บทคัดย่อ

T141615

การลดลงของผลผลิตข้าวสาลีในพื้นที่เพาะปลูกเกิดขึ้นได้จากทั้งการขาดและการเป็นพิษของโบรอน ในข้าวสาลีมีความแตกต่างทางพันธุกรรมในการทนทานต่อการขาดและการเป็นพิษของโบรอน การขาดโบรอนทำให้เกิดความล้มเหลวในการปฏิสนธิเนื่องจากเกสรตัวผู้เป็นหมัน และละอองเรณูไม่งอก ในขณะที่การเป็นพิษของโบรอนกระทบต่อการเจริญเติบโตทุกระยะพัฒนาการ ประสิทธิภาพในการใช้โบรอนเป็นความสามารถของพืชที่จะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่ขาดโบรอน สำหรับพันธุ์มาตรฐาน กลไกในความทนทานต่อการขาดโบรอนโดยทั่วไปขึ้นกับความสามารถของพืชในการดูด การลำเลียง และการนำไปใช้ ในขณะที่กลไกในความทนทานต่อความเป็นพิษของโบรอนจากการศึกษาที่ผ่านมาจะเกี่ยวข้องกับการจำกัดการนำโบรอนไปใช้โดยสะสมโบรอนในส่วนต่างๆ ของพืชต่ำ จึงยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัดว่าการตอบสนองและกลไกที่ควบคุมการตอบสนองต่อทั้งการขาดและการเป็นพิษของโบรอนในข้าวสาลีเป็นอย่างไร และมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาการตอบสนองต่อการขาดและการเป็นพิษของโบรอน บ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองต่อการขาดและการเป็นพิษของโบรอน และเปรียบเทียบการใช้โบรอนในพันธุ์ข้าวสาลี

การทดลองนี้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร และภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ.2543 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2546 การทดลองนี้ใช้พันธุ์/สายพันธุ์ข้าวสาลี 3 ชุดและแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง

พันธุ์ข้าวสาลีทั้ง 3 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1) ข้าวสาลีพันธุ์มาตรฐานที่ทราบระดับความทนทานต่อการขาดโบรอนจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ Fang 60 (E; Efficient), CMU 88-9 (ME; Moderately efficient), SW 41 (MI; Moderately inefficient), Bonza (I; Inefficient) ชุดที่ 2) ข้าวสาลีพันธุ์มาตรฐานที่ทราบระดับความทนทานต่อการเป็นพิษของโบรอน จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ Turkey 1473 (T; Tolerant), Halberd และ BT-Schomburgk (MT; Moderately tolerant), Schomburgk และ Tatiara (MS; Moderately sensitive), Kenya Farmer (VS; Very sensitive) ชุดที่ 3) สายพันธุ์ก้าวหน้าจากชุดทดสอบ 18th SAWSN (Semi-Arid Wheat Screening Nursery) จาก CIMMYT จำนวน 191 สายพันธุ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาใน sand culture ให้โบรอนในสารละลายธาตุอาหารพืช 2 ระดับ (0, 10 µM B) และใช้ข้าวสาลีทั้ง 3 ชุด จากการทดลองพบว่าการขาดโบรอนไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนหน่อ น้ำหนักฟาง วันออกรวง จำนวนรวงต่อต้น และจำนวนช่อดอกต่อรวงของข้าวสาลี แต่มีอิทธิพลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดต่อช่อดอก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และดัชนีการติดเมล็ด (Grain Set Index; GSI) ที่ 0 µM B โดยข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 มี GSI>80% ในขณะที่พันธุ์ CMU 88-9, SW 41, Bonza, Turkey 1473, Halberd, BT-Schomburgk, Schomburgk, Tatiara และ Kenya Farmer มี GSI<50% และมีเพียง 9 สายพันธุ์ในชุดทดสอบ 18th SAWSN ที่ทนต่อการขาดโบรอนในระดับเดียวกับ Fang 60 สายพันธุ์ส่วนใหญ่ไม่ทนต่อการขาดโบรอน (GSI<40% ที่ 0 µM B)

การทดลองที่ 2 ศึกษาใน solution culture เป็นเวลา 12 วัน โดยวิธี filter paper และ drip tray method การศึกษาโดยวิธี filter paper method นั้นให้โบรอน 4 ระดับ (0, 50, 100, 150 mg B L^{-1}) และใช้ข้าวสาลีในชุดที่ 1 ส่วนวิธี drip tray method ให้โบรอน 3 ระดับ (0, 100, 150 mg B L^{-1}) และใช้ข้าวสาลีทั้ง 3 ชุด จากการทดลองใน filter paper พบว่าข้าวสาลีพันธุ์มาตรฐาน Bonza มีความยาวรากเป็นปกติเมื่อปลูกที่ระดับโบรอนตั้งแต่ 50 mg B L^{-1} เมื่อเทียบกับที่ 0 mg B L^{-1} ในขณะที่พันธุ์ Fang 60 และ CMU 88-9 มีความยาวรากลดลงมากที่สุดในระดับโบรอนที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามระดับโบรอนที่สูงขึ้นทำให้ความยาวต้นลดลงแต่ไม่แตกต่างระหว่างพันธุ์ เมื่อทดสอบโดยวิธี drip tray method พบว่าข้าวสาลีทุกพันธุ์มีความยาวรากสั้นลงเมื่อปลูกที่ระดับโบรอน 100 และ 150 mg B L^{-1} โดยพันธุ์มาตรฐาน Bonza และ Turkey 1473 มีความยาวรากลดลงน้อยที่สุดที่ 150 mg B L^{-1} (Relative Root Length; RRL = 46.3 และ 48.7% ตามลำดับ) ในขณะที่พันธุ์ Fang 60, CMU 88-9, SW 41, Halberd, BT-Schomburgk, Schomburgk, Tatiara และ Kenya Farmer มีความยาวรากลดลงมากกว่า (RRL<40%) และพบว่ามีสายพันธุ์ในชุดทดสอบ 18th

SAWSN เพียง 5 สายพันธุ์ที่ทนต่อความเป็นพิษของโบรอนในระดับเดียวกับพันธุ์ Bonza เมื่อทดสอบที่ 100 mg B L^{-1} แต่ไม่มีสายพันธุ์ใดทนต่อความเป็นพิษในระดับเดียวกับ Bonza เมื่อทดสอบที่ 150 mg B L^{-1}

การทดลองที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบการใช้โบรอนในพันธุ์ข้าวสาลี ศึกษาใน sand culture ให้โบรอน 3 ระดับในสารละลายธาตุอาหารพืช (0, 10, 50 mg B L^{-1}) และใช้พันธุ์มาตรฐานพันธุ์ Fang 60, Bonza และ Turkey 1473 และนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นโบรอนในเนื้อเยื่อและปริมาณโบรอน โดยพบว่าเมื่อไม่ใส่โบรอน ข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 มีความเข้มข้นและปริมาณโบรอนในเนื้อเยื่อในส่วนต้น, ใบ YEB, YEB+1 และ YEB+2 ไม่ต่างจากพันธุ์ Bonza และ Turkey 1473 ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ในการทนทานต่อการขาดโบรอนในข้าวสาลีจึงไม่สามารถวัดได้จากการวิเคราะห์โบรอนในเนื้อเยื่อ ส่วนที่ 50 mg B L^{-1} ข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 มีความเข้มข้นโบรอนในเนื้อเยื่อและปริมาณโบรอนในส่วนต่างๆ มากกว่าพันธุ์ Bonza และ Turkey 1473 ซึ่งความเข้มข้นโบรอนในเนื้อเยื่อและปริมาณโบรอนสอดคล้องกับการตอบสนองต่อความเป็นพิษในลักษณะอาการ necrosis และ chlorosis แต่ไม่สอดคล้องกับการตอบสนองต่อการขาดโบรอน จึงแสดงให้เห็นว่า Fang 60 ไม่ทนต่อความเป็นพิษของโบรอนเนื่องจากมีโบรอนสะสมในส่วนต่างๆ มาก ส่งผลให้แสดงอาการเป็นพิษรุนแรง อาจเนื่องมาจากมีความสามารถในการนำโบรอนไปใช้ได้มากและดี ส่วน Bonza และ Turkey 1473 จัดว่าทนต่อความเป็นพิษของโบรอนจึงน่าจะเกิดจากมีความสามารถในการลดหรือจำกัดการนำโบรอนไปใช้ เมื่ออยู่ในสภาพที่มีโบรอนสูงๆ

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองต่อการขาดและการเป็นพิษของโบรอนในพันธุ์ข้าวสาลี ความสัมพันธ์ในการตอบสนองแบ่งได้เป็น 4 แบบ โดยพิจารณาจากค่า GSI และ RRL ได้แก่ (1) พันธุ์ที่ทนต่อการขาดแต่ไม่ทนต่อความเป็นพิษของโบรอน ได้แก่พันธุ์ Fang 60 และบางสายพันธุ์จาก CIMMYT (2) พันธุ์ที่ไม่ทนต่อทั้งการขาดและความเป็นพิษของโบรอน ได้แก่พันธุ์ CMU 88-9, SW 41, Halberd, BT-Schomburgk, Schomburgk, Tatiara, Kenya Farmer และสายพันธุ์จาก CIMMYT (3) พันธุ์ที่ไม่ทนต่อการขาดแต่ทนต่อความเป็นพิษของโบรอน ได้แก่พันธุ์ Bonza, Turkey 1473 และ (4) พันธุ์ที่ทนต่อทั้งการขาดและความเป็นพิษของโบรอนยังไม่พบในการทดลองนี้

ข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 จัดเป็นพันธุ์ที่มีความทนทานต่อการขาดโบรอนมากที่สุด และพันธุ์ Bonza และ Turkey 1473 จัดเป็นพันธุ์ที่มีความทนทานต่อความเป็นพิษมากที่สุด และจากความเข้มข้นโบรอนในเนื้อเยื่อชี้ให้เห็นว่ามีความเกี่ยวข้องกันในการตอบสนองระหว่างระดับโบรอนที่ขาดและเป็นพิษ

ABSTRACT

TE141615

Yield reductions in cultivated area occur because of either boron (B) deficiency or toxicity. There is a wide range of genotypic variation in responses to B deficiency and toxicity in wheat. Boron deficiency primarily affects pollination, resulting from male sterility and abnormal pollen development, while B toxicity affects the growth at all stages of development. Boron efficiency is an ability of plant to grow well in soil, which is deficient for standard genotype. Boron efficiency mechanisms might be due to the ability to acquire B from soil, the way that B is distributed, and its utilisation within plant, while B tolerance mechanism is the ability to maintain lower B by B restriction in plant. It is as yet unclear how mechanisms governing tolerance to B deficiency and toxicity are related in wheat. This study set out to relate responses to B deficiency and toxicity in wheat genotypes covering a wide range of tolerance.

To verify clearly responses, three experiments were studied at Multiple Cropping Center and Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University and carried out from September 2000 to February 2003. Three groups of wheat genotypes were used in these experiments: (1) genotypes known the range of response to B

TE141615

deficiency (Fang 60 (E; Efficient), CMU 88-9 (ME; Moderately efficient), SW 41 (MI; Moderately inefficient), Bonza (I; Inefficient)) (2) genotypes known the range of response to B toxicity (Turkey 1473 (T; Tolerant), Halberd and BT-Schomburgk (MT; Moderately tolerant), Schomburgk and Tatiara (MS; Moderately sensitive), Kenya Farmer (VS; Very sensitive)) (3) advanced lines from 18th SAWSN (Semi-Arid Wheat Screening Nursery) from CIMMYT (191 lines).

The first experiment was conducted to study B deficiency responses in sand culture with two levels of B added to nutrient solution (0, 10 µM B) on the three groups of wheat genotypes. Boron deficiency did not affect on tiller plant^{-1}, straws yield plant^{-1}, ear emergence complete, spikes plant^{-1}, spikelets spike^{-1} but affected on grains spike^{-1}, grains spikelet^{-1}, grain weight plant^{-1}, hundred grain weight and grain set index (GSI). Fang 60 was the most efficient (GSI>80% in 0 µM B) while CMU 88-9, SW 41, Bonza, Turkey 1473, Halberd, BT-Schomburgk, Schomburgk, Tatiara and Kenya Farmer had GSI less than 50% and only nine lines from 18th SAWSN were rated as efficient to B in the same range as Fang 60. Most lines were inefficient to B (GSI<40% in 0 µM B).

The second experiment assessed B toxicity responses in solution culture with two methods. The first method conducted in filter paper soaked in four levels of B added (0, 50, 100, 150 mg B L^{-1}) on Fang 60, CMU 88-9, SW 41 and Bonza. It was found that standard genotype, Bonza, had normal root length when grown at 50 mg B L^{-1} or higher compared with 0 mg B L^{-1} while root length of Fang 60 and CMU 88-9 reduced the most. Increasing B depressed shoot length but not differently similarly in all genotypes. For the second method, drip tray method, three groups of wheat genotypes were assessed with three levels of B added (0, 100, 150 mg B L^{-1}). Increasing B to 100 and 150 mg B L^{-1} progressively depressed root length in all genotypes. Bonza and Turkey 1473 showed the least root length reduction at 150 mg B L^{-1} (Relative Root Length; RRL = 46.3 and 48.7% respectively), whereas Fang 60, CMU 88-9, SW 41, Halberd, BT-Schomburgk, Schomburgk, Tatiara and Kenya Farmer showed most reduction in root length (RRL <40%). Furthermore, five wheat lines from 18th SAWSN were rated as tolerant to B

toxicity in the same range as Bonza when assessed at 100 mg B L^{-1} but none was as tolerant as Bonza when assessed at 150 mg B L^{-1}.

In experiment 3, Fang 60, Bonza and Turkey 1473 were grown in sand culture with three levels of B added to nutrient solution (0, 10, 50 mg B L^{-1}) to compare B utilisation by tissue B analysis. Grown without added B, deficiency tolerant Fang 60 did not differ significantly in B concentration and content in the whole plant and specific parts including YEB, YEB+1 and YEB+2 from deficiency sensitive Bonza and Turkey 1473. Genotypic variation for B efficiency did not measure by tissue B analysis. At 50 mg B L^{-1}, Fang 60 had higher B concentration and content in any parts of its plant than Bonza and Turkey 1473. Tissue B in the three genotypes was closely related to their toxicity response (necrosis and chlorosis) but not their deficiency response. It also demonstrated that Fang 60 was not tolerant to B toxicity due to maintain more B in any parts at high B with resulted in more severity of B toxicity symptom. In contrast, Bonza and Turkey 1473 remained tolerant to B toxicity due to ability to maintain less B in any parts at high B.

From this study, the relationship between B deficiency and toxicity responses categorized into four groups:

1) Genotypes are efficient to B deficiency but sensitive to B toxicity i.e. Fang 60 and few lines from CIMMYT.
2) Genotypes are inefficient to B deficiency and sensitive to B toxicity i.e. CMU 88-9, SW 41, Halberd, BT-Schomburgk, Schomburgk, Tatiara, Kenya Farmer and advanced lines from 18th SAWSN from CIMMYT.
3) Genotypes are inefficient to B deficiency but tolerant to B toxicity i.e. Bonza and Turkey 1473.
4) Genotypes are efficient to B deficiency and tolerant to B toxicity, have not been found yet. However, such genotypes have so far not been identified.

Fang 60 exemplifies the highest tolerance to B deficiency and Bonza and Turkey 1473 the highest tolerance to B toxicity. Tissue B data indicated that their may be some association between responses to the two extremes of B supply.