

硼素在油菜幼苗体内的运转与分配研究

陈建勋¹ 沈 康²

(1华南农业大学生物技术学院,广州,510642; 2南京农业大学农学系)

摘要 以甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.) 宁油 7 号为材料,应用稳定性同位素 $H_3^{10}BO_3$ 作为示踪剂,以标记硼酸 ($H_3^{10}BO_3$) 饲喂油菜叶片,研究硼素在油菜幼苗体内的运转和分配。结果表明:在缺硼条件下,硼可从叶片向其它组织器官中运输,其运转比例为 1.21% ~ 3.25%,大部分硼难于从叶片中运转出来;在同一张叶片内硼从叶后半部向叶前半部的移动较容易,而从叶前半部向叶后半部及从左(右)向右(左)的移动较难。硼在油菜体内的分布,以叶片含量最高,根次之,茎最少。油菜幼苗生长一个月后,饲喂 $H_3^{10}BO_3$,其新吸收的硼主要分布在根和上部叶片中,中部叶片次之,茎和下部叶片最少。

关键词 油菜; ^{10}B 运转; 分配

中图分类号 Q 945.12

关于硼在植物体内运转和分配的研究已有许多报道,但结论不一。有的研究认为硼随蒸腾流进入组织后很少发生移动 (Raven, 1980); 有的研究则相反,认为硼在植物体内具有较大的移动性 (Hanson et al, 1985; Hanson, 1991); 另一些研究表明,硼在棉花、花生、萝卜、苹果、油菜等植物中仍具有一定的移动性 (沈振国等, 1991), 但没有给予定量的数据。应用 $H_3^{10}BO_3$ 研究硼在植物体内的运转和分配尚不多见 (刘昌智等, 1990; 谢青等, 1992)。本研究应用 ^{10}B 示踪方法,通过水培试验,研究硼素在油菜 (*Brassica napus* L.) 幼苗体内运转和分配规律,并对硼在油菜体内的再移动给予定量的估测,以期科学施用硼肥提供理论依据。

1 材料与方法

实验在南京农业大学温室内进行。供试油菜 *B. napus* L. 品种为宁油 7 号 (江苏省农业科学院提供)。

单质 ^{10}B 粉由北京信通科学仪器公司提供,纯度大于 95%,丰度大于 95%。

1.1 油菜幼苗培养

在油菜幼苗长至二叶一心以前采用 1/2 Hoagland I 配方,幼苗长至二叶一心时,再选取大小一致的幼苗移植到小的塑料培养箱 (24 cm × 18 cm × 8 cm) 中培养至所需要叶龄的幼苗。培养液为完全 Hoagland I 配方。每星期更换 1 次营养液,并定期采用气泵通气,每天 3 次,每次 5~10 min。

1.2 试验处理组合

1.2.1 硼在不同叶龄油菜叶片内的运转 取九叶一心的油菜幼苗,只留下第 2 或第 3 叶、第 6 叶、第 9 叶,其余叶片均剪掉,包括生长点。第 2 或第 3 叶称为老叶,第 6 叶为功能叶,第 9 叶为幼叶。分成老叶组、功能叶组、幼叶组 3 个处理。分别在老叶、功能叶、幼叶上涂布

100 μ L 9.71 mmol H¹⁰BO₃溶液。每处理 3 次重复,每重复 5~8 株苗。9 d 后取样。取样时叶片先用自来水冲洗 3 min,再放在 0.5 mmol CaSO₄溶液中浸洗 20 min,再用自来水冲洗 1 min 后,用蒸馏水冲洗 3 遍,吸水纸吸干水分。

1.2.2 同 一 张 叶 片 不 同 部 位 间 硼 的 运 转 取 七 叶 一 心 的 幼 苗 , 在 正 式 处 理 之 前 一 周 , 换 用 无 硼 营 养 液 培 养 。 处 理 之 后 仍 用 无 硼 营 养 液 培 养 。 具 体 处 理 方 法 是 , 每 株 第 4 叶 沿 叶 脉 中 线 分 成 左 右 两 半 部 分 , 沿 叶 片 中 部 分 成 靠 叶 尖 的 前 半 部 和 靠 叶 柄 的 后 半 部 。 将 叶 片 分 成 右 (左) 半 部 分 、 前 半 部 分 、 后 半 部 分 3 个 处 理 。 每 处 理 涂 布 100 μ L 9.71 mmol H¹⁰BO₃, 叶 柄 用 开 水 烫 伤 , 3 次 重 复 , 每 重 复 5 株 苗 。 3 d 后 取 样 , 取 样 分 标 记 硼 部 位 和 相 应 的 未 标 记 硼 部 位 。 样 品 处 理 方 法 同 1.2.1

1.2.3 硼 在 油 菜 体 内 的 分 布 取 六 叶 一 心 油 菜 幼 苗 , 将 营 养 液 换 成 含 8.1 μ mol H¹⁰BO₃ 的 完 全 营 养 液 , 14 d 后 取 样 , 分 下 部 叶 (将 下 部 3 片 叶 称 为 下 部 叶) 、 中 部 叶 (将 中 部 3 片 叶 称 为 中 部 叶) 、 上 部 叶 (将 上 部 3 片 叶 称 为 上 部 叶) 、 根 、 茎 等 部 分 。 根 部 处 理 方 法 同 1.2.1

1.3 植 株 体 内 硼 的 测 定

采用甲亚胺比色法 (中国科学院南京土壤研究所微量元素组, 1979)。

1.4 稳 定 性 同 位 素 ¹⁰ 的 测 定

用 ST-IMS88 (北京信通科学仪器公司研制) 离子质谱仪测定 ¹⁰ 丰度及硼浓度 (黄庆文等, 1991)。

2 结 果 与 分 析

2.1 硼 在 不 同 叶 龄 油 菜 叶 片 内 的 运 转

表 1 油 菜 幼 苗 植 株 不 同 部 位 ¹⁰ 原 子 百 分 超

标记叶	¹⁰ 原子百分超 ¹⁾				
	老叶	功能叶	幼叶	茎	根
幼叶	1.0 $\pm$ 0.009	1.8 $\pm$ 0.011	65.3 $\pm$ 0.009	1.7 $\pm$ 0.003	3.7 $\pm$ 0.019
功能叶	1.7 $\pm$ 0.015	61.7 $\pm$ 0.006	10.5 $\pm$ 0.021	6.3 $\pm$ 0.026	6.0 $\pm$ 0.030
老叶	63.8 $\pm$ 0.011	1.3 $\pm$ 0.006	5.7 $\pm$ 0.011	2.8 $\pm$ 0.006	2.0 $\pm$ 0.005

1) ¹⁰肥的天然丰度为 19.8%, 植株天然丰度为 19.7%

从表 1 中油菜不同部位 ¹⁰ 的原子百分超可以看出: 油菜不同叶片涂布标记的硼酸 (H¹⁰BO₃) 9 d 后, 硼酸可以被叶片吸收并从叶片向植株各个部位运转。这与沈振国的实验结果一致 (沈振国, 1991)。从表 2 中可以进一步看出, 叶片吸收的 ¹⁰ 绝大部分 (96% 以上) 滞留在叶片组织内而难于向外运转, 尤以幼叶中最多, 高达 98.79%。老叶吸收的 ¹⁰ 向幼叶运转较多, 为 1.503%, 功能叶次之, 为 1.284%; 而幼叶、功能叶吸收的 ¹⁰ 向老叶运转较少, 分别为 0.078%、0.165%。不同叶片吸收的 ¹⁰ 在向根、茎的运转过程中, 以功能叶运转最多, 老叶、幼叶运转最少。

另外, 从叶片中向外运转的百分率来看, 以功能叶最高, 达 3.253%, 老叶次之, 3.093%, 幼叶最少, 只有 1.208%。沈振国利用差减法提出在硼饥饿条件下, 硼在油菜叶片向外运转比例为 12.6%~26.7%。这可能是实验的条件和处理措施的不同而造成的。

表 2 油菜不同叶龄叶片涂 ^{10}B 后不同部位的含硼量¹⁾

标记叶	含硼量 $\mu\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$				
	老叶	功能叶	幼叶	茎	根
幼叶	0.035±0.032 (0.078)	0.197±0.137 (0.439)	44.345±1.026 (98.792)	0.078±0.020 (0.174)	0.232±0.105 (0.517)
功能叶	0.068±0.063 (0.165)	39.945±1.936 (96.747)	0.530±0.149 (1.284)	0.414±0.119 (1.002)	0.33±0.126 (0.802)
老叶	27.17±0.463 (96.905)	0.140±0.066 (0.499)	0.422±0.088 (1.505)	0.150±0.038 (0.535)	0.156±0.003 (0.556)

1) 括号内的数据表示各部分 ^{10}B 量占总吸收的 ^{10}B 量的百分率

2.2 同一张叶片不同部位间硼的运转

表 3 涂布 $\text{H}_3^{10}\text{BO}_3$ 后同一张叶片不同部位 ^{10}B 的原子百分超¹⁾

处理部位	^{10}B 原子百分超	
叶片左半部	叶片左半部	叶片右半部
	66.900±0.004	21.000±0.004
叶片前半部	叶片前半部	叶片后半部
	68.300±0.007	11.000±0.006
叶片后半部	叶片前半部	叶片后半部
	48.400±0.024	68.600±0.062

1) ^{10}B 肥的天然丰度为 19.8%, 植株的天然丰度为 19.7%

从表 3 结果可以看出,涂布 $\text{H}_3^{10}\text{BO}_3$ 后,在其相对的部位都有 ^{10}B 的增加,说明涂布的 ^{10}B 能在同一张叶片内向各个不同部位运转。从表 4 结果可以进一步看出,从叶后半部向叶前半部运转的 ^{10}B 量最多,占其总吸收量的 17.73%;而从叶前半部向叶后半部运转的 ^{10}B 量最少,只有 1.31%;从叶片的左(右)半部向右(左)半部的运转比例也只有 2.43%。远低于从叶后半部向叶前半部的运转比例。这说明在同一张叶片内,硼从叶后半部向叶前半部的移动较容易,而从叶前半部向叶后半部以及从叶片的左(右)半部向右(左)半部的移动较难。

表 4 同一张叶片不同部位含 ^{10}B 量

处理	^{10}B 含量 $\mu\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$	
	^{10}B 标记部位	相对部位
左(右)半部分	36.9±2.03	0.92±0.1
前半部分	35.6±1.44	0.47±0.11
后半部分	24.5±1.26	5.30±0.22

2.3 硼在油菜体内的分布

油菜幼苗在生长 1 个月后,应用 ^{10}B 示踪,植株不同部位 ^{10}B 的分布见表 5。以根部的硼

浓度最高,叶次之,茎最少;而在叶片中可以进一步看到,上部叶硼浓度最高,与根部相差无几,中、下部叶较低。但从各个部位吸收的¹⁰绝对量来看(表6),油菜幼苗通过根部吸收的硼大部分分布在叶片内,占79.96%;其次在根部,占13.58%;茎中最少,只占6.46%。硼浓度呈现出叶>根>茎的典型分布特征,这显然是其生物量的不同而造成的。而在叶片中则以中部叶片中硼的分布最多,占整个叶片的49.34%;其次为上部叶片,占36.09%;而下部叶片最少,只占14.57%,比根部都低。这说明新吸收的硼的去向,从¹⁰绝对量来看,主要是分布在中上部叶片中;而从每g干重硼量来看,则以根及上部叶片含量最高,这可能与根及上部叶片的生长有关。谢青等(1992)也认为,棉花营养生长期吸收的硼主要是运输到幼嫩的部位。

叶片涂布¹⁰后,被作物吸收的硼大部分仍积累在所涂布叶片部位,只有一小部分输送到根、茎及其它叶片(表2),这也与谢青等(1992)的结果一致。

3 结论

(1)硼可以从叶片中向外运转,但其运转比例仅为1.2%~3.25%。大部分硼仍难于从叶片中运转出来。

(2)在同一叶片内,硼从叶后半部向叶前半部的移动较容易,而从叶前半部向叶后半部及从左(右)半部向右(左)半部的移动较困难。

(3)油菜幼苗在生长1个月后,用¹⁰饲喂,¹⁰主要分布在植物体的根部及上部叶片,中部叶片次之,茎及下部叶片分布最少。

致谢 本文承蒙邝炎华教授审阅,谨此致谢。

参 考 文 献

中国科学院南京土壤研究所微量元素组编著. 1979.土壤和植物中微量元素分析法.北京:科学出版社,84

刘昌智,金成河,袁光咏,等. 1990.应用¹⁰研究硼素在油菜叶片中的分布特征.中国农业科学,23(2): 67~ 72

沈振国,沈 康,等. 1991.硼在油菜体内分配与运转的研究.南京农业大学学报,14(4): 13~ 17

黄庆文,林英钊. 1991.一种测量微量硼的新方法.科学通报,(21): 1625~ 1629

表 5 植株不同部位硼的分布¹⁾

部位	B含量 $\mu\text{g g}^{-1}$
叶	13.4±1.95
上部叶	19.37±1.35
中部叶	12.93±0.75
下部叶	10.49±0.75
茎	11.13±0.26
根	20.03±1.31

1) 干重的¹⁰含量

表 6 植株不同部位¹⁰的含量

部位	¹⁰ 含量 $\mu\text{g 株}^{-1}$	百分率/(%)
上部叶	58.27±7.28	29.17
中部叶	78.30±3.59	39.20
下部叶	23.13±1.84	11.59
茎	12.9±1.56	6.46
根	27.13±0.83	13.58

- 谢 青, 魏文学, 王运华, 等. 1992. 棉花对硼的吸收、运转和分配的研究. 作物学报, 18(1): 31~ 37
- Hanson E J. 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. Hortscience, 26(3): 271~ 273
- Hanson E J, Chaplin M H, Breen P J. 1985. Movement of foliar applied boron out of leaves and accumulation in flower buds and flower parts of 'Italian' prune. Hortscience, 20(4): 747~ 748
- Raven J A. 1980. Short- and long- distance transport of boric acid in plants. New Phytol, 84 231~ 249

TRANSLOCATION AND DISTRIBUTION OF BORON IN *Brassica napus* SEEDLING

Chen Jianxun¹ Shen Kang²

(¹ College of Biotechnology, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642;

² Dept. of Agronomy, Nanjing Agr. Univ.)

Abstract

Using rape (*Brassica napus* L.) Ningyou No. 7 as material and stable isotope ¹⁰Bas tracer, translocation and distribution of Boron in rape seedlings were studied. Under lacking condition, boron could be transported from leaves to other tissue or organs, the transportation proportion was 1.21% ~ 3.25%, which indicated that most of the boron could not be transported. Boron was ease removed from the front part of a leaf to the behind part, while it was difficult removed from the behind part to the front part and from the right (left) to the left (right) part of a leaf. It was demonstrated that concentration of boron in leaves was the highest in rape seedlings, the second in roots and the lowest in stems. After the rape seedlings growing a month, fedded with ¹⁰B, the distribution of boron in rape seedlings was mainly in roots and upper leaves, less in middle leaves and the least in stems and lower leaves.

Key words *Brassica napus* L.; ¹⁰B; translocation; distribution