื่อปลูกในดินที่ขาดธาตุอาหารเทียบกับเมื่อปลูกในสภาพที่มีธาตุอาหารพอเพียง การบ่งชี้สมรรถภาพการใช้ธาตุอาหารของแต่ละพันธุ์นั้นอาจจำแนกโดยความสามารถในการให้ผลผลิตได้สูงในดินที่มีธาตุอาหารจำกัดสำหรับพันธุ์มาตรฐาน (Graham, 1984) ได้มีรายงานหลายชิ้นในเรื่องสมรรถภาพการใช้ธาตุอาหารซึ่งเน้นสมรรถภาพตามคำจำกัดความในทางพืชไร่ โดยเปรียบเทียบผลผลิตหรือเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ลดลงเมื่อพืชนั้นปลูกในดินที่มีโบรอนต่ำ (Rerkasem and Jamjod, 1997)

ความแตกต่างทางพันธุกรรมของสมรรถภาพการใช้โบรอน

พืชมีการตอบสนองต่อระดับโบรอนแตกต่างกัน พืชใบเลี้ยงคู่มีความต้องการโบรอนสูงกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Martens and Westermann, 1991) Bergmann (1992) รายงานว่าระดับโบรอนในเนื้อเยื่อที่พอเพียงสำหรับข้าวสาลีคือ 5-9 mg B/kg dry wt. สำหรับหญ้าไรย์คือ 6-12 mg B/kg เทียบกับ 20-80 mg B/kg สำหรับฝ้าย และ 35-80 mg B/kg สำหรับอัลฟาฟ่า ส่วน Beet root ระดับโบรอนในเนื้อเยื่อที่พอเพียงสูงถึง 40-100 mg B/kg สอดคล้องกับปริมาณโบรอนในผนังเซลล์ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีโบรอนเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดผนังเซลล์ธัญพืช และหญ้ามีโบรอน 5-7 mg B/kg ส่วนในผนังเซลล์ของพืชใบเลี้ยงคู่มีโบรอนถึง 21-46 mg B/kg (Matoh, 1997) แต่อย่างไรก็ตามพืชใบเลี้ยงคู่สามารถดูดใช้โบรอนได้ดีกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เมื่อปลูกในพื้นที่เดียวกัน ข้าวสาลี มีโบรอนในใบเพียง 6 mg B/kg ข้าวโพดมีโบรอนในใบ 9 mg B/kg ในขณะที่ ยาสูบ แครอท และผักกาดหวาน มีโบรอนในใบถึง 29, 75 และ 102 mg B/kg ตามลำดับ (Gupta, 1979) ความแตกต่างของความทนทานต่อการขาดโบรอนระหว่างพืชต่างชนิดกันจะเห็นได้จากงาน ศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง ถั่วเหลือง (พันธุ์ ส.จ.5) ถั่วลิสง (พันธุ์ไทนาน 9) ถั่วเขียวผิวดำ (พันธุ์ Regur) และ ทานตะวัน (พันธุ์ Hysun 33) ในดินชุดสันทรายมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าระดับการขาดโบรอนที่ทำให้ผลผลิตถั่วเขียวผิวดำ และทานตะวัน ลดลงประมาณครึ่งหนึ่งแต่ไม่มีผลต่อผลผลิตของถั่วเหลือง และถั่วลิสง สำหรับถั่วลิสงแม้ผลผลิตไม่ลดลงการขาดโบรอนก็แสดงออกในอาการเมล็ดกลวงซึ่งพบประมาณ 35% แต่ไม่ปรากฏอาการใดๆ เลยที่แสดงว่าขาดโบรอนในระดับนี้มีผลต่อถั่วเหลือง (Rerkasem et al., 1988) เมื่อพิจารณาถึงความต้องการโบรอนในระดับเนื้อเยื่อ ถั่วเขียวผิวดำนั้นจะขาดโบรอนเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในเนื้อเยื่อต่ำกว่า 12-18 mg B/kg (Noppakoonwong, 1991) ส่วนในถั่วเหลืองก็ใกล้เคียงกันคือ 12 mg B/kg (Kirk and Loneragan, 1988) ดังนั้นการที่ถั่วเหลืองทนทานต่อการขาดโบรอนมากกว่าถั่วเขียวผิวดำอาจเป็นเพราะถั่วเหลืองมีสมรรถภาพกาดูดใช้โบรอนได้ดีกว่าถั่วเขียวผิวดำ (Rerkasem et al., 1988) เนื่องจากการพัฒนาการทางการเจริญพันธุ์อ่อนไหวต่อการขาดโบรอนมากกว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Dugger, 1983; Marschner, 1995) ปริมาณโบรอนที่ต้องการในกระบวนการเจริญพันธุ์ในพืชแต่ละชนิดจึงสามารถแสดงถึงสมรรถภาพการใช้โบรอนของพืชที่แตกต่างกัน เช่น การงอกของละอองเรณูข้าวโพดจะถูกจำกัดเมื่อโบรอนในไหมต่ำกว่า 3 mg B/kg (Vaughan, 1977) ขณะที่องุ่นต้องการโบรอนใน stigma ถึง 50-60 mg B/kg (Gärtel, 1974) และในข้าวสาลีต้องการโบรอนในเกสรตัวเมีย 6 mg/kg เพื่อการติดเมล็ดที่สมบูรณ์ (Rerkasem and Jamjod,1997a)

นอกจากพืชต่าง species จะมีสมรรถภาพการใช้โบรอนแตกต่างกันแล้ว ภายในพืช species เดียวกัน ยังพบความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในลักษณะสมรรถภาพการใช้โบรอนดังนั้นการเปรียบเทียบระหว่าง species จำเป็นจะต้องพิจารณาความแตกต่างภายใน species ด้วย เพราะเมื่อใช้สายพันธุ์ที่ต่างกันมาเปรียบเทียบระหว่าง species ผลที่ได้อาจแตกต่างกันออกไป (Rerkasem and Jamjod, 1997a) ดังเช่นจากที่กล่าวไว้ข้างต้นถึงการทดลองของ Rerkasem et al. (1988) ว่าถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 5 ทนทานต่อการขาดโบรอนมากกว่าถั่วเขียวผิวดำพันธุ์ Regur และถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 แต่จากการทดลองของ Rerkasem et al. (1993) พบว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ นครสวรรค์ 1 พันธุ์ สจ 5 และสายพันธุ์ 7016 เปรียบเทียบกับถั่วเขียวผิวดำพันธุ์ Regur และถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 ในสภาพโบรอนต่ำ ผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ นครสวรรค์ 1 ลดลงอย่างมาก เช่นเดียวกับถั่วเขียวผิวดำพันธุ์ Regur และยังเกิดอาการเมล็ดกลวงเช่นเดียวกับถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 ในขณะที่ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 5 และสายพันธุ์ 7016 ผลผลิตลดลงเพียงเล็กน้อย และเกิดอาการเมล็ดกลวงเพียงเล็กน้อยในพันธุ์ สจ 5 แต่ไม่ปรากฏอาการเมล็ดกลวงในสายพันธุ์ 7016 จะเห็นได้ว่าภายในประชากรของถั่วเหลืองก็ยังมีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อยู่ การเปรียบเทียบระหว่างถั่วเหลือง (*Glycine max*) ถั่วเขียวผิวมัน (*Vigna radiata*) และ ถั่วเขียวผิวดำ *(Vigna mungo)* เมื่อเปลี่ยนสายพันธุ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้ก็แตกต่างกันไป (Rerkasem, 1990; Rerkasem et a., 1989, 1993) Rerkasem (1990) ได้ทดสอบการตอบสนองต่อการขาดโบรอนใน ถั่วเขียวผิวมัน 16 สายพันธุ์ และถั่วเขียวผิวดำ 10 สายพันธุ์ พบว่าถั่วเขียวผิวมันส่วนใหญ่ ทนต่อการขาดโบรอนได้ดีกว่าถั่วเขียวผิวดำ แต่ก็มีถั่วเขียวผิวมันบางพันธุ์ที่แสดงอาการขาดโบรอนรุนแรงพอๆ กับถั่วเขียวผิวดำ และมีถั่วเขียวผิวดำบางพันธุ์ที่ค่อนข้างทนต่อการขาดโบรอน ในถั่วเหลืองก็เช่นเดียวกัน เมื่อนำถั่วเหลือง 19 สายพันธุ์ มาเปรียบเทียบในดินที่มีโบรอน 2 ระดับคือ 0.07 และ 0.12 mg B/kg พบว่าทุกสายพันธุ์ไม่แสดงอาการเมล็ดปุ่มเลยในระดับโบรอนสูง แต่ในระดับโบรอนต่ำพันธุ์ต่างๆมีจำนวนเมล็ดปุ่มต่างกัน ตั้งแต่ 0 ถึง 75% ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ในลักษณะความทนทานต่อการขาดโบรอนมีช่วงที่กว้างมาก (เบญจวรรณ, 2537) ส่วนในถั่วลิสง มีการทดสอบการตอบสนองต่อการขาดโบรอนจากถั่วลิสง 100 สายพันธุ์ในโครงการปรับปรุงถั่วลิสงมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยปลูกในดินที่มีโบรอนต่ำ (0.11 มก.โบรอน /กก.) ใช้อาการเมล็ดกลวงเป็นเครื่องวัด พบว่ามี 36 สายพันธุ์มีเมล็ดกลวงมากกว่าหรือเท่ากับ 5% มี 22 สายพันธุ์มีเมล็ดกลวง 2.5 - 4.55 % และมี 19 สายพันธุ์ที่ไม่ปรากฏอาการเมล็ดกลวง แสดงให้เห็นความความหลากหลายทางพันธุกรรมในถั่วลิสงซึ่งอาจนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อปลูกในพื้นที่ที่มีปัญหาการขาดโบรอนได้ (เบญจวรรณ, 2537) ในบรอดเคอรี่พบว่าพันธุ์ที่ทนทานต่อการขาดโบรอนจะสามารถปันส่วนโบรอนไปยังใบอ่อนและดอกได้ดีกว่าพันธุ์อ่อนแอ (Shelp et al.,1992) ส่วนในทานตะวันพบว่าพันธุ์ที่ทนทานต่อการขาดโบรอน

ความเข้มข้นของโบรอนจะสูงในใบที่อยู่สูงสุดที่แก่ที่สุด (uppermost mature leaves) (Blamey et al., 1979) ส่วนในกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยวก็พบความหลากหลายทางพันธุกรรมเช่นกัน ดังเช่นในข้าวสาลี พบว่ามีความแตกต่างระว่างสายพันธุ์ของความทนทานต่อการขาดโบรอนมีรายงานจาก อินเดีย (Tandon and Naqvi, 1992), เนปาล (Subedi et al., 1993) และ ประเทศไทย (Rerkasem, 1993; Rerkaem and Jamjod, 1997) โดยพันธุ์ที่อ่อนแอจะแสดงอาการเกสรตัวผู้เป็นหมันในขณะที่พันธุ์ทนทานอาจไม่ปรากฏอาการผิดปกติใดๆเมื่อปลูกในสภาพโบรอนต่ำ จากการทดลองของ Jamjod and Rerkasem (1999) แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างทางพันธุกรรมในการตอบสนองต่อการขาดโบรอนในข้าวบาร์เลย์โดยมีขอบเขตความแปรปรวนทางพันธุกรรมอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับข้าวสาลีลักษณะที่ตอบสนองต่อการขาดโบรอนในข้าวบาร์เลย์ได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก ดัชนีการติดเมล็ด และ ผลผลิต

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University