

# تشخيص نقص وسمية عنصر البورون وأسبابها على نبات الفول (*Vicia faba* L.)

حسين المحمد

مخبر علوم النبات، المدرسة العليا للعلوم الزراعية، رين، فرنسا

## الملخص

المحمد، حسين. 1994. تشخيص نقص وسمية عنصر البورون وأسبابها على نبات الفول (*Vicia faba* L.). مجلة وقاية النبات العربية. 12 (1): 20-25

والثمار. بالنسبة لأعراض السمية فتظهر على حواف الأوراق القديمة على شكل بقع بنية اللون ثم تعم كامل الورقة مؤدية إلى تساقطها السريع، ترتبط هذه الأعراض بشكل مباشر مع تركيز المركبات الفينولية التي تتراكم في حالة نقص عنصر البورون أو زيادته. تم تحديد المجال الأمثل لنمو نبات الفول ما بين 40-90 جزء في المليون في النبات الكامل.

كلمات مفتاحية: بورون، نقص، سمية، الفول، الفينول.

تمت زراعة 3 أصناف من الفول (*Vicia faba* L.) (Alfred، AEC، 1268) على محلول غذائي يحتوي على ستة تراكيز من البورون (0، 0.05، 1، 2، 8، 32، ملغ/ل) بغية دراسة تأثير نقص عنصر البورون وسميته من خلال الأعراض المرئية والتحليل الكيميائي. تظهر أعراض النقص على الأوراق الفتية حيث تبدو صغيرة الحجم، هشة، مصفرة، مع تبقيات ميتة بنية اللون. وتظهر أيضاً على القمة النامية التي تموت مع استمرار النقص، كما تبدو الأعراض على السوق والجذور

## المقدمة

وتعتبر نباتات الفصيلة البقولية من ضمن النباتات التي تتطلب كمية كبيرة نسبياً من البورون لإتمام دورة حياتها. وبخاصة نبات الفول (*Vicia faba* L.) الذي ينعكس نقص عنصر البورون سلباً على إنتاجه الكمي والنوعي (18).

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد أعراض نقص وسمية عنصر البورون على نبات الفول، وتحديد كمية البورون المثلى في النبات، بغية تسهيل عملية تشخيص النقص والزيادة، وتحديد أسبابها الفسيولوجية.

## مواد وطرائق البحث

1- تنفيذ التجربة: نفذت التجربة على ثلاثة أصناف من نبات الفول (Alfred، AEC، 1268) تم الحصول عليها من مركز البحوث الزراعية الفرنسي (INRA).

2- الشروط الزراعية: أقيمت التجربة في بيت زجاجي تحت ظروف بيئية مثالية من درجة حرارة وإضاءة. زرعت البذور في عبوات بلاستيكية سعة 3 لتر مملوءة بمادة البيرليت (Perlite) (مادة حاملة تسهل النمو الجذري)، وروبت العبوات بمحلول غذائي ملائم لنبات

من المعروف منذ أكثر من 70 عاماً بأن عنصر البورون من العناصر الضرورية لنمو وتطور النباتات الراقية، ورغم ذلك فإن دوره المباشر في فسيولوجيا النبات لا يزال غير واضحاً.

يعتقد العديد من الباحثين أن عنصر البورون يسهم بدور رئيسي في عملية انتقال السكريات وبشكل خاص (السكروز) من خلال تكوينه للمعقد (بورات- سكر) الذي يجعل انتقال السكريات عبر الجدار الخلوي أكثر سهولة (5، 7، 8).

ونسبت لهذا العنصر أدوار أخرى مثل علاقته مع الفينولات (7)، (17) وتأثيره في الأكسينات وبشكل خاص (AIA) (1، 9، 20) وفي الأحماض النووية والبروتينات (1، 3، 6، 12). ومن الجدير ذكره أنه لم يثبت حتى الآن، بشكل قطعي، دخول البورون كجزء من إنزيم أو مساعد إنزيم (14). والدور الأكثر قبولاً للبورون في الوقت الحاضر هو إسهامه بدور وظيفي في الجدار الخلوي (4، 16، 19، 20).

تتفاوت النباتات من حيث احتياجاتها للبورون، فهناك نباتات حساسة كالشوندر السكري/ البنجر والجزر والقطن؛ وأخرى متوسطة الحساسية مثل الذرة الشامية والبصل والبندورة/ الطماطم؛ وأخرى غير حساسة كالحمضيات/ الموالح والبطاطا/ البطاطس (10، 13).

أما بالنسبة لأعراض النقص على الجذور، فقد اتسمت النباتات بمجموع جذري محدود، وجذور قصيرة وسميكة ذات مظهر صلب، مع كمية قليلة من العقد الجذرية الصغيرة الحجم بلون بني مخضر غير نشطة غالباً (النشطة تكون ذات مظهر أحمر فاتح زهري) (2).

بالنسبة للمعاملة (0.05) تظهر النباتات تقريباً الأعراض نفسها ولكنها تصل إلى مرحلة النضج معطية عدداً قليلاً من القرون المخصبة التي تعطي بدورها عدداً قليل من البذور الصغيرة الحجم وغير القادرة على الإنتاش.

ومن الجدير بالذكر أن هذه الأعراض ظهرت على جميع الأصناف، مع وجود إختلاف بسيط فيما بينها في درجة الحساسية وشدة الأعراض.

### أعراض سمية البورون

ظهرت أعراض سمية البورون بعد حوالي خمسين يوماً من الإنبات على الأوراق المسنة لنباتات المعاملة (32 ملغ/ل) بظهور بقع بنية اللون، تكون في البداية على حواف الأوراق ثم تنتشر فيما بين العروق بإتجاه مركز الورقة ومع تطور النبات يتحول لون الورقة إلى اللون الأصفر المحمر، وتتساقط هذه الأوراق بشكل سريع.

أبدت الأصناف الثلاثة المختبرة نفس الأعراض ولكنها اختلفت فيما بينها من حيث الشدة إذ كان الصنف 1268 أكثر تحملاً من Alfred و AEC.

تم تسجيل أعراض السمية على الأوراق السفلية للنباتات المعاملة بـ 8 ملغ/ل ولكن هذه الأعراض لم تتجاوز الطابق الورقي السادس مقارنة مع المعاملة (32 ملغ/ل) التي وصلت فيها الأعراض إلى الطابق الورقي العشرين.

ولم يتم تسجيل أية أعراض نقص أو سمية على النباتات بالنسبة للمعاملتين (1 و 2 ملغ/ل) التي تم فيهما تسجيل أفضل معدلات للإنتاج.

### محتوى النباتات من البورون

توضح النتائج المعروضة في الشكل (1) أن محتوى النبات الكامل (جذر، ساق، أوراق) من البورون تتناسب طردياً مع كمية البورون الموجودة في المحلول الغذائي. حيث يمكن ملاحظة هذه النتيجة مع جميع الأصناف المستخدمة في هذه التجربة. على أن كمية البورون الممتصة تختلف باختلاف الصنف. ومن خلال تداول هذه النتائج يمكن اعتبار المجال ما بين 0-25 ميكرو غرام/غ مادة جافة غير كافٍ لنبات الفول. وضمن هذا المجال تظهر أعراض النقص بشدة. بينما لا تظهر الأعراض بشكل واضح في المجال ما بين 25-40 ميكرو غرام/غ مادة جافة ولكن يتأثر الإنتاج الزراعي. ويؤمن المجال 40-90 ميكرو غرام/غ مادة جافة

الفول، بدون إضافة مصدر للأزوت. حيث تمت في مرحلة 3-4 أوراق (21 يوماً بعد الإنبات) إعداء جذور النباتات بشكل متساوي بالبكتريا المثبتة للأزوت *Rhizobium leguminosarum*. تمت سقاية النباتات خلال الثلاثين يوماً الأولى بمحلول غذائي بدون بورون، ثم أضيف البورون في ستة تراكيز مختلفة:

0 ملغ/ل نقص تام (very deficient)

0.05 ملغ/ل نقص (deficiency)

1 و 2 ملغ/ل تغذية مثالية (adequate)

8 ملغ/ل بداية السمية (toxic)

32 ملغ/ل سمية عنصر البورون (very toxic).

3- تحديد محتوى البورون في النبات: تم تحديد محتوى البورون في النبات في خمسة مراحل مختلفة من نمو النبات وتطوره (مرحلة 3-4 أوراق، مرحلة النمو الخضري، مرحلة الإزهار، مرحلة الإثمار، نهاية النمو) بالإضافة إلى محتوى البذور الأم حيث يجري التحليل على النبات الكامل (جذر، ساق، أوراق) بإستخدام طريقة I'dianthrimide - 1 الموصوفة من قبل (15).

4- تحديد المحتوى الفينولي في الأوراق: تم تحديد المحتوى الفينولي في المراحل الثلاثة الأولى المذكورة سابقاً (مرحلة 3-4 أوراق، مرحلة النمو الخضري، مرحلة الإزهار) بإستخدام طريقة Folin ciocaltou.

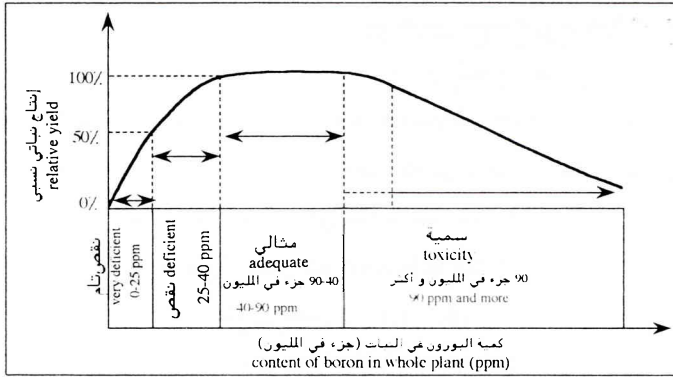
## النتائج

### أعراض النقص

ظهرت أعراض نقص البورون في البداية على المعاملة (0 ملغ/ل) بعد 38 يوماً من الإنبات وعلى المعاملة (0.05) بعد 62 يوماً من الإنبات. تميزت أعراض النقص الأولى بنمو ضعيف للنباتات مقارنة مع المعاملات الأخرى (2) وبسلاميات قصيرة. وظهرت أعراض النقص في البداية على الأوراق الفتية والقمة النامية حيث يختزل حجم الأوراق ويصبح لونها أصفراً وتكون هشّة ومشوهة وسريعة السقوط مع تبقعات نيكروزية بنية اللون. وتوقف نمو المريسّم القمي وتلونه باللون الأسود وتلا ذلك موته، وترافق ذلك بظهور نموات جانبية أعطى للنبات مظهراً متورداً (مكنسة الساحرة)، وظهرت على هذه النموات بدورها الأعراض السابقة نفسها.

يؤدي النقص إلى تساقط الأزهار، قبل العقد، وفي حالة العقد تعطي قروناً غير مخصبة، صغيرة الحجم، تظهر عليها بقع سوداء وتنتفح هذه القرون بشكل غير طبيعي. ويؤدي نقص العنصر في النهاية إلى جفاف النباتات وموتها.

التغذية المثلى للنبات التي تتوافق مع أعلى إنتاج ممكن. ويعاني النبات من التأثير السمي لعنصر البورون إذا ارتفع التركيز عن هذا المجال. الشكل (2).



شكل 2. العلاقة بين الإنتاج ومحتوى نبات الفول من البورون.

Figure 2. Relationship between boron content of broad bean plant and yield.

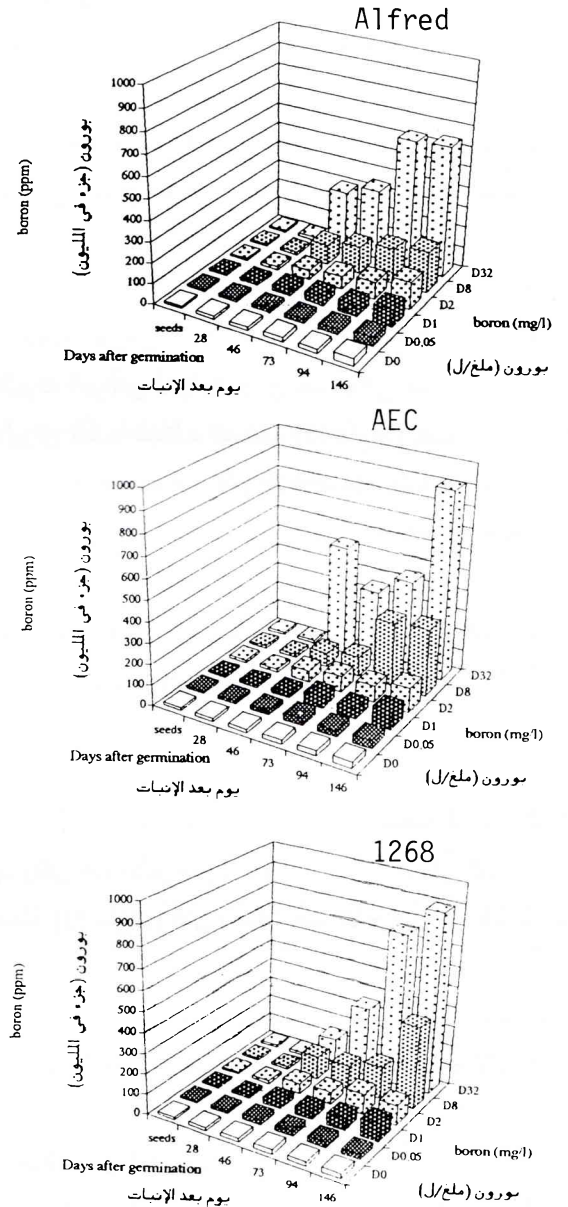
البذور الأم يلاحظ بدء تراكم للمركبات الفينولية في الأوراق في المرحلة ما قبل إضافة البورون حيث نجد في المتوسط (100.28) ملغ/غ مادة جافة.

إن إضافة البورون إلى المحلول الغذائي تؤدي إلى انخفاض معنوي في كمية المركبات الفينولية في الأوراق مقارنة مع معاملة المقارنة (بدون بورون) حيث يمكن أن تصل كمية المركبات الفينولية إلى (150) ملغ/غ مادة جافة بينما نجد أن هذه الكمية هي (64) ملغ/غ مادة جافة في المعاملة (2 غ/ل) و (148) ملغ/غ مادة جافة للمعاملة (32 ملغ/غ). ويلاحظ إعادة تراكم للمركبات الفينولية في المعاملتين D1, D2 عند قطع التغذية البوراتية لكنه يستمر في الانخفاض في المعاملتين D8, D32 وذلك لاحتواء النباتات على مخزون مرتفع من البورون الذي يمكن أن يسهم في توفير حاجة النباتات من هذا العنصر.

### المناقشة

يمكن ربط الأسباب الرئيسية لأعراض نقص وزيادة عنصر البورون، بشكل مباشر أو غير مباشر، بدور العنصر في فيسيولوجيا النبات (الشكل 3): إن اللون البني الذي يحدثه نقص عنصر البورون وزيادته يعود بشكل رئيسي إلى تراكم المركبات الفينولية التي لها دور سمي من جهة والتي تتحول إلى الكينون من جهة أخرى الذي يعتبر ساماً جداً للنبات. ويعود تراكم هذه المركبات إلى تأثير البورون على الإنزيم 6-phosphogluconate dehydrogenase الذي يعتقد أن البورون يسهم بدور منظم لنشاطه. ففي حالة النقص، يزداد نشاطه هذا الإنزيم الذي يؤدي إلى تحويل كمية زائدة من الكربوهيدرات إلى حلقة البنترولوفوسفات المنتجة لهذه المركبات (7، 17).

إن ضعف النمو وموت القمة النامية وتشكل التفرعات الجانبية يعود إلى دور البورون في عملية الخلايا وإستطالتها (1، 7، 13) حيث يؤدي موت القمة النامية إلى تفتح البراعم الجانبية التي تعطي إستطالتها فروعاً كثيفة وتشكل ما يسمى مظهر مكسدة الساحرة.



شكل 1. محتوى نبات الفول من البورون (جزء في المليون من المادة الجافة).

Figure 1. Boron content of broad bean whole plant (ppm in dry matter).

### المحتوى الفينولي للنبات

يوضح الجدول (1) كمية الفينولات الموجودة في النبات. ويظهر أن المحتوى الفينولي مرتبط بشكل مباشر مع كمية البورون الموجودة في المحلول الغذائي. وباعتبار أن كمية المركبات الفينولية تبدو قليلة في

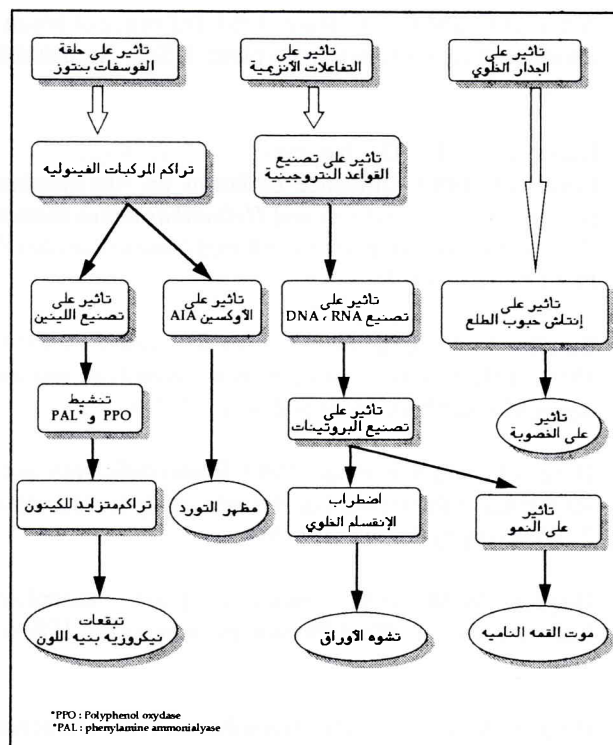
Table 1. Effect of boron on the phenol content of broad bean leaves (mg/g DM).

boron mg/ l	46 يوم بعد الإنبات 18 يوم مع إضافة بورون 18 days with boron supply 46 days after germination			73 يوم بعد الإنبات 27 يوم بدون إضافة بورون 27 days without boron supply 73 days after germination			ملغ/ ل
	Alfred	AEC	1268	Alfred	AEC	1268	
Dose 0	0.14 ± 126	0.00 ± 155	0.20 ± 169	0.34 ± 99	0.14 ± 80	0.55 ± 108	تركيز 0
Dose 0.05	0.34 ± 79	0.00 ± 153	0.41 ± 92	0.07 ± 74	0.14 ± 99	0.34 ± 74	تركيز 0.05
Dose 1	0.00 ± 52	0.14 ± 49	0.48 ± 69	0.27 ± 71	0.14 ± 130	0.68 ± 79	تركيز 1
Dose 2	0.61 ± 59	0.48 ± 70	0.14 ± 64	0.00 ± 82	0.20 ± 77	0.07 ± 85	تركيز 2
Dose 8	0.20 ± 85	1.02 ± 122	0.68 ± 196	0.34 ± 31	0.41 ± 35	0.20 ± 49	تركيز 8
Dose 32	0.27 ± 106	0.55 ± 124	1.37 ± 216	0.27 ± 31	0.48 ± 16	0.20 ± 52	تركيز 32

إن ما يبرر ظهور أعراض النقص على الأوراق الفتية وأعراض السمية على الأوراق المسنة هو أن هذا العنصر غير متنقل (14). وفيما يتعلق بالسمية، فإن قلة الإنتاج يمكن أن تعود إلى ضعف في التغذية الأزوتية لتأثير البورون في كمية ونشاط العقد الجذرية وبشكل خاص في نشاط الأنزيم النتروجيناز (2).

ويعتقد أن هناك علاقة تضاد بين البورون والموليبدينوم، ففي حالة الزيادة يطرد البورون الموليبدينوم ويحل محله في معقد إنزيم نتروجيناز مما يؤدي إلى توقف نشاطه وهذا ما يفسر إصفرار الأوراق السفلية وضعف الإنتاج. فقد وجد أن فرط التغذية البورونية تقلل كثيراً من نشاط الأنزيم المرجع للنترات (Nitrate reductase) الذي يحتوي أيضاً على عنصر الموليبدينوم (5، 11).

إن المجال الضيق الذي يفصل نقص عنصر البورون عن سميته يتطلب تحديد المجال الأمثل للمحاصيل التي تظهر حساسية لنقصه، ويجب ألا تقتصر عملية تشخيص نقص وسمية البورون على الأعراض المرئية فقط لأنه يصعب غالباً التمييز بين أعراض نقص العناصر الصغرى. ونظراً لأن البورون يؤثر سلباً في الإنتاج، في كثير من الأحيان، بدون ملاحظة أعراض النقص فإن ذلك يستدعي اللجوء إلى التحليل المخبري للنبات لمعرفة محتواه من هذا العنصر.



شكل 3. نقص عنصر البورون وعلاقته مع فسيولوجيا النبات  
Figure 3. Relationship between boron deficiency and plant physiology.

## Abstract

Al Mohammad, H. 1994. Diagnosis of boron deficiency and toxicity in broad bean (*Vicia faba* L.) and its causes. Arab J. Pl. Prot. 12 (1): 20-25

One cultivar and two pure lines of broad bean were grown in a nutrient solution containing six different boron concentrations: 0, 0.05, 1, 2, 8 and 32 mg/ l. In deficient plants, plant growth was reduced; the young leaves remained small, wrinkled, thick, deformed and yellowish brown in color; irregular chlorosis appeared between the veins before leaf abscission; as the deficiency progressed the terminal growing point died. Flower buds were shed without opening and black spots appeared on the rare developing pods. Symptoms of boron toxicity began with a yellowing of mature foliage,

followed by a marginal necrosis and the leaves drop prematurely. The necrosis and browning of tissue caused by boron deficiency and toxicity arises from the accumulation of phenolic compounds. The boron content in the whole plant was closely related to its concentrations in the nutrient solution. The optimum boron content for mature broad bean plant was between 40 and 90 ppm.

**Key words:** boron, deficiency, toxicity, board bean, phenol.

## References

## المراجع

1. Ali, A.H.N. and B.V. Jarvis. 1988. Effect of auxin and boron on nucleic acid metabolism and cell division during adventitious root regeneration. New Phytol. 108: 384.
2. Al Mohammad, H. and D. Poulain. 1994. Unpublished data.
3. Artes, O.C. and R.O.C. Ruiz. 1983. Influence of boron on amino acid contents in tomato plant. I. Sap. Agrochimica. 27: 498.
4. Blaser-grill, J., D. Knoppik, A. Amberger and H. Goldbach. 1989. Influence of boron on the membrane potential in *Elodea densa* and *Helianthus annuus* roots and H<sup>+</sup> extrusion of suspension-cultured *Daucus carota* cells. Plant Physiol. 90: 280.
5. Bonilla, I., C. Cadahia, O. Carpena and V. Kernando. 1980. Effects of boron on nitrogen metabolism and sugar levels of sugar beet. Plant and Soil. 57: 3-9.
6. Dave, I.C. and S. Kannan. 1980. Boron deficiency and its associated enhancement of RNase activity in bean plants. Z. Pflanzenphysiol. 97: 261-263.
7. Dugger, W.M. 1983. Boron in plant metabolism. Encyclopedia of Plant Physiology, new series, 15B: 626-650.
8. Dugger, M.W. and T.E. Humphreys. 1960. Influence of boron on enzymatic reactions associated with biosynthesis of sucrose. Plant Physiol. 35: 523-530.
9. Goldbach, H.E., D. Hartmann and T. Rotzer. 1990. Boron is required for the stimulation of the ferricyanide-induced proton released by auxins in suspension-cultured cells of *Daucus carota* and *Lycopersicon esculentum*. Physiol. Plant 80: 114-118.
10. Gupta, U.C. 1979. Boron nutrition of crops. Adv. Agron. 31: 273-307.
11. Kastori, R. and N. Petrovic. 1989. Effect of boron on nitrate reductase activity in young sunflower plants. J. Plant Nutri. 12 (5): 621-632.
12. Krueger, R.W., C.J. Lovatt and L.S. Albert. 1987. Metabolic requirements of *Cucurbita pepo* for boron. Plant Physiol. 83: 254-258.
13. Loué, A. 1994. Les Olégo-éléments en agriculture, pp. 179-208.
14. Marschner, H. 1986. Functions of mineral nutrients, micronutrients: boron in "Mineral nutrition of higher plants" London, pp. 321-334.
15. Maurice, J. 1968. Dosage colorimétrique du bore total des minéraux, des sols au moyen du 1-1'Dianthiramide. Ann. Agron. 19(6): 699-704.
16. Parr, A.J. and B.C. Loughman. 1983. Boron and membrane function in plants, in Metals and Micronutrients: Uptake and Utilization by Plants, D.A. Robb and W.S. Pierpoint (Ed.), Academic Press, Toronto, pp. 87.

17. Pilbeam, D.J. and E.A. Kirkby. 1983. The physiological role of boron in plants. *J. Plant Nutri.* 6: 563-582.
18. Poulain, D. and H. Al Mohammad. 1992. Studies of some effects of boron supply on field bean. Second International Food Legume Research Conference. Abstracts. 12-16 April 1992. Cairo, Egypt, p.47.
19. Schon, M.K., A. Novacky and D.G. Blevins. 1990. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to K<sup>+</sup>. *Plant Physiol.* 93: 566.
20. Tang, P.M. and R.K. Dela Fuente. 1986. The transport of indole-3-acetic acid in boron-and calcium- deficient sunflower hypocotyl segments. *Plant Physiol.* 81: 646-650.