

เปรียบเทียบการตอบสนองต่อการขาดธาตุโบรอน ในข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลี

Comparative Response to Boron Deficiency in Barley and Wheat

จำเนียร วงษ์โม้^{1/} สันสนีย์ จำจด^{1/} และ เบญจวรรณ อุทัยเกษม^{1/}

Jumnein Wongmo^{1/} Sansanee Jamjod^{1/} and Benjavan Rerkasem^{1/}

Abstract: To determine if boron (B) deficiency, commonly reported to depress grain set in wheat, has the same effect in barley, two experiments compared three wheat and three barley genotypes at various B levels in sand culture. Plants were grown with varied levels of added B, from 0 to 10 μM . Without added B, the genotypes ranged in Grain Set Index (GSI) from 0 to 93 % for wheat and 0 to 67 % for barley. Boron concentration of the ear and flag leaf at boot stage in wheat and barley correlated ($r = 0.8 - 0.9$, $p < 0.01$) with the effect of B on GSI. Grain set was the only response to low B, also measurable in decreased number of grains ear⁻¹ and grains spikelet⁻¹, in wheat. In barley, B deficiency also depressed the number of spikelets ear⁻¹ by 23 to 75 % and induced a “rat-tail” symptom of terminal spikelet degeneration. There was a weak correlation between ear and flag leaf B and the effect of B on ear size in barley ($r = 0.47$ and 0.37 , respectively, $p < 0.1$). In some barley genotypes, the low B level that depressed grain set sometimes also delayed ear emergence and depressed the number of ears plant⁻¹ but sometimes increased tillering. These results demonstrate that the phenotypic response to low B is more complex in barley than wheat. Different strategies may be required for managing B nutrition and different approaches for selecting B efficient genotypes in the two species.

^{1/}ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/}Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: รายงานการขาดโบรอนของข้าวบาร์เลย์มีความขัดแย้งกันอยู่ บางรายงานพบว่าเมื่อขาดโบรอนข้าวบาร์เลย์มีน้ำหนักแห้งฟางลดลง ในขณะที่บางรายงานพบว่าน้ำหนักแห้งฟางเพิ่มขึ้น เพื่อยืนยันให้เห็นผลกระทบจากการขาดโบรอนทั้งการเจริญเติบโตทางลำต้นใบและการแพร่ขยายพันธุ์ที่แตกต่างกัน จึงเปรียบเทียบการตอบสนองต่อระดับโบรอนในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ โดยทำการทดลองในกระถางทราย ในฤดูปลูก 2541/2542 ที่ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผลจากการขาดโบรอนทำให้ข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีติดเมล็ดลดลง ข้าวบาร์เลย์ยังได้รับผลกระทบจากการขาดโบรอนในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบด้วย โดยข้าวบาร์เลย์จะมีขนาดรวงลดลง การออกรวงช้า มีจำนวนหน่อและน้ำหนักแห้งสูง ต่างจากข้าวสาลีที่ไม่พบอิทธิพลจากการขาดโบรอนในลักษณะดังกล่าว ดังนั้นอาการขาดโบรอนของข้าวบาร์เลย์อาจมีกลไกของการขาดที่มีความซับซ้อนมากกว่าข้าวสาลี ความแตกต่างระหว่างข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีรวมทั้งความแตกต่างในระหว่างพันธุ์ต่อการตอบสนองต่อการขาดโบรอน ทำให้การจัดการเกี่ยวกับธาตุโบรอน เป็นไปได้เหมาะสม รวมทั้งใช้เป็นแนวทางในงานปรับปรุงพันธุ์ เพื่อคัดเลือกหาพันธุ์ที่ทนทานต่อการขาดโบรอนต่อไป

Index words: ข้าวบาร์เลย์ การขาดโบรอน ประสิทธิภาพการใช้โบรอน ข้าวสาลี

Barley, Boron deficiency, Boron efficiency, Wheat

คำนำ

โบรอนเป็นจุลธาตุที่มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช Shorroock (1997) รายงานว่า มีพื้นที่ที่มีปัญหาดินขาดโบรอนแพร่กระจายอยู่ทั่วโลก และพื้นที่ในประเทศไทยก็มีรายงานการขาดโบรอนด้วยเช่นกัน (เบญจวรรณ และคณะ, 1989; เพิ่มพูน, 2540) เนื่องจากโบรอนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นจึงเกิดการชะล้างได้โดยง่าย โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่มีโครงสร้างของเนื้อดินหยาบ (Wilson *et al.*, 1951) และมีฝนตกชุก (Gupta, 1979) การปลูกพืชในพื้นที่ซ้ำๆ กันเป็นเวลานานก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ดินขาดโบรอนได้ (Rerkasem & Rerkasem, 1991) ดังนั้นปัญหาดินขาดโบรอนจึงเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตของพืชลดลง ความต้องการโบรอนเพื่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทำให้ปริมาณโบรอนในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (Bergmann, 1992) ในพืชใบเลี้ยงคู่จะต้องการโบรอน ในปริมาณที่สูงกว่าพืชใบเลี้ยง -

เดี่ยว อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าในรัฐพืชซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีความต้องการโบรอนต่ำ แต่ก็มีรายงานการขาดโบรอนด้วย (เบญจวรรณ และคันสนีย์, 2532; Simojoki, 1972; Li *et al.*, 1978 da Silva and de Andrade, 1983; Sthapit, 1988; Amak and Tadano, 1991) เช่นใน ข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) และข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare* L.) แต่ในรายงานการขาดโบรอนที่ผ่านมา พบว่าในข้าวบาร์เลย์ยังมีความขัดแย้งกันอยู่ โดย Ambak and Tadano (1991) พบว่า การขาดโบรอนทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ Jamjod and Rerkasem (1999) รายงานว่าลดลง การศึกษาทดลองในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความแตกต่างระหว่างรัฐพืชทั้งสองชนิดนี้ในการตอบสนองต่อการขาดโบรอน เพื่อที่จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเกี่ยวกับธาตุอาหารโบรอนได้อย่างเหมาะสม และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในงานปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการวิจัยที่ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองแรก ใช้ข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีย่างละ 3 พันธุ์ ข้าวบาร์เลย์ได้แก่พันธุ์ BRB 9, BCMU 96-9 และพันธุ์ CMBL 92029 ข้าวสาลี ได้แก่พันธุ์ Fang 60, SW 41 และ Tatiara ส่วนการทดลองที่สอง ใช้พันธุ์ BRB 9 (ข้าวบาร์เลย์) และพันธุ์ SW 41 (ข้าวสาลี) ปลูกในกระถางดินเผาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. ลึก 30 ซม. บรรจุด้วยทรายแม่น้ำ ใช้สารละลายธาตุอาหารคัดแปลงมาจากสูตรของ Broughton and Dilworth (1971) ด้วยการเพิ่มไนโตรเจนในอัตรา 5 mM ใช้กรดร่วมกับโบรอนระดับต่างๆ กัน คือ 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 μM B (การทดลองแรก) 0 และ 10 μM B (การทดลองที่สอง) วันละ 2 ครั้งๆละ 1 ลิตร เข้ากับเย็นแบ่งการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เก็บเมื่อพืชเข้าสู่ระยะตั้งท้องเต็มที (full boot) และนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นโบรอนในเนื้อเยื่อส่วนรวงและใบธง โดยนำตัวอย่างไปอบที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโบรอนในเนื้อเยื่อพืชโดยวิธีของ Lohse (1982)

การบันทึกผล

บันทึกอายุการออกรวง, จำนวนหน่อ/ต้น, จำนวนรวง/ต้น, จำนวนช่อดอกย่อย/รวง (ขนาดรวง), น้ำหนักแห้ง, จำนวนเมล็ด/รวง, น้ำหนักเมล็ด/กระถาง และดัชนีการติดเมล็ด (Grain Set Index; GSI) ในข้าวสาลี จะนับ 2 ดอกแรกของ 10 ช่อดอกย่อยตรงกลางรวง (Rerkasem and Loneragan, 1994)

และนับ 10 ช่อดอกย่อยตรงกลางรวง (Jamjod and Rerkasem, 1999)

ผลการทดลองทั้งหมดวิเคราะห์สถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยวิธี LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

อิทธิพลของการขาดโบรอนต่อการให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลี

การขาดโบรอนกระทบต่อการติดเมล็ดของข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลี ความรุนแรงของการขาดโบรอนแตกต่างกันในระหว่างพันธุ์และระหว่างพืชเมื่อไม่ใส่โบรอน (B0) ข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีมีดัชนีการติดเมล็ด 12.5-32.2 % และ 0.2-94.8 % ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระดับโบรอน การติดเมล็ดของทุกพันธุ์จะเพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มระดับโบรอนขึ้นไปถึง 5 μM (B5) ไม่พบว่ามีข้าวบาร์เลย์หรือข้าวสาลีพันธุ์ใดเลยที่สามารถติดเมล็ดได้เกิน 90 % ยกเว้นข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 ซึ่งติดเมล็ด > 90 % ทั้งที่ใส่และไม่ใส่โบรอน (ตารางที่ 1)

ระดับโบรอนที่ทำให้ดัชนีการติดเมล็ดของข้าวสาลิลดลง ไม่มีผลทำให้จำนวนช่อดอกย่อยของข้าวสาลิลดลง โดยมีจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงอยู่ระหว่าง 13-15 ช่อดอกย่อย ในขณะที่ข้าวบาร์เลย์มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์เนื่องจากผลของการขาดโบรอน จำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงของพันธุ์ BCMU 96-9 และ CMBL 92029 มีจำนวนต่ำสุดเมื่อปลูกที่ B0 และเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับโบรอน แต่พันธุ์ BRB 9 พบว่า ที่ระดับ B0 ถึง B5 จำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงไม่แตกต่างกัน โดยจะมีจำนวน 8.9-10 ช่อดอกย่อยต่อรวง (ตารางที่ 2)

ผลของการขาดโบรอนทำให้ข้าวบาร์เลย์ (BRB 9) และข้าวสาลี (SW 41) มีจำนวนเมล็ดต่อรวงต่ำและทำให้ผลผลิตลดลง เมื่อปลูกที่ B0 ข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีมีผลผลิต (กรัม/กระถาง) 5.2 และ 1.3 กรัม และเมื่อเพิ่มระดับโบรอนเป็น B10 ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 67.2 และ 82.6 กรัม ตามลำดับ

นอกจากจำนวนช่อดอกย่อยต่อรวงของข้าวบาร์เลย์ที่ลดลงแล้ว ยังพบอิทธิพลของการขาดโบรอนในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบของข้าวบาร์เลย์ด้วย โดยที่ B0 ข้าวบาร์เลย์จะมีจำนวนหน่อและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ที่ B0 การออกรวงของข้าวบาร์เลย์จะช้ากว่าที่ B10 (ตารางที่ 3)

Table 1 Response in Grain Set Index (%) in barley and wheat to boron supply in sand culture (Experiment 1).

Species/genotype	Added B (μM)			
	0	0.1	0.3	5.0
<i>Barley</i>				
BRB 9	32.2 aD	57.5 bD	67.6 cC	76.7 dC
BCMU 96-9	23.4 aC	24.8 aC	28.4 aB	54.6 bB
CMBL 92029	12.5 aB	13.5 aB	22.0 bB	41.6 cA
<i>Wheat</i>				
Fang 60	94.8 aF	94.4 aF	98.7 aE	98.5 aD
SW 41	67.3 aE	74.6 bE	77.4 bcD	81.9 cC
Tatiara	0.2 aA	1.9 aA	13.0bA	61.2 cB
Effects	Genotype	Boron	G x B	
F-test	**	**	**	

Differences (by LSD $p < 0.05$) in the same row are indicated by different lowercase letters and in the same column by different uppercase letters.

** significant at $p < 0.01$

ความเข้มข้นของโบรอนในเนื้อเยื่อใบธง และในรวง

พันธุ์ข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีดูดโบรอนขึ้นไปที่สะสมในส่วนของใบธงและรวงได้แตกต่างกัน โดยที่ B0 ข้าวบาร์เลย์พันธุ์ BRB 9 มีโบรอนในใบธงสูงที่สุดคือ 13.2 mg/kg รองลงมาก็คือพันธุ์ CMBL 92029 มี 6.9 mg/kg และพันธุ์ CMU 96-9 มีต่ำที่สุดคือ 4.6 mg/kg ในข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 มีความเข้มข้นโบรอนในใบธงสูงที่สุดคือ 9.3 mg/kg รองลงมา

คือพันธุ์ SW 41 มี 7.5 mg/kg และพันธุ์ Tatiara มี ต่ำที่สุดคือ 3.8 mg/kg ส่วนความเข้มข้นของโบรอนในรวงพบว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ CMU 96-9 มีความเข้มข้นของโบรอนในรวงสูงที่สุดคือ 9.3 mg/kg รองลงมาก็คือพันธุ์ BRB 9 มี 6.6 mg/kg และพันธุ์ CMBL 92029 เป็นพันธุ์ที่มีโบรอนอยู่ต่ำที่สุดคือ 4.1 mg/kg ในข้าวสาลีพันธุ์ Fang 60 และ SW 41 มีความเข้มข้นของโบรอนในรวงไม่แตกต่างกันคือ 8.5 และ 7.8 mg/kg ส่วนพันธุ์ Tatiara มีต่ำที่สุดคือ 4.9 mg/kg (ตารางที่ 4)

Table 2 Response in the number of spikelets. ear⁻¹ in barley and wheat to boron supply in sand culture (Experiment 1).

Species/genotype	Added B (μM)			
	0	0.1	0.3	5.0
<i>Barley</i>				
BRB 9	8.9 aA	9.9 aA	10.0 aA	9.2 aA
BCMU 96-9	20.2 aE	25.6 cE	24.0 bE	24.2 bE
CMBL 92029	13.0 aB	15.0 bCD	15.9 bD	17.6 cD
<i>Wheat</i>				
Fang 60	14.3 aC	14.2 aBC	14.6 aBC	14.4 aBC
SW 41	13.0 aB	13.7 aB	13.9 aB	14.0 aB
Tatiara	15.7 aD	15.8 aD	15.4 aCD	15.6 aC
Effects	Genotype (G)	Boron (B)	G x B	
F-test	**	**	**	

Differences (by LSD $p < 0.05$) in the same row are indicated by different lowercase letters and in the same column by different uppercase letters.

** significant at $p < 0.01$

Table 3 Response of vegetative and reproductive growth in wheat (SW 41) and barley (BRB 9) to boron supply in sand culture (Experiment 2).

	Added B (μM B)				G x B
	0	10	0	10	
	<i>Wheat (SW 41)</i>		<i>Barley (BRB 9)</i>		
Shoot dry weight (g. pot ⁻¹)	65.4 c	67.2 c	40.4 b	29.6 a	*
Tillers. plant ⁻¹	12.0 a	9.6 a	32.4 b	15.5 a	**
Day of ear emergence	56.9 c	57.3 c	49.1 b	45.8 a	*
Spikes. plant ⁻¹	7.2 a	6.4 a	18.8 c	13.1 b	*
Spikelets. spike ⁻¹	17.6 bc	19.0 c	8.9 a	16.9 b	*
Grains. spike ⁻¹	0.1 a	44.5 d	2.7 b	16.7 c	*
Grain yield (g. pot ⁻¹)	1.3 a	82.6 c	5.2 a	67.2 b	*
Grain Set Index (%)	0.3 a	97.7 c	24.6 b	98.0 c	*

F-test of genotype by boron interaction, significant level: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. Differences between B levels in each species are indicated by different lowercase letters (by LSD $p < 0.05$)

Table 4 Boron concentration (mg B. kg⁻¹) in ears and flag leafs at booting of barley and wheat genotypes grown in sand culture at four levels of boron (Experiment 1).

Species/genotype	Added B (μM)			
	0	0.1	0.3	5.0
<i>Boron concentration (mg B. kg⁻¹) in flag leafs</i>				
<i>Barley</i>				
BRB 9	13.2 aD	13.4 abD	14.6 bcE	15.6 cBC
BCMU 96-9	4.6 aA	5.4 abA	6.5 bB	8.7 cA
CMBL 92029	6.9 aB	7.0 aB)	7.7 aB)	7.7 aA
<i>Wheat</i>				
Fang 60	9.3 aC	10.9 bC	12.1 cD	16.2 dC
SW 41	7.5 aB	7.7 aB	9.3 bC	14.3 cB
Tatiara	3.8 aA	4.1 aA	4.5 aA	8.1 bA
<i>Boron concentration (mg B. kg⁻¹) in ears</i>				
<i>Barley</i>				
BRB 9	6.6 aB	9.5 bC	12.3 cD	12.8 cE
BCMU 96-9	9.3 bD	8.5 abBC	8.2 aB	9.3 bC
CMBL 92029	4.1 aA	5.0 abA	5.7 bcA	6.1 cA
<i>Wheat</i>				
Fang 60	8.5 aCD	8.8aBC	9.9 bC	10.4 bD
SW 41	7.8 aC	8.2 aB	10.9 bC	10.9 bD
Tatiara	4.9 aA	5.4 aA	6.4 bcA	7.3 bB
Effects	Genotype (G)	Boron (B)	G x B	
F-test (ear)	NS	**	**	
F-test (flag leaf)	**	**	**	

Differences (by LSD $p < 0.05$) in the same row are indicated by different lowercase letters and in the same column by different uppercase letters. NS = not significant, $p < 0.05$.

** significant at $p < 0.01$

วิจารณ์ผลการทดลอง

พบความแตกต่างระหว่างข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีและระหว่างพันธุ์ของแต่ละชนิด ในการตอบสนองต่อการขาดโบรอน เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดซึ่งใช้ดัชนีการติดเมล็ดเป็นตัวชี้วัด มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของโบรอนในใบธงและในรวง โดยมีค่าความสัมพันธ์ (r) 0.8-0.9 แต่เฉพาะข้าวสาลีพันธุ์ Tatiara ซึ่งอ่อนแอต่อการขาดโบรอนจะมีดัชนีการติดเมล็ดและความเข้มข้นโบรอนในรวงและใบธงต่ำ และเมื่อเพิ่มระดับโบรอน การติดเมล็ดและความเข้มข้นโบรอนก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะที่พันธุ์ SW 41 และ Fang 60 มีความเข้มข้นของโบรอนในรวงไม่แตกต่างกัน แต่พันธุ์ SW 41 ติดเมล็ดต่ำกว่าพันธุ์ Fang 60 ข้าวบาร์เลย์เมื่อปลูกที่ B0 พันธุ์ BCMU 96-9 มีความเข้มข้นโบรอนในรวงสูงกว่าพันธุ์ BRB 9 แต่ติดเมล็ดต่ำกว่า การใช้ค่าความเข้มข้นโบรอนในใบธงและในรวง เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์จึงไม่สามารถทำได้ เช่นเดียวกับ Rerkasem and Loneragan (1994) ที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้าวสาลีพันธุ์ SW 41 และ Sonora 64 ว่าพันธุ์ไหนมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน โดยการใช้ค่าความเข้มข้นของโบรอนในเนื้อเยื่อเป็นตัวบ่งชี้ Rerkasem *et al.* (1997) พบว่าข้าวสาลีพันธุ์ SW 41 มีความเข้มข้นโบรอนในส่วนของเกสรตัวผู้ และส่วนของเกสรตัวเมียสัมพันธ์กับการติดเมล็ด ถ้าความเข้มข้นสูง การติดเมล็ดจะสูงด้วย การผสมเกสรเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์เมื่อมีความเข้มข้นของโบรอนในส่วนของเกสรตัวผู้ (anther) และส่วนของเกสรตัวเมีย (carpel) 10 และ 8 mg/kg DW ตามลำดับ ดังนั้น เพื่อบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ที่

แน่นอนกว่านี้ อาจจำเป็นต้องใช้เนื้อเยื่อส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ของพืชโดยตรง เช่น ส่วนของเกสรตัวผู้ หรือเกสรตัวเมีย

งานทดลองของ Huang *et al.* (2000) พบว่าข้าวสาลีที่มีความเข้มข้นโบรอน 1 mg/kg DW จะไม่แสดงความผิดปกติทางด้านการเจริญเติบโตในระยะสร้างดินและใบ แต่ในการทดลองนี้ข้าวบาร์เลย์เมื่อปลูกที่ B0 มีความเข้มข้นของโบรอนในเนื้อเยื่อสูงเช่นเดียวกับข้าวสาลี แต่ขนาดรวงกลับลดลง จึงอาจจะเป็นไปได้ว่า ข้าวบาร์เลย์มีความสามารถในการดูดโบรอนเข้าไปในรวงที่สร้างและพัฒนาอยู่ภายในกาบใบและเป็นส่วนที่ไม่มีการคายน้ำได้ไม่ดีเท่ากับข้าวสาลีหรืออาจจะมีความต้องการโบรอนสำหรับการพัฒนาการของรวงมากกว่าข้าวสาลี และการขาดโบรอนยังทำให้ปรากฏอาการ rat-tail หรือว่าหางหนู ซึ่งมีลักษณะเป็นปอยสีขาว ขึ้นบริเวณปลายรวงของข้าวบาร์เลย์ คล้ายคลึงกับอาการขาดคอปเปอร์ (Snowball and Robson, 1983) ที่ B0 ข้าวบาร์เลย์จะแตกหน่อเพิ่มขึ้น แสดงว่าโบรอนไม่เพียงพอจำกัดในการสร้างหน่อ จำนวนหน่อที่เพิ่มขึ้นและการติดเมล็ดที่ลดลงแสดงให้เห็นว่า ความต้องการโบรอนในการสร้างผลผลิตหรือการติดเมล็ดจะสูงกว่าความต้องการสำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ลักษณะของการแตกหน่อที่เพิ่มขึ้นอาจจะเกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลของฮอร์โมนภายในต้นพืช เช่นเดียวกับในถั่วลิ้นเต้าที่มีการแตกตาข้างเพิ่มขึ้นเมื่อขาดโบรอน โดย Li *et al.* (1997) ให้เหตุผลว่าการขาดโบรอนไปจำกัดการเจริญของส่วนยอด ทำให้ปริมาณ IAA ที่สร้างจากส่วนยอดลดลง อิทธิพลการข่มของตายอดที่มีต่อตาข้างจึงลดลง ทำให้พืชแตกตาข้างเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาพบความแตกต่างระหว่างข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีในการตอบสนองต่อการขาดโบรอน โดยผลกระทบจากการขาดโบรอนทำให้ขนาดรวงและการติดเมล็ดของข้าวบาร์เลย์ลดลง ขณะที่ในข้าวสาลีเฉพาะการติดเมล็ดเท่านั้นที่ลดลง ทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาและความเหมาะสมสำหรับการจัดการใส่ธาตุอาหารโบรอนให้แก่พืชทั้งสองชนิด โดยข้าวบาร์เลย์จำเป็นต้องให้ธาตุอาหารโบรอนอย่างเพียงพอตั้งแต่เริ่มปลูกหรือก่อนปลูก และจะต้องให้อย่างเพียงพอต่อเนื่องไปจนถึงความต้องการในระยะผสมเกสรส่วนในข้าวสาลีนั้น การใส่ธาตุอาหารโบรอนในระยะแรกอาจจะไม่จำเป็นแต่จะจำเป็นภายหลังจากที่มีการสร้างรวงและการพัฒนารวงที่อยู่ภายในกาบใบสมบูรณ์แล้ว วิธีการปลูกพืชเพื่อทดสอบความสามารถในการทนต่อการขาดโบรอนด้วยวิธีการนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานปรับปรุงพันธุ์ เพื่อคัดเลือกหาพันธุ์ที่ทนต่อการขาดโบรอนและมีประสิทธิภาพในการนำโบรอนไปใช้ได้สูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนส่วนหนึ่งจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้วิจัยแรกได้รับเงินสนับสนุนจาก โครงการย่อยบัณฑิตศึกษาและวิจัย สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณ คุณสิทธิชัย ลอดแก้ว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร และขอขอบคุณ รศ.ดร. สุทัศน์ จุลศรีไกรวัลย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์พันธุ์ BCMU 96-9

เอกสารอ้างอิง

- เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, รจเร เนตรแสงทิพย์, สิทธิชัย ลอดแก้ว, พิมลรัตน์ ทองรอด, สุพร ปรีดิศรีพิพัฒน์, สาวิต มีชัย, ณรงค์ ผลวงษ์. 2531. การสำรวจอาการเมื่อดกตวงในถั่วลิสงเพื่อเป็นการบ่งชี้การขาดโบรอนในภาคเหนือ. รายงานการสัมมนางานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 7.
- เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และ ศันสนีย์ จำจด. 2532. การแก้ไขปัญหารวงลีบเนื่องจากการขาดธาตุโบรอนในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์. วารสารดินและปุ๋ย. 11, 200-209.
- เพิ่มพูน กิรติศิริกร. 2537. ผลงานวิจัยธาตุอาหารเสริมกับพืชตระกูลถั่วที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารดินและปุ๋ย. 11:155-167.
- Ambak, K. and T. Tadano. 1991. Effect of micronutrient application on the growth and occurrence of sterility in barley and rice in a Malaysian deep peat soil. Soil Sci. Plant Nutr. 37,715-724.
- Bergmann, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants-Development, Visual and Analytical Diagnosis. Fischer Verlag, Jena.
- Broughton, W. J. and M. J. Dilworth. 1971. Control of leghaemoglobin synthesis in snake beans. Biochem. J. 125,1075-1080.
- da Silva, A. R. and J. M. V. de Andrade. 1983. Influence of micronutrients on the male sterility on upland wheat and on rice and soybean yields in red-yellow latosols. Pesq. Agropec bras. Brasilia, 18, 593-601.
- Gupta, U. C. 1979. Boron nutrition of crops. Adv.Agron.31:273-307.
- Huang, L., J. Pant, B. Dell and R. W. Bell. 2000. Effect of boron deficiency on anther development and floret fertility in wheat (*Triticum aestivum* L. 'Wilgoyne'). Annals of Botany. 85,493-500.

- Jamjod, S. and B. Rerkasem. 1999. Genotypic variation in response of barley to boron deficiency. *Plant Soil* 215,65-72.
- Li, C. J., H. Y. Yuan, Y. G. Zhang and F. S. Zhang. 1997. Growth of lateral buds versus changes of endogenous indoleacetic acid and zeatin/zeatin riboside content in pea plants grown under boron deficiency. In *Boron in Soils and Plants*. Eds. R. W. Bell and B. Rerkasem. pp. 179-182. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Li, W. H., M. C. Chao, N. S. Jerm, C. R. Li, W. J. Chu and C. L. Wang. 1978. Study on cause of sterility of wheat. *J. Northeastern Agri. College*, 31-19.
- Lohse, G. 1982. Microanalytical azomethine-H method for boron determination in plant tissues. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 13,127-134.
- Martens, D. C. and D. T. Westermann. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In *Micronutrients in Agriculture*. 2nd ed. J.J. Mordtvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R. M. Welch. pp. 549-592. SSSA Book Series no. 4. SSSA, Madison, WI.
- Rerkasem, B. and J. F. Loneragan. 1994. Boron deficiency in two wheat genotypes in a warm, subtropical region. *Agron.J.* 86,887-890.
- Rerkasem, B., S. Lordkaew and B. Dell. 1997. Boron requirement for reproductive development in wheat. *Plant nutrition*. pp. 69-73.
- Rerkasem, B. and K. Rekasem. 1991. A decline of soil fertility under intensive cropping in northern Thailand. In: *Soil Management for Sustainable Rice Production in the Tropics*, Int. Board for Soil Res and Management Monograph No.2, pp. 315-328. IBSRAM, Bangkok.
- Shorrocks, V. M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*. 193,121-148.
- Simojoki, P. 1972. Tuloksia ohran boorilannoituskokeista. *Ann. Agric. Fenn.* 11, 333-341.
- Snowball, K. and A. D. Robson. 1983. Symptoms of Nutrient Deficiencies. Department of Soil Science and Plant Nutrition. Institute of Agriculture, University of Western Australia.
- Sthapit, B. R., K. D. Subedi, T. P. Tiwari, S. L. Chaudhary, K. D. Joshi, B. K. Dhital and S. N. Jaisi. 1989. Studies on causes of wheat sterility in the hill, Tar and Terai of Nepal. Seminar paper No. 5/89. Paper presented at the winter crops seminar, National Wheat Development Programe, Bhairhawa, Nepal.
- Wilson, C. M., R. L. Lovvorn. and W. W. Woodhouse. 1951. Movement and accumulation of water soluble boron within the soil profile. *Agron. J.* 43, 363-367.