

缺硼对不同植物根茎生长及体内钾离子浓度的影响*

李春俭 唐玉林 张福锁 崔建宇

(中国农业大学植物营养系,北京 100094)

摘要: 用营养液培养方法比较了豌豆、黄瓜、菜豆和蚕豆植株对硼胁迫反应的异同。实验表明,缺硼处理可以抑制这些植物根和茎的生长发育,其中根的生长首先受到抑制。不同植物对缺硼的反应不同。缺硼处理后黄瓜和菜豆植株地上部生长点很快死亡,而豌豆和蚕豆植株的生长虽然受到抑制,但仍可继续生长,并可在植株下部数个节上长出侧芽,表明植物的顶端优势被削弱。缺硼处理导致黄瓜和豌豆植株不同器官中钾离子浓度明显下降,这种下降随缺硼处理时间的延长而增加。对硼在植物体中的生理功能进行了讨论。

关键词: 缺硼; 生长发育; 顶端优势; 钾离子浓度

中图分类号: Q945.14

虽然已知硼是植物生长发育所必需的微量元素,但对其生理功能及影响植物生长发育的作用机理了解很少。已有的研究表明,硼在植物体内不易移动^[1]。它是细胞壁合成必不可少的组成成分,缺硼必然首先影响细胞壁的合成^[2]。缺硼后植物细胞分裂的旺盛部位如根尖、茎尖及花粉管等的生长首先受到抑制^[3,4]。但缺硼对不同植物生长发育影响的比较研究尚未见到报道。本实验选取黄瓜、豌豆、菜豆及蚕豆做为实验材料,比较了它们对缺硼处理反应的异同。现将有关结果报道如下:

1 材料和方法

挑选黄瓜(*Cucumis sativus* L.)、豌豆(*Pisum sativum* L.)、菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)及蚕豆(*Vicia faba* L.)种子,用 10% 的 H_2O_2 溶液消毒 10 min 后,流水冲洗干净,吸涨过夜。第二天选取长出胚根的种子播入石英砂中发芽。出苗后选取生长一致的幼苗转入 1/2 全营养液中。营养组成($mol \cdot L^{-1}$)为: K_2SO_4 0.75×10^{-3} ; $MgSO_4$ 0.65×10^{-3} ; KCl 0.1×10^{-3} ; $Ca(NO_3)_2$ 2.0×10^{-3} ; KH_2PO_4 0.25×10^{-3} ; H_3BO_4 1×10^{-5} ; $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ 5×10^{-5} ; $FeEDTA$ 1×10^{-4} ; $MnSO_4$ 1×10^{-6} ; $ZnSO_4$ 1×10^{-6} ; $CuSO_4$ 0.5×10^{-6} 。溶液 pH 调至 6.0。第二天将各种植物的 1/3 植株转入 1/2 浓度的缺硼营养液中。两天后将这些植株转入正常浓度的缺硼营养液中,作为 $-B_1$ 处理;同时各种植物的另 1/3 植株也转入缺硼的营养液中,作为 $-B_2$ 处理;剩余的 1/3 植株转入不缺硼的全营养液中,作为 $+B$ 处理(对照)。植株在光照 12 h 的温室中生长,每隔 3 d 更换一次营养液。

将植物转入营养液 19 d 后收获植株。测量不同植物根及地上部分的长度并称量鲜重;记录各种植物茎的节数以及长有侧芽的节数;将植物分成根、茎、子叶(黄瓜)和茎尖(豌豆)

收稿日期: 1995-04-11

* 国家自然科学基金资助项目

博士后科学基金资助项目

几个部分,分别称重烘干。用 ICP-AES 法测定植株各器官中的钾离子浓度。

在另一实验中,取萌发后生长一致的豌豆幼苗,1/3 植株去掉两片子叶,1/3 植株切去一片子叶,剩余 1/3 植株保留两片子叶,转入全营养液中。观察并记录子叶对植株茎伸长生长的影响。

2 结果与讨论

2.1 缺硼对不同植物根茎生长的影响 缺硼可以抑制不同植物根及地上部的生长发育(图 1)。相对而言,根对缺硼的反应更为敏感,其伸长生长在缺硼处理后 2~4 d 就受到抑制,其中以黄瓜和菜豆尤为明显。随着生长期的延长,地上部的生长也受到抑制,但不同植物的反应不同。-B₁ 处理的黄瓜幼苗地上部的生长被完全抑制,在两片子叶展开之后,生长点逐渐死亡;-B₂ 处理的黄瓜幼苗虽比 -B₁ 晚两天处理,但仅可长出一片真叶,并且不能完全展开。同样,经 -B₁ 处理的菜豆也仅可长出一对真叶,随后生长点也逐渐死亡,因而缺硼处理的黄瓜和菜豆植株长得矮小、重量轻(图 1)。但豌豆和蚕豆植株对缺硼的反应相对不敏感,其生长虽然受到一定程度的抑制,但在处理后一定时间内可保持缓慢生长。这些结果说明,不同植物对缺硼的忍耐程度不同。

与对照相比,缺硼处理的豌豆及蚕豆植株之所以长得比较矮小(图 1),不仅是由于植株的节间伸长生长受到抑制,而且节的数目也有所减少(表 1)。

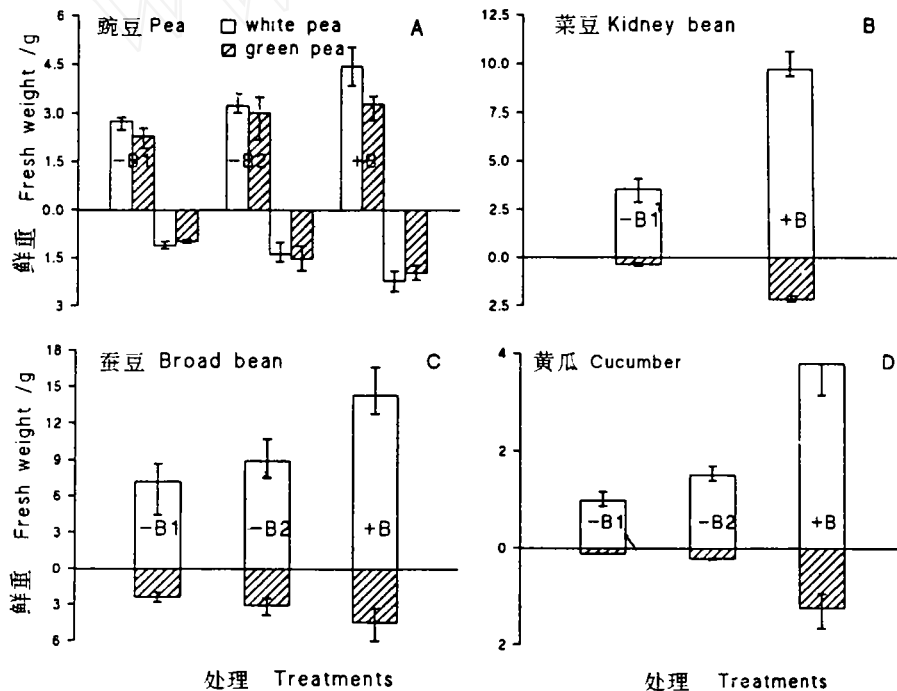


图 1 缺硼处理对豌豆(A)、菜豆(B)、蚕豆(C)及黄瓜(D)植株根(横坐标下面部分)及地上部(横坐标上面部分)鲜重的影响

Fig. 1 Effect of boron-deficiency on fresh weight of shoot (columns above the X-axis) and root (columns under the X-axis) from pea (A), kidney bean (B), broad bean (C) and cucumber (D) plants

缺硼条件下,黄瓜植株地上部的生长被完全抑制,而豌豆和蚕豆的茎可以不同程度地继续生长,这或许与它们的子叶相对较大有关,其中贮藏的养分可部分地满足植物生长的需要。通过比较正常培养条件下子叶对豌豆植株茎伸长生长的影响证明,去掉一片子叶就可明显抑制植株的生长,去掉两片子叶后植物的生长受到进一步抑制。带两片子叶的植株同不带子叶植株之间伸长生长的差异随着生长时间的延长不断加大。生长 18 d 后高度差异可达 8 cm。

上述结果还表明,在植物的生长初期,实验中所使用的各种植物对缺硼的反应比较敏感。 $-B_1$ 处理比 $-B_2$ 处理虽仅早 2 d,但经两种处理后植株的生长却表现出明显的不同,包括根及地上部分的长度、鲜重(图 1)及植株茎上的节数(表 1),说明植物生长初期是整个生长过程中一个很重要的阶段。

2.2 缺硼对黄瓜、豌豆植株不同器官中钾离子浓度的影响 缺硼使黄瓜及豌豆植株不同器官中的钾离子浓度明显降低(图 2)。缺硼处理时间越长,植物器官中的钾离子浓度越低,这意味着硼影响了细胞对钾离子的吸收或者细胞质膜的整合性。Tang 等^[5]提出,钾离子向细胞外泄漏意味着细胞质膜的透性或整合性受到了破坏。质膜是细胞质与外界环境之间的一道屏障。它参与了物质的吸收、运输、排出及信号传递等许多生理过程。质膜整合性的改变必然影响到这些生理过程的变化,如能进一步证明缺硼影响细胞质膜透性的改变,并且确定其作用机理,将会大大推动硼在植物体中生理功能的研究。

表 1 缺硼处理对豌豆及蚕豆植株茎节数的影响

Table 1 Effect of boron-deficiency on number of the nodes on shoot of pea and broad bean plants

处 理 Treatment	植株节数(个) Number of nodes		
	白豌豆 White pea	绿豌豆 Green pea	蚕豆 Broad bean
$-B_1$	8±0	7.75±0.43	5.75±0.43
$-B_2$	9.6±0.49	9±0	7±0
+B	10±0.71	9.17±0.37	8.5±0.5

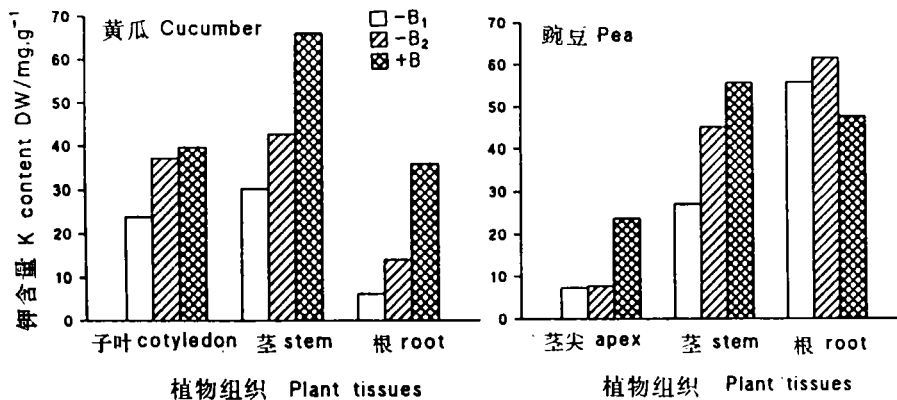


图 2 缺硼处理对黄瓜及豌豆植株不同器官中钾离子浓度的影响

Fig. 2 Effect of boron-deficiency on K^+ concentration in different organs of pea and cucumber plants

2.3 缺硼对植物顶端优势的影响 缺硼处理对不同植物的生长发育影响不同。在缺硼条件下,黄瓜和菜豆植株很快停止生长,而豌豆植株的地上部分不但可以在一定时间内继续生长,并且在植株下部的数个节上各长出一个侧芽。缺硼处理时间越长,长有侧芽的节数越多

(表2)。在正常供硼条件下,蚕豆植株也能够长出侧芽。但缺硼条件下长有侧芽的节数更多些。植物侧芽的生长是植物顶端优势减弱的结果。植物的顶端优势即

表2 缺硼对不同植物侧芽生长的影响

Table 2 Growth of the lateral bud induced by boron-deficient treatments

处 理 Treatment	长有侧芽的节数(个)Number of the nodes with lateral bud				
	黄瓜 Cucumber	菜豆 Kidney bean	白豌豆 White pea	绿豌豆 Green pea	蚕豆 Broad bean
-B ₁	0	0	4±0	3.75±0.37	2.25±0.43
-B ₂	0	0	3±0	2.67±0.47	3±0
+B	0	0	0	0	1.25±0.83

生长着的顶芽抑制侧芽生长的现象。由植物顶芽产生的生长素可以抑制侧芽的生长,而根尖产生的细胞分裂素可以诱导侧芽的生长^[6,7,8]。已知缺硼会严重影响植物茎和根的生长,推测也会影响到这两类激素的合成和运输,从而影响植物顶端对侧芽生长的控制。如表2所示,在缺硼条件下,不同植物的侧芽生长情况有所不同。缺硼如何诱使豌豆植株的侧芽生长还需进一步研究。

已知硼在植物体中不易移动^[1],而缺硼会抑制茎尖(也应包括侧芽)的伸长生长^[3,4]。但本实验的结果表明,在缺硼条件下,豌豆及蚕豆植株的侧芽仍可生长。这可能是由于在缺硼条件下,子叶或者老叶中的硼可以移动,供侧芽生长时利用;或者并非如报道所说,硼是细胞壁合成的必需成份,且所需数量很大。而可能是植物体中绝大部分硼都分布在细胞壁中,但真正作为细胞壁组成成分的硼在其中所占的比例很小。总之,这一现象难以用硼是细胞壁组成成分或在植物体中几乎不能移动的结论来解释,有必要进行更深入的研究。

参 考 文 献

- 1 Loomis WD, Durst RW. Chemistry and biology of boron. *Biofactors*, 1992, 3:229~239
- 2 Hu HN, Brown PH. Localization of boron in cell wall of *Squash* and *Tobacco* and its association with pectin. *Plant Physiol*, 1994, 105:681~689
- 3 Kouchi H, Kumazawa K. Anatomical responses of root tips to boron deficiency. III. Effect of boron deficiency on sub-cellular structure of root tips, particularly on morphology of cell wall and its related organelles. *Soil Sci Plant Nutr*, 1976, 22: 53~71
- 4 Dugger WM. Boron in plant metabolism. In: Läuchli R A, Bielecki L, eds. *Encyclopedia of Plant Physiology. Inorganic Plant Nutrition*, 1983, 15B 626~650. Springer-Verlag, New York.
- 5 Tang PN, Dela Fuente RK. Boron and calcium sites involved in indole-3-acetic acid transport in sunflower hypocotyl segment. *Plant Physiol*, 1986, 81: 651~655
- 6 Cline MG. Apical dominance. *Bot Rev*, 1991, 57:318~358
- 7 Li CJ, Bangerth F. The possible role of cytokinins, ethylene and indoleacetic acid in apical dominance. In: Karssen CM, van Loon LC, Verugdenhil D, eds. *Progress in plant growth regulation. Proceedings of the 14th International Conference on Plant Growth Substances*. Kluwer Academic Publishers, 1992, 431~436
- 8 李春俭. 植物激素在顶端优势中的作用. *植物生理学通讯*(印刷中), 1995, (6)

Effect of Boron-Deficiency on Growth of Shoot and Root and Concentration of Potassium in Different Plants

Li Chunjian Tang Yulin Zhang Fusuo Cui Jianyu

(Dept. of Plant Nutrition, CAU, Beijing 100094)

Abstract: The growth responses of different plants (pea, cucumber, kidney bean and broad bean) to boron-deficiency using solution culture were compared. It was demonstrated that under the boron-deficient condition the growth of root and shoot was inhibited, and inhibition of the root growth appeared first. There were none differences among the plant species tested. Several days after the boron-deficiency treatment growing point of the shoot from cucumber and kidney bean plant grew abnormally, then died, but the other two plants could grow continuously, although slower than the control plants. The boron-deficiency stress could also induce outgrowth of lateral bud on the nodes in lower part of the pea plants. Under the boron-deficiency condition the K^+ concentration in different organs of cucumber and pea plants decreased obviously.

Key words: boron-deficiency; growth and development; apical dominance; K^+ concentration