อิทธิพลของการใส่โบรอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่ขาดโบรอน

Effects of Applied Boron, Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Seed Yield and Quality of Peanut Grown in Boron Deficient Soil[1/].

เพิ่มพูน กีรติกสิกร [1/] สุมิตรา ภู่วโรดม [2/] เบ็ญจพร กุลนิตย์ [1/] และมนต์ชัย ดวงจินดา [1/]

Pirmpoon Keerati – Kasikorn[1/], Sumitra Poovarodom[2/] Benjaporn Kunlanit[1/] and Monchai Duanjinda[1/]

[1]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น pirm@kku.ac.th

[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

[1/]Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen

[2/]Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

kpsumitr@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การทดลองในกระถางได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่ N, P และ K ภายใต้สภาพการใส่และไม่ใส่ B ต่อผลผลิตและคุณภาพของถั่วลิสง พันธุ์ขอนแก่น 4 ที่ปลูกในดินที่ขาด B วางแผนการทดลองแบบ factorial in randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย B 2 ระดับ : 0 และ 1 kgB ha^{-1}/N 3 ระดับ : 0, 20 และ 60 kgN ha^{-1} P 3 ระดับ : 0, 30 และ 60 kgP ha^{-1} และ K 3 ระดับ: 0, 100 และ 200 kgK ha^{-1} เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อพืชอายุ 100 วันหลังปลูก อิทธิพลของการใส่ B, N, P และ K ต่อน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดของถั่วลิสงมีปฏิกิริยาต่อกัน เมื่อใส่ B ร่วมกับ N-P-K ที่ให้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย 30% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ 0-0-0 ได้แก่ 60-30-100, 60-60 –100, 60 –30–200 และ 60 –60–200 ส่วนตำรับที่ให้ผลผลิตลดลง ได้แก่ 20 –0–0, 0–60–0, 20–60–0, 20–0–200, 60–0–200, 0-30–100, 0–60–100 และ 20–30–100 ส่วนสภาพที่ไม่ใส่ B ตำรับที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 25% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ 0-0-0 ได้แก่ 0 –30–100, 0 –30–200, 20 –30–100, 20 –30–200, 60 –30–200 และ 60 –60–200 ส่วนตำรับที่ให้ผลผลิตลดลง ได้แก่ 0 –60–0, 0 –0–100, 60 –60–0, 60–0–100, 0 –60–100, 0 –60–200, 20 –60–200 และ 60 –60–100 ในสภาพที่ไม่ใส่ B การใส่ 0-60-100 และ 0-60-200 ทำให้ N และ Fe ในใบอ่อนที่เจริญเต็มที่มีความเข้มข้นลดลง

ไม่พบเมล็ดกลวงในทุกตำรับที่มีการใส่ B และในบางตำรับที่ไม่ใส่ B โดยเป็นตำรับที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า หรือไม่แตกต่างจากตำรับ 0-0-0 ส่วนตำรับที่ไม่ใส่ B และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมีเมล็ดกลวงเกิดขึ้นตั้งแต่ 0.3 ถึง 12.6%

Abstract

A glasshouse experiment was conducted to determine the effects of N, P and K application in the presence and absence of added B on seed yield and quality of peanut grown in B deficient soil. Peanut cultivar Khon Kaen 4 was grown in a B, N, P and K deficient soil. A factorial randomized complete block design with 4 replications was used with treatment combinations of two rates of B : 0 and 1 kgB ha^{-1}, three rates of N : 0. 20 and 60 kgN kg^{-1}, three rates of P :0, 30 and 60 kgP kg^{-1} and three rates of K : 0, 100 and 200 kgK kg^{-1}. The experiment was harvested at 100 day after planting.

Effects of B, N, P and K applications on peanut seed yield was significantly interacted. In the presence of applied B, yield increase was found in the following N-P-K combination treatments: 60–30–100, 60 –60–100, 60-30 –200 and 60 –60–200, whereas the decrease was in 20–0–0, 0–60–0, 20–60–0, 20–0–200, 60–0–200, 0–30–100, 0–60–100 and 20–30–100. In the absence of applied, B the increased was found in 0–30–100, 0–30–200, 20–30–100, 20–30–200, 60–30–200 and 60–60–200 whereas the decrease was in 0–60–0, 0–0–100, 60–60– 0, 60–0–100, 0-60–100, 0-60–20, 20–60–200 and 60–60–100. In the absence of applied B, application of 0-60-100 and 0-60-200 significantly decreased N and Fe concentrations in the youngest fully expanded leaf.

No hollow heart seed was found in all B added treatments, and in some B omitted treatments producing low yield. B omitted treatments with high yield produced hollow heart seed ranged 0.3 – 12.6%.

~~คำนำ~~

การขาด B ของถั่วลิสงพบได้ในหลายพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เพิ่มพูน และประเทือง 2532) ถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่ขาด B ทำให้เกิดเมล็ดกลวง หรือ hollow heart seed (Cox *et al*., 1982) ซึ่งเป็นเมล็ดที่มีเนื้อเยื่อด้านใน (เมื่อแยกเมล็ดออกเป็น 2 ซีก) มีลักษณะผิวขรุขระ หากอาการขาดรุนแรงมากขึ้น จนเนื้อเยื่อเจริญไม่เต็มพื้นผิวเมล็ด และเกิดเป็นหลุม สีของเนื้อเยื่อบริเวณนี้

อาจเป็นสีเหลือง จนถึงสีเหลืองปนน้ำตาลเข้ม การใส่ปุ๋ย N, P และ K และธาตุอาหารอื่น โดยไม่มี B ให้แก่ถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่ขาด B ทำให้ผลผลิตเมล็ดลดลงประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยที่มี B ร่วมด้วย และการไม่ใส่ B ทำให้มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้น 49% แต่เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ พบเมล็ดกลวงในผลผลิตเพียง 7% (เพิ่มพูน และประเทือง 2531) การลดลงอย่างมากของผลผลิตถั่วลิสงจากการใส่ปุ๋ยที่ไม่มี B อาจเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่าง B กับธาตุอาหารหลัก P และ K ในปุ๋ย ซึ่งมีในสัดส่วนที่สูงกว่าธาตุอาหารชนิดอื่นๆ Hill and Morrill (1975) พบว่า อิทธิพลของการใส่ K และ B ต่อผลผลิตเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกในกระถางมีปฏิสัมพันธ์กัน การใส่ K อัตรา 25 – 50 mgK kg^{-1} และ B 0.25 – 0.5 mgB kg^{-} ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใส่ K อัตราเพิ่มขึ้นเป็น 100 mgK kg^{-1} ร่วมกับ B ที่อัตรา 0.5 mgB kg^{-1} ทำให้ผลผลิตลดลง Xiong *et al*. (1994) รายงานถึงอิทธิพลของการใส่ N และ B ต่อการดูดใช้ N มีปฏิสัมพันธ์ ส่วนการใส่ P ให้แก่มะเขือเทศเพิ่มขึ้น สามารถลดความเป็นพิษที่เกิดจากได้รับ B ในระดับที่สูงเกินไป (Kaya *et al*., 2009) แต่ไม่พบรายงานความสัมพันธ์ระหว่าง N, P และ B ที่มีต่อผลผลิตของถั่วลิสง การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่ N, P และ K ต่อผลผลิตเมล็ดของถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่ขาด B ภายใต้สภาพการใส่และไม่ใส่ B

~~อุปกรณ์และวิธีการ~~

ทำการทดลองในกระถางโดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in randomized complete block design ประกอบด้วย B 2 ระดับ คือ 0 และ 1 kg B ha^{-1} ในรูปสารบอแรกซ์ N 3 ระดับ คือ 0, 20 และ 60 KgN ha^{-1} ในรูปยูเรีย P 3 ระดับ คือ 0, 30 และ 60 kgP ha^{-1} ในรูป $Ca(H_2PO_4)_2$ และ K 3 ระดับ คือ 0, 100 และ 200 kgK ha^{-1} ในรูป K_2SO_4 โดยเก็บดินจากแหล่งเดียวกันกับดินที่ใช้ ในการทดลองของ เพิ่มพูน และประเทือง (2531) ซึ่งเป็นดินชุดน้ำพองจากไร่เกษตรกรที่บ้านซำจาน ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ระดับความลึก 20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็น loamy sand pH 5.3 organic matter 0.37% total N 0.02 %N ปริมาณ Bray II extractable P 4.8 mgP kg^{-1} ปริมาณ ammonium acetate extractable K 9.7 mgK kg^{-1} ปริมาณ hot $CaCl_2$ extractable B 0.06 mgB kg^{-1} ชั่งดินที่ร่อนแล้ว 10 กิโลกรัมใส่ในกระถางที่มีรูตรงพื้นกระถางเพื่อให้น้ำไหลผ่านเข้าออกได้ โดยวางกระดาษกรองเบอร์ 1 รองพื้นกระถางก่อนใส่ดิน และวางกระดาษกรองอีก 1 แผ่นบนถาดที่ใช้รองก้นกระถาง ใส่ B, N, P และ K ในอัตราดังกล่าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยรองพื้นซึ่งประกอบด้วย 139 kgCa ha^{-1} ในรูป $CaSO_4$ 2 H_2O, 6 kgMg ha^{-1} ในรูป $MgSO_4.7HO_2$, 3 kgZn ha^{-1} ในรูป $ZnSO_4.7H_2O$, 1 kgCu ha^{-1} ในรูป $CuSO_4.5$ H_2O, 0.24 kgMo ha^{-1} ในรูป Na_2 $MoO_4.2$ H_2O และ 0.13 kgCo ha^{-1} ในรูป $CoSO_4.7$ H_2O สำหรับ B และ Ca แบ่งใส่เป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก ครั้งที่ 2 ใส่เมื่อถั่วลิสงอยู่ในระยะลงเข็ม ปลูกเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 ในกระถางๆ ละ 5 เมล็ด บนพื้นที่หน้าตัดของดินเท่ากับ

0.05 m^2 เมื่อถั่วลิสงอายุ 9 วันหลังปลูก ทำการถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อกระถาง ดูแลรักษาระดับน้ำที่ field capacity อย่างสม่ำเสมอ

ทำการเก็บตัวอย่างใบพืชที่เป็นใบอ่อนที่เจริญเต็มที่ (youngest fully expanded leaf, YFEL) เมื่อพืชอยู่ในระยะออกดอก อบจนแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 70 ^{O}C แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh จากนั้นนำตัวอย่างพืชที่บดแล้วมาวิเคราะห์ปริมาณ B, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่ออายุ 100 วัน หลังปลูก บันทึกน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด ฝัก ลำต้นใบ และราก ทำการแยกผลผลิตเมล็ดออกเป็น 2 ขนาด คือ เมล็ดขนาดใหญ่ และเมล็ดขนาดเล็ก ซึ่งเป็นเมล็ดที่ร่อน ไม่ผ่านและผ่านช่องตระแกรง 0.7 x 2.0 เซนติเมตร ตามลำดับ บันทึกน้ำหนักของเมล็ดขนาดใหญ่และขนาดเล็ก นับจำนวนเมล็ดทั้งหมด จำนวนเมล็ดขนาดใหญ่ จำนวนเมล็ดขนาดเล็ก และจำนวนฝักต่อกระถาง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หลังจากนับจำนวนเมล็ดทั้งหมดแล้ว นำเมล็ดมาแกะออกเป็น 2 ซีก เพื่อตรวจสอบลักษณะอาการผิดปกติอันเนื่องจากการขาด B ที่เรียกว่า เมล็ดกลวง บันทึกจำนวนเมล็ดกลวง

~~ผลการทดลองและวิจารณ์~~

อิทธิพลของการใส่ B, N, P และ K ต่อผลผลิตของถั่วลิสง

อิทธิพลของการใส่ B N P และ K อัตราต่างๆ ต่อน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด มีปฏิสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 1) ในสภาพที่ใส่ B ตำรับทดลองที่ให้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ 0 –0–0 ได้แก่ 60 –30-100, 60 –60-100, 6 0–30-200 และ 60 –60-200 ทั้ง 4 ตำรับนี้ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 24.1 g ต่อพื้นที่ 0.05 m^2 (คิดเป็น 4.8 t ha^{-1}) เป็นการเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 26% เมื่อเปรียบเทียบกับ 0-0-0 ส่วนตำรับที่ให้ผลผลิตเมล็ดลดลง ได้แก่ 20-0-0, 0 –60-0, 20 –60-0, 20 –0-200, 60–0-200, 0-30-100, 0 –60–100 และ 20-30 –100 ทั้ง 8 ตำรับนี้ ยกเว้นตำรับ 0 –60–0 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 13.9 g ต่อพื้นที่ 0.05 m^2 (คิดเป็น 2.8 t ha^{-1}) ซึ่งเป็นการลดลงโดยเฉลี่ย 28% ส่วนตำรับ 0 –60–0 ให้ผลผลิตเมล็ด 9.4 g ต่อพื้นที่ 0.05 m^2 หรือทำให้ผลผลิตลดลง 51% ส่วนตำรับอื่นๆ ที่เหลือให้ผลผลิตไม่แตกต่างจาก ตำรับ 0-0-0 โดยผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 18.8 g ต่อพื้นที่ 0.05 m^2 (เทียบเท่า 3.8 t ha^{-1}) ส่วนในสภาพที่ไม่ใส่ B ตำรับ N P K ที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ 0 –0–0 (ตารางที่ 1) ได้แก่ 0 -30-100, 0 -30-200, 20 - 30-100, 20 - 30-200, 60 -30-200 และ 60 –60-200 ทั้ง 6 ตำรับ ยกเว้น 0-30-100 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 23.5 g/0.05 m^2 โดยผลผลิตเพิ่มขึ้น 31% เมื่อเปรียบเทียบกับ 0-0-0 ส่วนตำรับ 0-30-100 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 22% ตำรับที่ให้ผลผลิตลดลง ได้แก่ 0 -60-0, 0 -0- 100, 60 -60-0, 60 -0-100, 0 -60-100, 0 -60-200, 20 –60-200 และ 60 -60-100 ซึ่งทั้ง 8 ตำรับนี้ ยกเว้น 60-0-100 ให้ผลผลิต

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณผลผลิตอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10.3 ถึง 13.1 g ต่อ 0.05 m^2 เฉลี่ย 11.5 g ต่อ 0.05 m^2 ซึ่งเป็นการลดลง 36% ส่วนตำรับ 60-0-100 ให้ผลผลิตลดลง 20% ตำรับอื่นนอกเหนือจากนี้ให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับ 0 –0-0 เป็นที่น่าสังเกตว่า ตำรับที่ให้ผลผลิตเมล็ดลดลง ทั้งในสภาพที่ใส่และไม่ใส่ B มีทั้งตำรับที่ใส่ธาตุ N, P และ K ชนิดใดชนิดหนึ่ง เพียง 1, 2 ธาตุ และครบทั้ง 3 ธาตุ เมื่อพิจารณาสถานภาพ N, P และ K ของดินที่ใช้ศึกษา พบว่า ค่าวิเคราะห์ Bray II extractable P ของดิน เป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าวิกฤติสำหรับถั่วลิสงที่รายงานไว้ใน Cox *et al*. (1982) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 mgP kg^{-1} ทวีทรัพย์ และเพิ่มพูน (2549) และ ใจ และเพิ่มพูน (2551) รายงานการตอบสนองต่อการใส่ P ของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินที่มีค่า Bray II extractable P 4.8 mgP kg^{-1} ซึ่งเท่ากับค่าวิเคราะห์ P ในดินที่ใช้ศึกษานี้ สำหรับสถานภาพของ N และ K เบ็ญจพร และคณะ (2552) ทำการทดลองแบบ omission trial กับพืชแก่นตะวัน หรือ Jerusalem artichoke ในดินที่เก็บจากแหล่งเดียวกันกับดินที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ พบว่า การไม่ใส่ N, P หรือ K ทำให้น้ำหนักหัวแห้งลดลง 61% 29% และ 23% ตามลำดับ ภิเชษฐ์ และเพิ่มพูน (2551) ทดลองในดินที่เก็บจากแหล่งเดียวกันเช่นกัน พบการตอบสนองของแก่นตะวันต่อการใส่ N และ K และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของการใส่ N และ K ต่อการเพิ่มผลผลิตหัว ฉะนั้น นอกจาก B แล้ว ดินนี้ยังเป็นดินที่ขาด N, P และ K การลดลงของผลผลิตจากใส่ตำรับต่างๆ ที่มี N, P และ K ชนิดใดชนิดหนึ่ง เพียง 1 หรือ 2 ธาตุ อาจมาจากอิทธิพลของการขาดธาตุที่ไม่ใส่ร่วมด้วย หรือในกรณีที่ใส่ธาตุ N, P และ K ครบทั้ง 3 ธาตุ การลดลงของผลผลิตอาจเป็นอิทธิพลของความไม่สมดุลของธาตุอาหารในสภาพที่เกี่ยวข้องกับการใส่หรือไม่ใส่ B ดังนั้น การใส่ B ร่วมกับ 20-30-100 ทำให้ผลผลิตลดลง แต่เมื่อใส่ B ร่วมกับ 60-30-100 ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น การไม่ใส่ B ในตำรับ 20-30-100 ทำให้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาตำรับที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในกรณีไม่ใส่ B ทุกตำรับ ยกเว้น 60-60-200 เป็นตำรับที่ใส่ P 30 kgP ha^{-1} เป็นส่วนใหญ่ สำหรับตำรับที่ผลผลิตลดลง ส่วนใหญ่เป็นตำรับที่ใส่ P 60 kgP ha^{-1} ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อไม่มีการใส่ B ให้กับถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่มีค่าวิเคราะห์ B ต่ำ ไม่ควรใส่ P อัตราสูงเกินกว่า 30 kgP ha^{-1} ส่วนกรณีที่มีการใส่ B สังเกตได้ว่าส่วนใหญ่ตำรับ N, P และ K ที่ให้ผลผลิตลดลง เป็นตำรับที่มีธาตุใดธาตุหนึ่งเพียง 1 หรือ 2 ธาตุ หากมีครบทั้ง 3 ธาตุ ซึ่งพบว่าบางกรณีผลผลิตก็ยังลดลง การลดลงของผลผลิตอาจเนื่องจากการใส่ N ในอัตราต่ำ ซึ่งอาจเนื่องจากการเกิดสภาพความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน

Table 1. Effect of N, P and K application with and without B on total seed weight of peanut cultivar Khon Kaen 4

อัตราการใส่ธาตุอาหาร (kg N, P, K ha^{-1})			น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด (g/pot^{-1})$^{+}$	
N	P	K	B0	B1
0	0	0	17.9 j-q	19.2 g-n
20	0	0	15.0 p-u	13.9 r-w
60	0	0	16.7 l-s	20.1 e-l
0	30	0	17.2 k-r	18.9 h-n
0	60	0	10.3 xy	9.4 y
0	0	100	10.8 w-y	18.4 h-o
0	0	200	20.2 d-k	19.6 g-m
20	30	0	20.7 c-j	19.9 f-l
20	60	0	18.3 i-p	14.7 q-u
60	30	0	18.2 i-p	18.4 h-o
60	60	0	10.7 w-y	16.9 k-s
20	0	100	18.9 h-n	17.8 j-q
20	0	200	15.4 o-u	14.0 r-w
60	0	100	14.3 r-u	19.3 g-n
60	0	200	19.0 h-n	12.3 u-y
0	30	100	21.8 b-h	14.6 q-u
0	30	200	23.2 a-e	20.1 e-l
0	60	100	12.6 u-y	14.1 r-v
0	60	200	10.8 v-y	21.5 c-i
20	30	100	23.7 a-c	13.8 s-w
20	60	100	16.1 n-t	19.6 g-m
20	30	200	23.0 a-f	16.7 l-s
20	60	200	13.1 t-x	16.2 m-t
60	30	100	20.3 d-k	25.0 ab
60	60	100	12.3 u-y	23.5 a-d
60	30	200	22.4 a-g	23.2 a-f
60	60	200	25.1 a	24.7 ab
B x N x P x K			*	
CV (%)			9.8	

$^{+}$ 3 plants per pot with soil surface area of 0.05 m^2

จากรายงานของ เพิ่มพูน และประเทือง (2531) ซึ่งพบการตอบสนองต่อการใส่ B ที่สูงมาก โดยการใส่ B ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า สำหรับปุ๋ยรองพื้นในรายงานดังกล่าว ไม่มีการใส่ N แต่มีการใส่ P อัตรา 50 kgP ha^{-1} และ K อัตรา 139 kgK ha^{-1} เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองครั้งนี้ โดยเลือกตำรับที่มีอัตรา P และ K ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งได้แก่ ตำรับ 0 –60-200 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใส่และไม่ใส่ B พบลักษณะการตอบสนองที่ใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ เมื่อ ไม่ใส่ B ถั่วลิสงให้ผลผลิต 10.8 g/ 0.05 m^2 แต่เมื่อใส่ B ร่วมด้วย ให้ผลผลิต 21.5 g/ 0.05 m^2 หากเปรียบเทียบเฉพาะส่วนนี้ก็อาจกล่าวได้ว่า การใส่ B ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 2 เท่า ทั้งนี้ การทดลองของเพิ่มพูน และประเทือง (2531) มีเฉพาะตำรับทดลองที่ใส่ P และ K ร่วมกับการใส่และไม่ใส่ B โดยขาดตำรับ N-P-K 0-0-0 แต่การศึกษาครั้งนี้ได้เพิ่มตำรับ 0-0-0 ไว้ด้วย ทำให้พบว่า การใส่ B ร่วมกับ P และ K โดยไม่ใส่ N ให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติจากตำรับ 0-0-0 ซึ่งหมายความว่า การใส่ B ร่วมกับ P และ K ไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่การไม่ใส่ B ร่วมกับธาตุทั้ง 2 ชนิด ทำให้ผลผลิตลดลง การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก ตำรับดังกล่าวทำให้ถั่วลิสงได้รับ N และ Fe ไม่เพียงพอ ดังเห็นได้จากความเข้มข้นของ N และ Fe ในใบอ่อนที่เจริญเต็มที่ มีค่า 3.1% N และ 47.2 mgFe kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าระดับพอเพียง จากข้อมูลใน Reuter *et al*. (1997a) ดังนี้ ระดับ และ Fe ที่พอเพียงอยู่ในช่วง 3.5 – 4.5% N และ 50 – 300 mgFe kg^{-1} เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อไม่ใส่ B การใส่ N-P-K นอกเหนือจากตำรับ 0-60-200 ที่มีผลทำให้ทั้งปริมาณ N และ Fe ลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่พอเพียง ได้แก่ ตำรับ 0-60-100 และ 20-0-200 จากการหาค่า correlation coefficient ระหว่างน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดกับความเข้มข้นของธาตุอาหารทุกชนิดในใบ YFEL พบว่าน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดมีความ สัมพันธ์กับความเข้มข้น N และ Fe ในใบ YFEL เท่านั้น ($r = 0.29^{**}$ และ 0.41^{**} ตามลำดับ) โดยไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดกับความเข้มข้นของธาตุอาหารชนิดอื่น (ตารางที่ 3)

การใส่ B ทำให้ถั่วลิสงดูดใช้ N และ Fe ได้มากขึ้น (ตารางที่ 2) การไม่ใส่ B ร่วมกับการใส่ N-P-K ในตำรับ 0-30-0, 20-0-200, 0-60-100 และ 0-60-200 ให้ความเข้มข้น N ต่ำกว่าตำรับ 0-0-0 ที่ไม่มี B ร่วมด้วย การใส่ N, P, K และ B อัตราต่างๆ ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ P และ K ในใบ YFEL และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ B, N, P, K ต่อความเข้มข้น P และ K (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

ปัจจัยควบคุมน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดของถั่วลิสง

จากการวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างองค์ประกอบผลผลิตของถั่วลิสง พบว่า น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับน้ำหนักเมล็ดขนาดใหญ่ ($r = 0.94^{**}$) จำนวนเมล็ดทั้งหมด ($r = 0.85^{**}$) จำนวนเมล็ดขนาดใหญ่ ($r = 0.76^{**}$) จำนวนฝักทั้งหมด ($r = 0.65^{**}$) จำนวนฝัก

แก่ ($r = 0.64^{**}$) และส่วนอื่นๆ รองลงไป ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด ($r = 0.53^{**}$) น้ำหนักราก ($r = 0.50^{**}$) และน้ำหนักลำต้นและใบ ($r = 0.44^{**}$) (ตารางที่ 4)

อิทธิพลของการใส่ B, N, P และ K ต่อปริมาณเมล็ดกลวงในผลผลิตและความเข้มข้นของ B ในใบ YFEL

โดยทั่วไปการพบเมล็ดกลวงในผลผลิตแสดงถึงการขาด B ในถั่วลิสง (Cox *et al*., 1982) ดินที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้จัดว่าเป็นดินที่ขาด B โดยดินมีค่า hot $CaCl_2$ extractable B เท่ากับ 0.06 mgB kg^{-1} ซึ่งเท่ากับค่าวิเคราะห์ B ในรายงานของ เพิ่มพูน และประเทือง (2531) ที่พบการตอบสนองต่อ B Cox *et al*. (1982) รายงานว่า ค่าวิกฤติ B สำหรับถั่วลิสงที่ปลูกในดินทรายที่เป็นกรด มีค่าเท่ากับ 0.05 mgB kg^{-1} สุวพันธ์ และคณะ (2537) รายงานค่าวิกฤต B ในดินที่ได้จากค่าเฉลี่ยของ hot water extractable boron จาก 37 แห่งในหลายภาคของประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 0.12 mgB kg^{-1} ส่วน Hill and Morrill (1974) ไม่พบอาการขาดโบรอนในถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่มีค่าวิเคราะห์ hot water extractable boron มากกว่า 0.15 mgB kg^{-1}

จากผลการตรวจนับปริมาณเมล็ดกลวง พบว่า ในบางตำรับของการใส่ N, P และ K โดยไม่ใส่ B ไม่มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้น (ตารางที่ 5) ซึ่งได้แก่ ตำรับ 0 –0-0, 20 –0-0, 60 –0-0, 0 –30-0, 0 –30–0, 0–60–0, 0 –0-100, 20 –60-0, 60 –0–100, 0 –60–100, 20-60 –100 และ 20 –60–200 ส่วนตำรับอื่นๆ มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้น 0.3 ถึง 22.5% ตำรับที่ให้เมล็ดกลวงสูงสุด (22.5%) ได้แก่ 60 –30–100 ซึ่งให้ผลผลิตไม่ต่างจากตำรับ 0 –0–0 ตำรับที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (0 –30–100, 0 –30–200, 20 –30- 200, 60 –30–200 และ 60 –60–200) มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้นตั้งแต่ 0.3 ถึง 9.7% ส่วนตำรับที่ให้ผลผลิตลดลง (0 –60–0, 0 –0–100, 60 –60–0, 60 –0–100, 0 –60–100, 20 –60–200, 0 –60–200 และ 60 –60–100) มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้น 0 ถึง 2.6% ซึ่งใน 8 ตำรับนี้ พบว่า 6 ตำรับแรกให้เมล็ดกลวง 0% ส่วนอีก 2 ตำรับ ให้เมล็ดกลวง 1.1 ถึง 2.6% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลผลิตของ 8 ตำรับนี้ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ให้ผลผลิตสูงสุด พบว่า ทั้ง 8 ตำรับให้ผลผลิตเพียง 41 – 57% ของผลผลิตสูงสุด ฉะนั้น ปัจจัยการให้ผลผลิตต่ำมากอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ไม่พบเมล็ดกลวง

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ YFEL ของพืชที่ทราบระยะการเจริญเติบโตเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการตรวจสอบและติดตามสถานภาพของธาตุอาหารในพืช (Reuter *et al*., 1997b) ความเข้มข้นของ B ในใบ YFEL ที่ระยะออกดอกแสดงในตารางที่ 5 Bell *et al*. (1990) รายงานค่าความเข้มข้นของ B ที่ระดับพอเพียง ในใบ YFEL ของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ที่ระยะออกดอกอยู่ระหว่าง 24 – 50 mg B kg^{-1} ระดับวิกฤติของ B เท่ากับ 13 mg B kg^{-1} ซึ่งหมายถึงว่าหากพืชมีค่า B ในใบ YFEL ที่ต่ำกว่าค่าวิกฤติแสดงถึงพืชอยู่ในสภาพขาด B ความเข้มข้นระหว่าง 13 – 23 mgB kg^{-1} เป็นระดับที่พืชมี B ระดับปานกลาง สำหรับการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ถั่วลิสงที่ได้รับ N P K ตำรับต่างๆ โดยไม่ใส่ B มี

220 **Table 2.** Effect of N, P and K application with and without B on concentrations of N and Fe in YFEL[+] at
221 flowering stage

kg N, P, K ha^{-1}			%N		mg Fe kg^{-1}	
N	P	K	B0	B1	B0	B1
0	0	0	4.2 b-e	4.3 b-e	60.7 l-u	74.6 ab
20	0	0	3.8 d-g	3.8 d-g	61.4 j-t	53.5 wx
60	0	0	4.4 a-e	4.4 a-e	56.1 s-x	56.6 t-x
0	30	0	3.3 f-h	4.4 a-e	54.1 v-x	63.1 g-p
0	60	0	5.0 ab	4.7 a-d	74.5 ab	73.4 a-c
0	0	100	3.9 c-g	4.1 b-f	59.5 n-v	58.6 p-x
0	0	200	4.4 a-e	3.9 c-g	69.1 c-f	65.9 e-l
20	30	0	4.3 b-e	4.3 b-e	62.1 h-r	64.0 f-p
20	60	0	4.7 a-d	4.4 a-e	69.1 c-f	57.1 q-x
60	30	0	4.1 b-f	3.9 c-g	64.1 f-p	59.3 o-v
60	60	0	5.2 a	4.8 a-c	56.9 r-x	61.1 k-t
20	0	100	3.9 c-g	4.2 b-e	67.7 d-h	66.5 d-k
20	0	200	2.6 h	4.1 c-f	46.0 y	60.3 l-u
60	0	100	4.0 c-g	4.3 b-e	60.3 m-u	57.4 q-x
60	0	200	4.3 b-e	4.3 b-e	65.0 f-n	62.5 g-q
0	30	100	3.6 e-g	4.0 c-g	65.4 e-m	66.6 d-k
0	30	200	4.2 b-e	4.2 b-e	70.7 b-e	70.7 b-e
0	60	100	1.7i	3.9 d-g	34.2 z	53.3 x
0	60	200	3.1 gh	4.4 a-e	47.2 y	63.7 f-p
20	30	100	4.2 b-f	3.8 d-g	63.3 g-p	55.4 u-x
20	60	100	4.1 b-f	4.3 a-e	77.0 a	61.9 i-s
20	30	200	4.4 a-e	3.9 c-g	71.5 b-d	58.9 o-w
20	60	200	4.0 c-f	4.3 b-e	57.2 q-x	57.2q-x
60	30	100	4.5 a-d	4.0 c-g	67.4 d-i	64.4f-o
60	60	100	4.4 a-e	4.2 b-e	66.7 d-j	63.1g-p
60	30	200	4.7 a-d	4.4 a-e	67.0d-j	67.4d-i
60	60	200	4.6 a-d	4.5 a-d	71.5b-d	68.0d-g
B x N x P x K			*		*	
CV (%)			11.0		4.5	

222 [+] youngest fully expanded leaf
223

224 **Table 3.** Correlation coefficient value (r) between total seed weight and nutrient
225 concentrations in YFEL of peanut at flowering stage

Nutrient in YFEL	r
	Total seed wt.
N	0.29*
P	- 0.1
K	0.08
Ca	- 0.16
Mg	0.06
Cu	- 0.17
Fe	0.41**
Mn	-0.16
Zn	- 0.08
B	0.08

226 * and ** = significant at P = 0.05 and 0.01 respectively

227 + youngest fully expanded leaf

228

229 ความเข้มข้น B ในใบ YFEL แตกต่างกันตั้งแต่ 11.9 ถึง 27.9 mgB kg^{-1} หากใช้ค่า B ดังในรายงาน
230 ของ Bell *et al*. (1990) เป็นตัวเปรียบเทียบ ตำรับที่มี B ในใบ YFEL ต่ำกว่าค่าวิกฤติ ได้แก่ 20 –30–0,
231 60–30–0 และ 60–30–100 ทั้ง 3 ตำรับนี้ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน (11.9 – 12.5 mgB kg^{-1} แต่ให้
232 เมล็ดกลวงแตกต่างกันมาก (9-22.5%) ส่วนตำรับที่ให้ค่า B ในใบ YFEL อยู่ในระดับพอเพียง มี
233 ทั้งหมด 2 ตำรับ ได้แก่ 0 –60–0 และ 0 –0–200 ซึ่งเป็นตำรับที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า และไม่แตกต่าง
234 จากตำรับ 0 –0–0 ตามลำดับ ทั้ง 2 ตำรับนี้มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้น 0% และ 1.4% ตามลำดับ ส่วนตำรับ
235 อื่นๆ มีค่าวิเคราะห์ B จัดอยู่ในระดับปานกลาง แต่พบเมล็ดกลวงตั้งแต่ 0% ถึง 12.6 จากข้อมูล
236 ต่างๆ เหล่านี้ ชี้ให้เห็นว่า มีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากความเข้มข้น B ในต้นพืช ที่อาจมีผลต่อการเกิด
237 เมล็ดกลวงและค่าวิเคราะห์ B ในใบ YFEL ซึ่งมีผลต่อการประเมินสถานภาพ B ในพืชที่เกี่ยวข้องกับ
238 การให้ผลผลิตและคุณภาพ

239 การใส่ B ทำให้ไม่พบเมล็ดกลวงในทุกตำรับทดลอง ค่าความเข้มข้น B ใน YFEL ที่ระยะ
240 ออกดอกของทุกตำรับ มีค่าตั้งแต่ 50.4 mgB kg^{-1} ถึง 70.6 mgB kg^{-1} Blamey *et al*. (1981) รายงานว่า
241 ความเข้มข้น B ในใบอ่อนของถั่วลิสงที่ระยะเริ่มสร้างเมล็ดในฝักเท่ากับ 58 mgB kg^{-1} ทำให้ผลผลิต
242 เมล็ดลดลง 10% สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เมื่อพิจารณาผลผลิตเมล็ดในตำรับที่มีค่าวิเคราะห์ B ในใบ

Table 4. Correlation coefficient (r) values among different seed yield and some growth parameter

Parameter	r										
	Total seed wt.	Large seed wt.	Total pod no.	Mature pod no.	Total seed no.	Large seed no.	Small seed no.	Stem and leaf wt.	Root wt.	Total pod wt.	100 seed wt.
Total seed wt.	1.00	0.94**	0.65**	0.64**	0.89**	0.76**	0.23ns	0.44**	0.50**	0.85**	0.53**
Large seed wt.	0.94**	1.00	0.58**	0.51**	0.81**	0.87**	-0.03ns	0.35**	0.36**	0.73**	0.55**
Total pod no.	0.65**	0.58**	1.00	0.71**	0.72**	0.61**	0.11ns	0.35**	0.58**	0.72**	0.08ns
Mature pod no.	0.64**	0.50**	0.71**	1.00	0.69**	0.42**	0.38**	0.33**	0.37*	0.66**	0.13ns
Total seed no.	0.89**	0.81**	0.72**	0.69**	1.00	0.82**	0.35**	0.39ns	0.47**	0.79**	0.09ns
Large seed no.	0.76**	0.87**	0.61**	0.42**	0.82**	1.00	-0.8ns	0.21ns	0.29*	0.58**	0.15ns
Small seed no.	0.23ns	-0.03ns	0.11ns	0.38**	0.35**	-0.18ns	1.00	0.26ns	0.22ns	0.25ns	-0.18ns
Stem and leaf wt.	0.44**	0.35**	0.35*	0.33**	0.39**	0.21ns	0.26ns	1.00	0.64**	0.55**	0.21ns
Root wt.	0.50**	0.36**	0.58**	0.37**	0.47**	0.29*	0.22ns	0.64**	1.00	0.56**	0.19ns
Total pod wt.	0.85**	0.73**	0.72**	0.66**	0.79**	0.58**	0.25ns	0.55**	0.56**	1.00	0.38**
100 seed wt.	0.53**	0.55**	0.08ns	0.13ns	0.09ns	0.15ns	-0.18ns	0.21ns	0.19ns	0.38**	1.00

Table 5. Effect of applied N, P and K with and without B on percentage of hollow heart seed and boron concentration in YFEL at flowering stage of peanut cultivar Khon Kaen 4

kg N, P, K ha^{-1}			% Hollow heart seed		Boron (mgB kg^{-1})	
N	P	K	BO	B1	B0	B1
0	0	0	0.0	0.0	23.7 h-j	64.1 a-c
20	0	0	0.0	0.0	19.6 j-n	60.9 b-e
60	0	0	0.0	0.0	15.4 k-n	57.4 b-g
0	30	0	0.0	0.0	18.8 j-n	70.6 a
0	60	0	0.0	0.0	27.7 hi	52.6 fg
0	0	100	0.0	0.0	22.1 h-k	65.2 ab
0	0	200	1.4	0.0	27.9 h	60.3 b-f
20	30	0	9.0	0.0	12.1 mn	53.4 e-g
20	60	0	0.0	0.0	15.5 k-n	56.8 c-g
60	30	0	1.5	0.0	12.5 l-n	64.8 a-b
60	60	0	3.7	0.0	18.9 j-n	60.1 b-f
20	0	100	1.1	0.0	21.6 h-k	61.8 b-d
20	0	200	1.1	0.0	17.3 j-n	56.1 d-g
60	0	100	0.0	0.0	19.9 j-n	55.0 d-g
60	0	200	1.0	0.0	18.4 j-n	62.7 b-d
0	30	100	1.6	0.0	17.4 j-n	56.8 c-g
0	30	200	0.3	0.0	16.4 j-n	61.1 b-e
0	60	100	0.0	0.0	15.1 k-n	51.0 g
0	60	200	1.1	0.0	17.4 j-n	56.1 d-g
20	30	100	12.6	0.0	14.0 k-n	56.8 c-g
20	60	100	0.0	0.0	20.4 i-l	50.4 g
20	30	200	6.8	0.0	19.6 j-n	54.7 d-g
20	60	200	0.0	0.0	18.0 j-n	58.4 b-g
60	30	100	22.5	0.0	11.9 n	51.1 g
60	60	100	2.6	0.0	16.0 j-n	50.7 g
60	30	200	2.8	0.0	20.1 j-m	54.8 d-g
60	60	200	9.7	0.0	18.6 j-n	56.4 c-g
B x N x P x K						*
CV (%)						10.7

$^{+}$ youngest fully expanded leaf

YFEL สูงกว่า 58 mgB kg^{-1} ซึ่งมีทั้งหมด 10 ตำรับ พบว่า มีเพียง 2 ตำรับ ที่มีผลผลิตลดลงต่ำกว่าตำรับ 0 –0–0 ซึ่งได้แก่ ตำรับ 10 –0–0 และ 60 –0–200 อย่างไรก็ดี บางตำรับมี B สูงกว่า 58 mgB kg^{-1} แต่ผลผลิตไม่ลด เช่น 0 –0–100, 0 –0-200 และ 60 –30–0 เป็นต้น แต่มีบางตำรับที่ผลผลิตลดลงโดยค่า B ไม่เกิน 58 mgB kg^{-1} ได้แก่ ตำรับ 20 –60-0, 0 –30–100, 20 –30–100 เป็นต้น Morrill *et al*. (1977) ไม่พบความผิดปกติของถั่วลิสง เมื่อ B ในใบถั่วลิสงเข้มข้น 54 –65 mgB kg^{-1} แต่พบลักษณะผิดปกติ โดยใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อใบถั่วลิสงมี B เข้มข้น 318 - 651 mgB kg^{-1} และใบเปลี่ยนเป็นใบแห้งสีน้ำตาล เมื่อใบมีความเข้มข้นของ B 953 – 1754 mgB kg^{-1} สำหรับการศึกษาครั้งนี้ การใส่ B ในอัตรา 1 mgB kg^{-1} ไม่พบความผิดปกติของใบถั่วลิสงในลักษณะดังกล่าว ฉะนั้นความเข้มข้นของ B ในใบ YFEL ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นระดับความเข้มข้นที่สูง โดยไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อถั่วลิสง

สรุป

อิทธิพลของการใส่ B N P และ K ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของถั่วลิสงมีปฏิสัมพันธ์กัน เมื่อมีการใส่ B ตำรับ N P K ที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ได้แก่ ตำรับที่ได้รับ N อัตรา 60 kgN ha^{-1} ร่วมกับ P อัตรา 30 หรือ 60 kgP ha^{-1} และ K อัตรา 100 หรือ 200 kgK ha^{-1} แต่ในสภาพที่ไม่มีการใส่ B ตำรับ N P K ที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ได้แก่ ตำรับที่ไม่มีการใส่ N หรือใส่ N อัตรา 20 kgN ha^{-1} ร่วมกับ P อัตรา 30 kgP ha^{-1} และ K อัตรา 100 หรือ 200 kgK ha^{-1} ตำรับ N P K ที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อใส่หรือไม่ใส่ B ได้แก่ ตำรับที่ได้รับ N 60 kgN ha^{-1} ร่วมกับ P 30 หรือ 60 kgP ha^{-1} และ K อัตรา 200 kgK ha^{-1} อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่า การใส่ปุ๋ย N P K โดยไม่มีการใส่ B สามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่การไม่ใส่ B ทำให้คุณภาพผลผลิตลดลงจากการเกิดเมล็ดกลวงซึ่งมีตั้งแต่ 0.3 ถึง 12.6 % ในขณะที่การใส่ B ร่วมด้วยไม่มีเมล็ดกลวงเกิดขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นในการให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไป ขอบคุณสาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับการใช้เรือนทดลอง และห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ สำหรับการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี ขอขอบคุณ คุณสมจินตนา ทุมแสน สำหรับเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 4 คุณนารี พันธุ์จินดาวรรณ สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช และคุณช่อผกา มาชาดี สำหรับการช่วยจัดตารางข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

ใจ สมสะอิน และ เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2551. อิทธิพลของฟอสฟอรัสและสังกะสีต่อผลผลิตถั่วเหลือง. การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 4 "เกษตรเพื่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมพร้อมรับโลกร้อน" หน้า 417-422.

ทวีทรัพย์ อิสรดี และเพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2549. การศึกษาหาความต้องการฟอสฟอรัสด้วยวิธี phosphorus adsorption isotherm ของถั่วเหลืองที่ปลูกในชุดดินยโสธร. วารสารเกษตรพระวรุณ 3ซ6-13.

เบ็ญจพร กุลนิตย์ เพิ่มพูน กีรติกสิกร และสุมิตรา ภู่วโรดม. 2552. อิทธิพลของการไม่ใส่ธาตุอาหารพืชบางชนิดต่อผลผลิตของแก่นตะวันที่ปลูกในชุดดินน้ำพอง การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 1. ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. 23 – 24 เมษายน 2552 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. หน้า 157-165.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร ประเทือง ปัญญา R.W. Bell และ J.F. Loneragan. 2530. ผลของโบรอนต่อผลผลิตและคุณภาพของถั่วลิสง : 2529 รายงานการสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 19 6–21 มีนาคม 2530 . สงขลา หน้า 451 – 457.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และ สมศักดิ์ สุขจันทร์ .2547 .ศึกษาการดูดยึดและการปลดปล่อยธาตุอาหารโบรอนของดินชุดต่างๆ ที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ . รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่นและกรมพัฒนาที่ดิน 47 .หน้า

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และ ประเทือง ปัญญา D. Plaskett, R.W. Bell, นิวัติ หิรัญบูรณะ , สุวิทย์ เลาหศิริวงศ์ และ J.F. Loneragan. 2531. อิทธิพลของโบรอนต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน .9รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 26มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 5 - 3กุมภาพันธ์ .2531หน้า .38 - 31

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และประเทือง ปัญญา. 2532. การสำรวจเบื้องต้น :สภาวะการขาดธาตุโบรอนของถั่วลิสงใน 14 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการสัมมนาถั่วลิสงแห่งชาติ ครั้งที่ 8 วันที่ 5-3 พฤษภาคม 2532. ร้อยเอ็ด. หน้า 318-320.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และ ประเทือง ปัญญา . 2531. อิทธิพลของโบรอนต่อผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9. รายงานสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 7 ระหว่างวันที่ 16-18 มีนาคม 2531. พัทยา. หน้า 384-389.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และ ประเทือง ปัญญา .2532 .การสำรวจเบื้องต้น : สภาวะการขาดธาตุโบรอนของถั่วลิสงใน 14จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รายงานการสัมมนาถั่วลิสงแห่งชาติ ครั้งที่ 5-3 8พฤษภาคม 2532ร้อยเอ็ด หน้า 318–.320

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และ ประเทือง ปัญญา .2529สภาวะธาตุอาหารของดินโคราชและดินอุบลที่ปลูกถั่วลิสง .รายงานการสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 19– 21มีนาคม 2529 เชียงใหม่. หน้า 349-361.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร และประเทือง ปัญญา. 2531. อิทธิพลขอโบรอนต่อผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9. รายงานสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 7. วันที่ 16 – 18 มีนาคม 2531. พัทยา. หน้า 384-389.

ภิเชษฐ์ ใบเขียว และเพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2551. อิทธิพลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพของพืชพลังงานทดแทน : แก่ตะวัน. การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 4 “เกษตรเพื่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมพร้อมรับโลกร้อน ” หน้า 439-446.

วาสนา ผลารักษ์ .2530 .อิทธิพลของปุ๋ยโบรอนต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสง .รายงานการสัมมนาถั่วลิสง ครั้งที่ 21-19 .6มีนาคม .2530สงขลา .หน้า .636-632

สุวพันธ์ รัตนะรัต และ เพิ่มพูน กีรติกสิกร .2536 .งานวิจัยดินและปุ๋ยถั่วลิสง ปี .2532ใน อารันต์ พัฒโนทัย)บรรณาธิการ .(งานวิจัยถั่วลิสงในประเทศไทยถึงปี .2532คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น .หน้า 227–.244

สุวพันธ์ รัตนะรัต และ เพิ่มพูน กีรติกสิกร .2536 .งานวิจัยดินและปุ๋ยถั่วลิสง ปี .2532ใน อารันต์ พัฒโนทัย)บรรณาธิการ .(งานวิจัยถั่วลิสงในประเทศไทยถึงปี .2532 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น .หน้า 227–.244

สุวพันธ์ รัตนะรัต, สำเนา เพชรฉวี, R.W. Bell, R. Gilmour, ธนีนาฏ สมบัติศิริ, D. Plaskett และ J.F. Loneragan. 2537. ผลการทดสอบปุ๋ยโบรอนกับถั่วลิสงในไร่กสิกรภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคตะวันออก และตะวันตกของประเทศไทย. วารสารดินและปุ๋ย 16:187-203.

Aitken, R.L. and Topark – Ngarm, B. 1979. A survey of extractable sulphate and phosphate in upland soil profiles from northeast Thailand. Posture Improvement Project Annual Report. Khon Kaen Univeristy, Thailand. P. 68 – 71.

Bell, R.W., Rerkasem, B., Keerati – Kasikom, P. Phetchawee, S., Hiranbarana, N., Ratanarat, S. Poongsakul, P. and Loberagen, J.F. 1990. Mineral of Food Legumes in Thailand with Particular Reference to Micronutrients. ACIAR Technical Report 16-52 pp.

Blamey, F.P.C., Chapman, J. and Smith, M.F. 1981. Boron fertilization and soil amelioration effects on the boron nutrition of Spanish groundnuts. Gewasproduksie Crop Production x: 143-146.

Cox, F.R., Adams, F. and Tucker, B.B. 1982. Liming, fertilization and mineral nutrition. In H.E. Pattee and C.T. Young. Peanut Science and Technology. Amer. Peanut Res. And Ed. Soc., Inc. Texas, U.S.A. p.139-163.

Davidescu, D. and Davidescu, V. 1982. Evaluation of Fertility by Plant and Soil Analysis. Editura Academiei, Romania and Abacus Press, England. 560 pp.

Gupta, W.C. 1979. Boron nutrition of crops. Advances in Agron. 31: 273-307.

Hengtrakul, P. 1976. Response of fownsville stylo (Stylosanthes humilis) to applications of boron, molybdenum and calcium on a Nam Phong soil. Rasture Improvement Project Annual Report. Khon Kaen Univeristy, Thailand. Pp. 94 – 96.

Hill, W.E. and Morrill L.G. 1975. Boron, calcium and potassium interactions in Spanish peanuts. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:80-83.

Hill, W.E. and Morrill, L.G. 1974. Assessing boron needs for improving peanut yield and quality. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:791-794.

Kaya, C., Tuna, A.L., Dikilitas, M., Ashraf, M., Koskeroglu, S. and Guneri, M. 2009. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. Sci. Hortic. (In press)

Kubota, J., Berger, K.C. and Truog, E. 1984. Boron movement in soils. Soil Sci.Soc. Am. Proc. 13: 130-134

Morrill, L.G., Hill, W.E., Chrudimsky, W.W., Ashlock, L.O., Tripp, L.D. Tucker, B.B. and Weatherly, L. 1977. Boron Requirements of Spanish Peanuts in Oklahoma : Effects on Yield and Quality and Interaction with Other Nutrients. “Reports of Oklahoma Agricultural Experiment Station. Oklahoma State Univ. USA.

Parker, D.R. and Gardner, E.H. 1982. Factors alfecting the mobility and plant availability of boron in some western Oregon soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 573-578.

Reuter, D.J., Robinson, J.B., Peverill, K.I., Price, G.H. and Lambert, M.J. 1997b. Guidelines for collecting, handling and analyzing plant materials. In D.J. Reuter and J.B. Robinson (Eds). Plant Analysis: an Interpretation Manual. 2nd ed. (SIRO Publishing. Australia. pp. 55-70.

Reuter, D.J., Edwards, D.G. and Wilhelm, N.S. 1997a. Temperate and Tropical Crops. In D.J. Reuter and J.B. Robinson. (Eds). Plant Analysis: an Interpretation Manual. CSIRO Publishing, Australia pp.83-284.

Suwanarit, A., Potichan, A., Quadir, M. and Suwanarat, C. 1978. Soil factors limiting growth and yield of soybean grown on Korat and Roi Et soils. Thai J. Agr. Sci. 11 : 273 – 286.

Suwanarit, A., Potichan, A., Quadir, M. and Suwanarat, C. 1978. Soil factors limiting growth and yield of soybean grown on Korat and Roi Et soils. J. Thai Agr. Sci. 11: 273 – 286.

Xiong, H. Liu, W. and Pi, M. 1994. Effect of the interaction between boron and nitrogen on nitrogen uptake and some enzyme activity in rape. Huazhong Nongye Dazue Xuebao 13: 46-50. In V.M. Shorrocks (Ed.) 1997. Boron in Agriculture.