บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

โบรอนในดินและความเป็นประโยชน์ของโบรอนในดิน

ในดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดต่างกันจะมีปริมาณของโบรอนแตกต่างกัน ดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินทะเลจะมีโบรอนทั้งหมด (total boron) สูงกว่าดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินภูเขาไฟ (Norrish, 1975) ส่วนใหญ่แล้วโบรอนในดินในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืชจะมาจากวัตถุต้นกำเนิดที่เกิดจากตะกอนหรืออินทรีย์วัตถุที่ทับถมกันในทะเล (Harder, 1970) Liu Zheng et al. (1980) พบว่าในดินที่มีต้นกำเนิดมาจากหินแกรนิต หินภูเขาไฟ และหินทรายจะมีโบรอนในดินทั้งหมดและโบรอนในรูปที่ละลายได้ในน้ำ (water soluble boron) อยู่ในปริมาณต่ำ พืชที่ขึ้นในดินที่มีต้นกำเนิดมาจากหินแกรนิตจะมีปัญหาขาดโบรอน เช่นในประเทศเกาหลี จะพบว่าดินบนพื้นที่สูง จะมีโบรอนในรูปที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ย 0.07-0.15 mg kg^{-1} ในขณะที่ดินที่มาจากหิน basalt จะมีโบรอนอยู่ 0.25-0.35 mg kg^{-1} และดินที่มาจากหินตะกอนจะมีโบรอนสูงกว่าคือ 0.50 mg kg^{-1} (Park and Park, 1966) นอกจากวัตถุต้นกำเนิดของดินแล้ว โครงสร้างของดินก็มีผลต่อปริมาณของโบรอนในดิน โดยดินที่มีโครงสร้างของเนื้อดินหยาบจะมีโบรอนในดินทั้งหมดและโบรอนในรูปที่ละลายได้ในน้ำต่ำกว่าดินที่มีโครงสร้างของเนื้อดินละเอียด เพราะฉะนั้นดินที่มีโครงสร้างของเนื้อดินหยาบจึงพบปัญหาการขาดโบรอนอยู่บ่อยครั้งเนื่องจากการถูกชะล้างของโบรอน (Wilson et al., 1951; Ouellette, 1958) Berger and Pratt (1963) รายงานว่าปริมาณโบรอนในดินที่พบจะมีตั้งแต่ 20 - 200 ppm ในขณะที่ Gupta (1968) พบว่าดินในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศแคนาดามีโบรอนในช่วง 45 – 124 ppm. และมีโบรอนในรูปที่ละลายได้ในน้ำอยู่เพียง 0.38 – 4.67 ppm. ชี้ให้เห็นว่าจากโบรอนทั้งหมดมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในสภาพธรรมชาติแล้วโบรอนอยู่ในรูปโมเลกุลที่ไม่มีประจุ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โบรอนจากอนุภาคของดินสามารถถูกชะล้างได้โดยง่าย ซึ่งอธิบายให้เห็นถึงสาเหตุที่ทำให้พื้นที่ที่มีฝนตกชุกมีปัญหาในเรื่องของการขาดโบรอน (Gupta, 1979) ในการดูดโบรอนของพืชจะมีความสัมพันธ์กับค่า pH และความเข้มข้นของธาตุนี้ในสารละลาย เมื่อพืชดูดแล้วก็จะเคลื่อนย้ายสู่ส่วนเหนือดินทางไซเลม โดยอาศัยขบวนการของการคายน้ำ และสามารถเคลื่อนย้ายทางท่อโฟลเอมได้ปานกลางในพืชบางชนิด Campbell et al. (1975) ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของโบรอนในท่อโฟลเอมโดยการติดตามการเคลื่อนย้ายโบรอนในถั่วลิสงช่วงที่ฝักกำลังพัฒนา ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Changzhi et al. (1990) ที่ศึกษาการเคลื่อนย้ายโบรอนใน oilseed rape ด้วยการใช้ Boron isotope และพบว่ามีโบรอนอยู่ในโฟลเอม Shelp (1987) ก็พบว่าภายใน phloem sap ของ Broccoli ที่ตัดลำต้นมาศึกษามีความเข้มข้นของโบรอนอยู่ภายใน

phloem sap 6-13 $\mu g\ ml^{-1}$ จึงเป็นหลักฐานที่สนับสนุนว่าโบรอนสามารถลำเลียงได้ทางท่อโฟลเอม โบรอนที่เป็นประโยชน์กับพืชจะอยู่ในรูปของ $B(OH)_3$ และ $B(OH)_4$ ซึ่งเป็นรูปโมโนเมอริก เมื่อสารละลายที่มีขั้วเป็นตัวทำละลายและโบรอนมีความเข้มข้นต่ำกว่า 25 มิลลิโมลาร์ โดยโบรอนจะอยู่ในรูปของ $B(OH)_4$ เมื่อ pH สูง และจะอยู่ในรูป $B(OH)_3$ เมื่อ pH ต่ำ กรดบอริก $B(OH)_3$ ซึ่งเป็นกรดอ่อน เมื่อสารละลายมี pH ต่ำกว่า 7 จะเป็นโมเลกุลที่ไม่แตกตัวแต่ถ้า pH สูงขึ้นกรดนี้จะรับไฮดรอกซิลไอออน จากน้ำกลายเป็นเททราฮีดราลโบเรตแอนไอออน

ดังนี้ $B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons B(OH)^-_4 + H_3O^+$

โดยปกติแล้วดินที่ขาดโบรอนมักจะพบว่ามีสาเหตุมาจากการที่ดินมี pH สูงขึ้น โดยเมื่อดินมี pH อยู่ระหว่าง 6 – 7 จะมีโบรอนในสารละลายดินสูงสุด และพืชสามารถนำโบรอนจากดินไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด (Wear and Patterson, 1962; Goldberg and Glaubig, 1986) และโบรอนในรูปของ $B(OH)_3$ จะเป็นรูปที่รากพืชสามารถดูดจับได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Oertli and Grgurevic, 1975) เมื่อ pH เพิ่มขึ้นเป็น 8 – 9 อนุภาคดินจะมีการดูดซับโบรอนเพิ่มขึ้น (Bingham et al., 1971) และเมื่อ pH สูงถึง 10 – 11 ดินจะมีการดูดซับโบรอนลดลง บทบาทของโบรอนในพืช

บทบาทของโบรอนในพืช

โบรอนเป็นจุลธาตุที่มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช โดยเกี่ยวข้องกับขบวนการทางสรีรวิทยาของพืชทั้งในระยะการเจริญทางลำต้นและใบ (vegetative growth) และระยะการเจริญพันธุ์ (reproductive growth) ในข้าวสาลีที่ขาดโบรอนจะแสดงอาการในระยะของการเจริญพันธุ์ โดยไม่ปรากฏอาการที่ต้นและใบ (Li et al., 1978; Rerkasem et al., 1989)

หน้าที่หลักของโบรอนในพืชคือการสังเคราะห์ผนังเซลล์ (Loomis and Durst, 1992; Hu and Brown, 1994) อาการผิดปกติที่พืชขาดโบรอน จึงมีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างและการยืดตัวของผนังเซลล์ อาทิเช่น การยืดขยายส่วนปลายราก จะหยุดลงเมื่อขาดโบรอน (Marschner, 1995) การพัฒนาของเซลล์ท่อน้ำท่ออาหาร (Spurr, 1957; Loomis and Durst, 1992) ในคื่นฉ่าย พบว่าผนังเซลล์ของเซลล์พาเรงไคมาจะหนาขึ้นจาก 1 μm ที่โบรอนพอเพียง ถึง 4 μm ที่ขาดโบรอน (Spurr, 1957) และนอกจากนี้การขาดโบรอนยังมีผลทำให้ใบถั่วเหลืองมีอัตราการยืดขยายตัวลดลง (Kirk and Loneragan, 1988) เช่นเดียวกับที่พบในถั่วเขียวผิวมัน (Bell et al., 1990) ในน้ำเต้าและยาสูบ (Hu and Brown, 1994) และใน oilseed rape (Huang et al., 1996) โดยสาเหตุดังกล่าวอาจจะมีผลกระทบต่อการสร้างพื้นที่ใบและขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชในที่สุด ในผนัง

เซลล์ของแครอทมีโบรอนกว่า 90% ของที่มีทั้งหมดในเซลล์ โดยโบรอนในผนังเซลล์เกือบทั้งหมดจะรวมอยู่กับสารเพกทิน เมื่อพืชขาดโบรอนผนังเซลล์จะขาดความแข็งแรงและสภาพยืดหยุ่นจะลดลง (Hu et al., 1996) และนอกจากนี้ โบรอนยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการคงสภาพและการรักษาสภาพของเนื้อเยื่อ (Dugger, 1983; Pilbeam and Kirkby, 1983). Matoh et al. (1992) ศึกษาอิทธิพลของโบรอนที่มีต่อเนื้อเยื่อของเซลล์ยาสูบ และพบว่าผนังเซลล์จะหนาขึ้นและเกาะกันอย่างหลวมๆ และโบรอนมากกว่า 98% จะอยู่ที่ผนังเซลล์ ในขณะที่ Lee and Aronoff (1966) พบว่าผลของการขาดโบรอนทำให้เซลล์ mesophyll ของดอกทานตะวันมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้เซลล์หนาขึ้น ความแข็งแรงของโครงสร้างผนังเซลล์ลดลง ผนังเซลล์ของท่อไซเลม ของมะเขือเทศ หัวผักกาด และฝ้ายจะบางลง (Palser and McIlrath, 1956). Hu and Brown (1994) ตรวจสอบตำแหน่งของโบรอนในพืชจำพวกน้ำเต้าและเซลล์ของยาสูบ พบว่าโบรอนส่วนใหญ่จะอยู่ที่ผนังเซลล์ พืชที่ขาดโบรอนกิจกรรมการเจริญเติบโตที่เนื้อเยื่ออ่อน เช่น ปลายยอดหรือปลายรากจะต่ำมากเมื่อขาดรุนแรงขึ้นเนื้อเยื่อส่วนนั้นก็จะตายจึงไม่ทำหน้าที่เป็นที่รองรับอาหารจากที่จ่ายคือใบอีกต่อไป อัตราการเคลื่อนย้ายน้ำตาลทางโฟลเอมจึงต่ำ และการสะสมคาลลอสบริเวณแผ่น sieve plate ในโฟลเอมของพืชที่ขาดโบรอนอาจเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนย้ายน้ำตาล (Venter and Currier, 1977)

ส่วนบทบาทของโบรอนต่อการเจริญพันธุ์นั้น พบว่า โบรอนมีบทบาทสำคัญในขบวนการเจริญพันธุ์ของพืช หากพืชขาดโบรอนจะส่งผลกระทบทั้งในทางตรงและทางอ้อมในระยะการเจริญพันธุ์ โดยเป็นสาเหตุทำให้ดอกไม่สมบูรณ์ ละอองเรณู (pollen grain) เป็นหมัน ยอดของเกสรตัวเมีย (stigma) ไม่พร้อมที่จะรับละอองเรณู ละอองเรณูไม่งอก การงอกของหลอดเรณู (pollen tube) ภายในก้านเกสรตัวเมีย (style) ไม่สมบูรณ์ จึงไม่ปฏิสนธิ ไม่มีเมล็ดหรือติดผล เมล็ดไม่มีการพัฒนาหรือลีบ หรืออาจมีเมล็ดแต่เป็นเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้ความงอกต่ำและเป็นต้นกล้าที่อ่อนแอ (Dell and Huang, 1997) ในธัญพืชส่วนใหญ่พบว่าการขาดโบรอนจะกระทบต่อส่วนของเกสรตัวผู้มากกว่าเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง (Löhnis, 1937,1940; Whittington, 1957; Rerkasem et al., 1993). อับเรณูในพืชที่ขาดโบรอนมีลักษณะเหี่ยว ฝ่อลีบ ละอองเรณูมีปริมาณของแป้งต่ำและไม่สมบูรณ์ (Li et al., 1978; Agarwala et al., 1981; da Silva and de Andrade, 1983; Sthapit, 1988; Rerkasem et al., 1989). Rerkasem et al. (1993) รายงานว่า การขาดโบรอนทำให้เกิดความล้มเหลวในการปฏิสนธิ ซึ่งเกิดจากการที่เกสรตัวผู้ไม่พัฒนา หลอดเรณูจะมีลักษณะที่ผิดปกติคือ บวม หรือส่วนปลายของเรณูจะแตกออก ภายใน 2-3 นาทีเมื่อขาดโบรอน (Schmucker, 1934) ในข้าวสาลีที่ขาดโบรอน ความสมบูรณ์ของเกสรตัวผู้ และตัวเมียจะลดลง ในช่อดอกที่เป็นหมันจะมี lemma และ palea สมบูรณ์ แต่ไม่มีเกสรตัวผู้ หรือมีแต่ไม่สมบูรณ์จึงทำให้ละอองเรณูมีรูปร่างผิดปกติ (Rerkasem et al., 1989) ถ้า

ยังมีเกสรตัวผู้อยู่มันจะมีขนาดเล็กและรูปร่างผิดปกติ (Cheng and Rerkasem, 1993) ใน oilseed rape เมื่อขาดโบรอนเกสรตัวผู้จะมีขนาดเล็ก (Huang et al., 1996)อาการขาดโบรอนในข้าวบาร์เลย์คล้ายกับในข้าวสาลี โดยรวงจะเป็นหมัน เกสรตัวผู้จะฝ่อลีบและหลังจากนั้นรวงจะลีบไม่ติดเมล็ดเลย เนื่องจากไม่มีการผสมเกสรซึ่งเป็นผลมาจากพัฒนาการของละอองเรณูล้มเหลว (เบญจวรรณ และ ศันสนีย์, 2532) และการเป็นหมันจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อปลูกข้าวบาร์เลย์ในดินที่มีโบรอนต่ำ (0.1 – 0.2 mg B/kg) เป็นผลให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 50% (Rerkasem and Jamjod, 1989) อาการเป็นหมันในธัญพืชจำพวกข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีสามารถสังเกตุได้จากรวงในระยะที่มีการถ่ายละอองเกสร โดยเมื่อแสงส่องผ่านรวงจะมีลักษณะโปร่งใส และพบว่าดอกของข้าวสาลีจะบานอยู่เป็นเวลานาน เนื่องจากไม่ได้รับการผสมเกสร นอกจากการขาดโบรอนจะกระทบต่อผลผลิตแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของผลผลิตด้วยเช่นกัน เช่นเกิดลักษณะ internal cork ในแอปเปิล หรือลดอัตราส่วนของเนื้อผลกับเปลือกในส้ม และเบญจวรรณ (2537) พบว่าคุณภาพเมล็ดถั่วเขียวผิวดำจะต่ำ ถึงแม้ว่าน้ำหนักแห้งเมล็ดจะเท่ากัน เมล็ดที่มีปริมาณโบรอนต่ำความมีชีวิตจะต่ำและมีเปอร์เซนต์การงอกที่ผิดปกติสูง ลักษณะเมล็ดกลวงในถั่วลิสงเป็นอาการจำเพาะเนื่องมาจากการขาดโบรอน

ความแตกต่างทางพันธุกรรมของการตอบสนองต่อการขาดโบรอน

ความแตกต่างในพืชต่างชนิด

Rerkasem and Jamjod (1997) เสนอว่า ความแตกต่างทางพันธุกรรมในประสิทธิภาพการใช้โบรอน น่าจะดำเนินไปในลักษณะเดียวกันกับที่ Marschner (1995) ได้สันนิษฐานเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชชนิดอื่นโดยทั่วไป นั่นคือ พันธุ์ที่ทนหรืออ่อนแออาจมีกลไกอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่า กลไกเหล่านี้ได้แก่ ความสามารถในการหาโบรอนมาจากดิน และการนำโบรอนไปใช้ประโยชน์ภายในต้นพืช การขาดโบรอนในพืชสามารถวินิจฉัย และทำนายว่ามีสาเหตุมาจากธาตุโบรอนได้ โดยพิจารณาจากการตอบสนองของพืชต่อปุ๋ยโบรอน อาการจากพืชที่แสดงให้เห็น และการวิเคราะห์ดินและพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการโบรอนในปริมาณแตกต่างกัน ทำให้ปริมาณโบรอนในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (Bergmann, 1992) ความต้องการโบรอนและความอ่อนแอต่อโบรอนในดินต่ำจะขึ้นอยู่กับกลุ่มพืช พืชผักในตระกูล Cruciferous และ Umbelliferous จะมีความต้องการโบรอนในปริมาณสูง (Martens and Westermann, 1991). Gupta, (1979) พบว่าธัญพืชสามารถดูดโบรอนจากดินได้ในอัตราต่ำกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อปลูกในดินเดียวกัน โดยข้าวสาลีมีโบรอนในใบ 6 มก./ กก. น้ำหนักแห้ง และข้าวโพดมี 9 มก./กก. น้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับในใบยาสูบที่มี 29 มก./กก. น้ำหนักแห้ง 75 มก./กก. น้ำหนักแห้งในใบแครอท และ 102 มก./กก. น้ำหนักแห้งในหัวผักกาดหวาน ธัญพืชมีความต้องการโบรอนต่ำเช่นเดียวกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอื่นๆ

(Marschner, 1995) แต่ธัญพืชสามารถดูดโบรอนจากดินได้ในอัตราที่ต่ำกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ ถึงแม้ว่าจะมีความต้องการต่ำกว่า แต่สามารถดูดได้น้อย โอกาสที่ธัญพืชจะขาดโบรอนจึงอาจมีพอๆ กับพืชชนิดอื่น ดังเห็นได้จากรายงานการขาดโบรอนในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก (Simojoki, 1972; Li et al., 1978; da Silva and de Andrade, 1983; Sthapit, 1988; เบญจวรรณ และ ศันสนีย์ 2532; Ambak and Tadano, 1991) จากหลักฐานโบรอนในเนื้อเยื่อพืชที่เพียงพอสำหรับพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่นข้าวสาลีมีโบรอน 5-10 mg B /kg น้ำหนักแห้ง หญ้าไรย์มี 6-12 mg B /kg น้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับพืชใบเลี้ยงคู่ เช่นฝ้ายมี 20-80 mg B /kg น้ำหนักแห้ง อัลฟาฟ่ามี 35-80 mg B /kg และ 40-100 mg B /kg ในหัวผักกาดหวาน รายงานนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณโบรอนในผนังเซลล์ ของ Matoh et al. (1996) โดยการวัดปริมาณโบรอนในผนังเซลล์ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีโบรอนเป็นองค์ประกอบสำคัญ และแสดงว่าในผนังเซลล์ (cell wall, CW) ของธัญพืชและหญ้ามีโบรอน 5-7 mg B/kg CW ส่วนในผนังเซลล์ของพืชใบเลี้ยงคู่มีโบรอนถึง 21-46 mg B/kg CW ความแตกต่างของความต้องการโบรอน ในระหว่างพืชต่างชนิดกันจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโบรอนในผนังเซลล์เพคทินในเนื้อเยื่อพืช (Hu and Brown, 1994). Jones (1991) ได้จำแนกความแตกต่างของพืชในการตอบสนองต่อโบรอนพบว่า ถั่วลูเซิ่น (*Medieago sativa*), Brassica spp, ขึ้นฉ่าย (*Apium graveolens*), หัวผักกาด (*Beta vulgaris*), องุ่น (*Vitis vinifera*) แอปเปิล (*Malus sylvestris*), ลูกแพร์ (*Pyrus Communis*), ฝ้าย (*Gossypiun Hirsutum*) และทานตะวัน (*Helianthus annuus*) เป็นพืชที่อ่อนแอต่อการขาดโบรอน ในจำนวนของถั่วอาหารสัตว์ red clover (*Trifoliun pratense*) จะอ่อนแอต่อการขาดโบรอนมากที่สุด ตามด้วยถั่วลูเซิ่น กับ alsike clover(*Trifolium hybridum*) และ white clover (*Trifolium repens*) ซึ่งทนต่อการขาดมากที่สุด (Sherrell, 1983) ในเนื้อเยื่อใบของถั่วเขียวผิวดำมีค่า Critical Deficiency Content (CDC) หรือค่าวิกฤตของการขาดโบรอน 12-18 มก./กก. (Noppakoonwong, 1991) และถั่วเหลือง 12 มก./กก. (Kirk and Loneragan, 1988) แสดงว่าถั่วเขียวผิวดำและถั่วเหลืองดูดโบรอนไปสะสมที่ใบเท่ากัน เมื่อปลูกในสภาพดินเดียวกัน ถั่วเขียวผิวดำจะแสดงอาการขาดโบรอนในขณะที่ถั่วเหลืองไม่แสดงอาการขาดเลย ถั่วเหลืองจึงน่าจะสามารถนำโบรอนไปใช้ได้ดีกว่าถั่วเขียวผิวดำ (Rerkasem et al., 1988) แต่ปริมาณโบรอนในเนื้อเยื่อนี้ยังไม่สามารถชี้ชัดลงไปว่าพืชชนิดต่างๆ มีความต้องการโบรอนในปริมาณต่างกัน และนอกจากนี้หลักฐานยืนยันความต้องการโบรอนของพืชที่แตกต่างกัน ยังได้มาจากปริมาณโบรอนที่ต้องการในกระบวนการเจริญพันธุ์ อาทิ การงอกของละอองเรณูและการผสมเกสรในข้าวโพดจะถูกจำกัดเมื่อโบรอนในไหมมีปริมาณต่ำกว่า 3 mg B/kg (Vaughan, 1977) ขณะที่การผสมเกสรที่สมบูรณ์ในองุ่นต้องการโบรอนใน stigma ถึง 50-60 mg B/kg (Gärtel, 1974) และในเกสรตัวเมียข้าวสาลีที่มีโบรอนต่ำกว่า 6 mg B/kg จะติดเมล็ดได้ไม่เต็มที่ (Rerkasem et al., 1997)

พืชต่างพันธุ์ในชนิดเดียวกัน

ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในเรื่องสมรรถภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชอาจขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดธาตุอาหารของราก (Hu and Brown, 1997) การลำเลียงขนส่ง และการ recycle ธาตุอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของลำต้น (Brown and Shelp, 1997) หรือประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารในขบวนการทางสรีระๆ โดยสมรรถภาพการใช้ธาตุอาหารของพืชนั้น จะใช้ความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโต หรือผลผลิตที่ได้เมื่อปลูกในดินที่ขาดธาตุอาหาร การบ่งชี้ถึงสมรรถภาพในการใช้ธาตุอาหารของแต่ละพันธุ์จำแนกได้โดยการพิจารณาถึงความสามารถในการให้ผลผลิตสูงในดินที่มีธาตุอาหารจำกัดสำหรับพันธุ์มาตรฐาน (Graham, 1984). Singh et al., 1976; Rerkasem et al., 1993; Rerkasem and Jamjod, 1997 พบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของข้าวสาลีเมื่อประเมินจากความสามารถในการติดเมล็ด Grain set index ของแต่ละพันธุ์ในสภาพโบรอนต่ำ ทำให้สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ข้าวสาลีตามสมรรถภาพการดูดใช้โบรอนได้อย่างน้อย 5 กลุ่มคือ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก กลุ่มที่มีสมรรถภาพการดูดใช้โบรอนต่ำอาจจะไม่ติดเมล็ดเลย ในขณะที่กลุ่มที่มีสมรรถภาพการดูดใช้โบรอนสูงติดเมล็ดเป็นปกติเมื่อปลูกทดสอบพันธุ์ในทรายโดยไม่ใส่โบรอนลงไปในสารละลายธาตุอาหาร และในข้าวบาร์เลย์ก็พบว่ามีความแปรปรวนทางพันธุกรรมเช่นเดียวกับข้าวสาลี โดยเมื่อนำข้าวบาร์เลย์ทั้งหมด 9 พันธุ์ซึ่งติดเมล็ดเต็มที่เมื่อปลูกในสภาพที่ไม่ขาดโบรอน แต่มีความสามารถในการติดเมล็ดแตกต่างกันเมื่อปลูกในดินที่มีโบรอนต่ำ (Jamjod and Rerkasem, 1999) เช่นเดียวกันกับงานทดลองของ Stangoulis et al. (2000) ซึ่งพบความแตกต่างทางพันธุกรรมของ oilseed rape (*Brassica napus* L.) เมื่อใช้ความยาวราก อัตราการยืดขยายตัวของรากและน้ำหนักแห้งรากเป็นตัวบ่งชี้การตอบสนองต่อโบรอน และสามารถจัดกลุ่มพันธุ์ได้เป็นกลุ่มพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการขาดโบรอนไปจนถึงพันธุ์ที่ทนที่สุดต่อการขาดโบรอน ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการตอบสนองต่อธาตุอาหารพืชนั้นอาจจะแตกต่างกันในด้านความสามารถในการดูดธาตุอาหารจากดิน (ประสิทธิภาพการดูด) หรือการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารนั้นภายในต้นพืช (ประสิทธิภาพในการนำมาใช้) (Sattelmacher, 1994 อ้างโดย Rengel and Graham, 1996) ในพันธุ์ที่ทนและไม่ทนต่อการขาดโบรอนจึงอาจจะมีสมรรถภาพของการดูดหรือการนำโบรอนไปใช้ได้แตกต่างกัน การวิเคราะห์เนื้อเยื่อของตัวอย่างพืชเพื่อจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความแตกต่างระหว่างพันธุ์นั้น Rerkasem and Jamjod (1997) พบว่า เมื่อปลูกข้าวสาลีที่โบรอนเดียวกันไม่สามารถที่จะบอกได้ว่าพันธุ์ที่ทนต่อการขาดโบรอนหรือพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ จะมีอัตราการดูดโบรอนหรือการใช้โบรอนที่ดูดขับขึ้นมาให้เป็นประโยชน์ดีกว่าพันธุ์ที่อ่อนแอหรือพันธุ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Rerkasem and Loneragan (1994) และ Subedi et al. (1997) ต่างก็พบว่า การแยกความแตกต่างระหว่างข้าวสาลีพันธุ์ทนและพันธุ์ที่ไม่ทนนั้นไม่สามารถบ่งชี้ได้โดยใช้ความเข้มข้นภายในใบธง

และความเข้มข้นโบรอนในรวง แต่ความเข้มข้นโบรอนในใบธงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สถานะของโบรอนภายในต้นพืชได้ เช่นในข้าวบาร์เลย์ ถ้ามีความเข้มข้นโบรอนในใบธงต่ำกว่า 4 mg B /kg ทำให้ทำนายผลได้ว่าการติดเมล็ดจะลดลงเนื่องจากการขาดโบรอน และข้าวสาลีที่มีความเข้มข้นโบรอนในใบธงต่ำกว่า 3 mg B/kg ที่ระยะตั้งท้องจะทำให้มีดัชนีการติดเมล็ดลดลง (Rerkasem and Loneragan, 1994) ในรายงานดังกล่าวที่ผ่านมาล้วนแต่พบว่าการขาดโบรอนทำให้ข้าวสาลีติดเมล็ดลดลงโดยไม่ปรากฏอาการขาดในส่วนของต้นและใบแต่อย่างใด ในข้าวบาร์เลย์พบว่าการขาดโบรอนก็ทำให้การติดเมล็ดลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งทั้งนี้ยังพบการตอบสนองต่อโบรอนในสร้างต้นและใบด้วย แต่รายงานการขาดโบรอนในการสร้างต้นและใบในข้าวบาร์เลย์ยังมีความขัดแย้งกันอยู่ กล่าวคือ Ambak and Tadano (1991) รายงานว่า การขาดโบรอนทำให้ข้าวบาร์เลย์มีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Jamjod and Rerkasem (1999) พบว่า ข้าวบาร์เลย์ที่ขาดโบรอนมีจำนวนรวงต่อต้น, จำนวนช่อดอกย่อยต่อรวง และน้ำหนักฟางลดลง และนอกจากนี้ยังไม่มีรายงานว่า ทั้งข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ตอบสนองต่อระดับโบรอนแตกต่างกันอย่างไรและมีความ แปรปรวนทางพันธุกรรมในการตอบสนองต่อโบรอนเกี่ยวข้องกับกลไกใดบ้าง