

采用嫁接试验探讨不同甘蓝型油菜品种硼效率差异机理初报^①

郭丽丽, 耿明建*, 石磊, 赵竹青, 朱端卫

(华中农业大学微量元素研究中心, 农业部亚热带农业资源与环境重点开放实验室, 武汉 430070)

Preliminary Results on Boron Efficiency between Two Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars with Grafting Experiments

GUO Li-li, GENG Ming-jian, SHI Lei, ZHAO Zhu-qing, ZHU Duan-wei

(Microelements Research Center of Huazhong Agricultural University, Key Laboratory of Subtropical Agricultural Resource and Environment, Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China)

摘要: 溶液培养条件下, 比较研究不同 B 效率甘蓝型油菜品种及其相互嫁接植株苗期对 B 吸收分配的差异。试验表明, 缺 B 胁迫明显降低高效、低效油菜品种及其相互嫁接植株地上部 B 含量和累积量, 高效品种降低幅度明显小于低效品种, 两者相互嫁接植株降低幅度均居于高效品种与低效品种之间。无论缺 B 与否, 高效品种和以高效品种为砧木的植株地上部 B 分配率分别有高于低效品种和以低效品种做砧木植株的趋势。推断甘蓝型油菜品种 B 效率差异是由根系吸收能力以及向地上部运输能力共同作用的结果。

关键词: 甘蓝型油菜品种; 嫁接; 硼效率; 吸收; 分配

中图分类号: S565.4; S143.7

硼 (B) 是高等植物必需的营养元素, B 缺乏现象普遍存在^[1-2], 施 B 已成为缺 B 地区作物增产、优质的措施^[3-4]。生产 B 肥的硼矿是不可再生资源, B 肥施用不当也可能带来环境问题。选育土壤 B 高效利用品种, 通过遗传改良提高油菜的 B 效率, 可以节约能源、资源, 有利于农业可持续发展。1991年以来, 王运华等^[5]开展甘蓝型油菜 B 高效种质的筛选, 确定了 2 个 B 低效品种和 8 个 B 高效品种, 低效品种 B 效率系数 (0.25 mg/kg B 水平下产量与 1.0 mg/kg 时产量之比) 仅为 0.222 ~ 0.232, 高效品种可达 0.85 ~ 0.97^[5]。不同油菜品种 B 效率差异的机理是什么? 是在于其根系吸收 B 能力、根系向地上部运输 B 能力、地上部利用 B 能力的差异, 还是几种机制共同发挥作用? 这是揭示油菜 B 效率差异的生理生化机理, 以及进一步改良 B 营养性状遗传的基础问题。本文通过典型 B 高效、低效品种相互嫁接试验, 比较植株对 B 吸收转运能力的差异, 试图初步解答甘

蓝型油菜 B 效率差异的机制。

1 材料与方法

1.1 培养试验

供试作物为王运华等^[5]筛选出的 B 高效甘蓝型油菜品种“青油 10 号”和 B 低效品种“Bakow”。油菜幼苗采用 Hoagland 营养液与无 B 的 Arnon 微量元素混合液培养, 溶液中的 B 单独添加。油菜种子经蒸馏水浸种、催芽后, 播于固定在塑料盆的双层纱布上, 用蒸馏水培养至子叶完全展开, 选长势一致的幼苗移栽入装有 10 L 1/4 浓度营养液的长方形塑料盆 (55 cm × 35 cm × 7 cm) 中, B 浓度设为 0.5 mg/L。待嫁接油菜分两批按上述方法种植, 第一批幼苗做砧木, 第二批比第一批晚播 5 天, 做接穗。第一批幼苗长至两叶一心期, 第二批幼苗长出一片真叶时, 采用插接法对高效品种和低效品种进行相互嫁接。待嫁接苗成活后, 得到 4 种油菜, 即高效品种“青油 10 号”(代号为 QY10),

^①基金项目: 国家自然科学基金 (30500311) 资助。

* 通讯作者 (mjgeng@mail.hzau.edu.cn)

作者简介: 郭丽丽 (1981—), 女, 山东临沂人, 硕士研究生, 主要从事植物营养与施肥方面研究。E-mail: gl1234@126.com

低效品种“Bakow”（代号为 Ba），青油 10 号做砧木、Bakow 做接穗的油菜（代号为 QY10-Ba），Bakow 做砧木、青油 10 号做接穗的油菜（代号为 Ba-QY10）。随后对它们进行缺 B 胁迫处理，设 2 个 B 水平：0.001 mg/L（代号 B₁）、0.5 mg/L（代号 B₂），3 次重复，采用完全浓度营养液进行培养，处理 3 周后取样。油菜生长期间，容器外涂黑色油漆，防止光线射入，每 7 天更换一次营养液，每天补充损失水分。

1.2 样品采集与分析方法

取样时，用去离子水将油菜冲洗干净，吸水纸吸干水分后，将根系和地上部分开。杀青、烘干、磨碎后称取样品，加入 1 mol/L HCl 振荡 2 h，过滤后，

用 ICP-OES 测定其中 B 含量。

2 结果与分析

2.1 B 对不同 B 效率甘蓝型油菜品种及其嫁接苗地上部和根系 B 含量的影响

由表 1 可知，正常供 B（B₂）时，B 低效品种 Ba 地上部、根系 B 含量均明显大于高效品种 QY10，与本实验室前期试验结果一致^[6-7]。而以低效品种做接穗的 QY10-Ba 地上部 B 含量、做砧木的 Ba-QY10 根系 B 含量分别明显大于以高效品种做接穗或砧木相应部位 B 含量。说明在正常 B 水平下，高效、低效油菜相互嫁接后的砧木或接穗 B 含量特征分别与其母株一致。

表 1 不同 B 效率甘蓝型油菜品种及其嫁接苗地上部和根系 B 含量

油菜品种	地上部			根系		
	B ₁ (mg/kg)	B ₂ (mg/kg)	$\frac{B_1}{B_2} \times 100$ (%)	B ₁ (mg/kg)	B ₂ (mg/kg)	$\frac{B_1}{B_2} \times 100$ (%)
QY10	22.86	78.87	28.98	29.25	39.68	73.71
Ba	19.05	88.49	21.53	24.61	44.74	55.01
QY10-Ba	19.79	80.88	24.47	27.46	42.43	64.72
Ba-QY10	20.69	77.09	26.84	28.42	48.55	58.54

缺 B 显著降低 B 高效油菜品种 QY10、低效品种 Ba 及其相互嫁接植株 QY10-Ba 和 Ba-QY10 地上部和根系 B 含量，但降低幅度不同。低效品种降低幅度（地上部、根系分别降低 78.47%、44.99%）最大，高效品种降低幅度（地上部、根系分别降低 71.02%、26.29%）最小，与本实验室前期研究结果一致^[7]。高效品种与低效品种相互嫁接植株 QY10-Ba 和 Ba-QY10 地上部 B 含量降低幅度（75.53%和 73.16%）、根系 B 含量降低幅度（35.28%和 41.46%）均居于高效品种和

低效品种之间。由此可以初步推断缺 B 胁迫下甘蓝型油菜体内 B 含量高低不只是由根系或者地上部单一控制，而是受两者共同影响。

2.2 B 对不同 B 效率甘蓝型油菜品种 B 累积量的影响

由表 2 可看出，无论正常供 B 还是缺 B 胁迫下，高效品种 QY10 地上部 B 累积量均明显高于低效品种 Ba，两品种根系 B 累积量差异不明显；以高效品种为砧木的 QY10-Ba 地上部 B 累积量也明显高于以低效品种为砧木的 Ba-QY10 植株，根中则无明显差别。

表 2 不同 B 效率甘蓝型油菜品种及其嫁接苗 B 累积量

油菜品种	地上部累积量			根系累积量			总累积量		
	B ₁ (μg/株)	B ₂ (μg/株)	$\frac{B_1}{B_2} \times 100$ (%)	B ₁ (μg/株)	B ₂ (μg/株)	$\frac{B_1}{B_2} \times 100$ (%)	B ₁ (μg/株)	B ₂ (μg/株)	$\frac{B_1}{B_2} \times 100$ (%)
QY10	38.02	125.97	30.18	6.72	7.78	86.38	44.74	133.75	33.45
Ba	21.94	108.68	20.19	4.38	8.10	54.07	26.32	116.78	22.54
QY10-Ba	8.33	36.65	22.73	1.44	2.97	48.48	9.77	39.62	24.66
Ba-QY10	6.53	27.06	24.13	1.42	3.00	47.33	7.95	30.06	26.45

缺 B 胁迫明显降低高效、低效品种及其相互嫁接植株地上部 B 累积量，不同植株降低幅度变化规律与其 B 含量一致，也是高效品种降低幅度最小（69.82%），

低效品种最大（79.81%），QY10-Ba 和 Ba-QY10 植株居中（分别降低 77.27% 和 75.87%）。缺 B 胁迫也使高效、低效品种及其相互嫁接植株根系 B 累积量有降低趋

势, 高效品种降低幅度 (13.62%) 小于低效品种 (45.93 %), 但其相互嫁接植株 B 累积量降低幅度 (分别为 51.52% 和 52.67%) 均大于其母株 (高效和低效品种)。

从表 2 还可以看出, 无论缺 B 或嫁接与否, 不同油菜植株地上部 B 累积量均远高于根系, 植株 B 总累积量主要受地上部控制, 其随环境供 B 量变化的规律与地上部一致。

2.3 B 对不同 B 效率甘蓝型油菜品种地上部和根系 B 分配比率的影响

表 3 表明, 无论缺 B 与否、嫁接与否, 所有油菜

植株地上部 B 分配比率均明显大于根系, 缺 B 导致油菜根中 B 分配率明显升高, 地上部明显降低, 与前人报道一致^[8]。不同油菜品种之间比较, 无论缺 B 还是正常供 B, 高效品种地上部 B 分配率均有高于低效品种的趋势 (B₁、B₂ 处理下分别高出 1.62、1.12 个百分点), 根系分配率又均有小于低效品种的趋势; 以高效品种为砧木的 QY10-Ba 地上部 B 分配比率也有高于以低效品种为砧木的 Ba-QY10 植株的趋势 (B₁、B₂ 处理下分别高出 3.12、2.48 个百分点), 根系则有小于低效品种的趋势。联系前文嫁接植株 B 累积量变化规律 (表 2), 推测高效品种 QY10 根系向地上部转运 B 的能力可能较低效品种 Ba 强。

表 3 不同 B 效率甘蓝型油菜品种及其嫁接苗地上部和根系 B 分配比率

油菜品种	B ₁		B ₂	
	地上部 (%)	根系 (%)	地上部 (%)	根系 (%)
QY10	84.98	15.02	94.18	5.82
Ba	83.36	16.64	93.06	6.94
QY10-Ba	85.26	14.74	92.50	7.50
Ba-QY10	82.14	17.86	90.02	9.98

3 讨论

本试验研究表明, 缺 B 胁迫引起高效油菜品种与低效油菜品种相互嫁接植株地上部 B 含量和累积量的降低幅度均居于其母株高效品种和低效品种之间, 而且无论缺 B 与否, 高效品种和以高效品种为砧木的植株地上部 B 分配率分别有高于低效品种和以低效品种做砧木植株的趋势。说明甘蓝型油菜 B 效率不仅仅单一由根系或地上部控制, 而是两者共同作用的结果。相关研究表明根系和地上部都可能影响植物体内 B 含量, 不同植物表现不完全相同。Bellaloui 和 Brown^[9]通过研究 B 的吸收和分布表明, 芹菜 B 高效的原因主要是 B 从根系向地上部的运输能力强, 而不是因为具有较强的根系吸收能力, 番茄 B 高效是根系吸收和向地上部运输两方面的共同作用的结果。Takano 等^[10]将对缺 B 反应敏感的拟南芥突变体 *bor1-1* 地上部嫁接于野生拟南芥砧木上, 在 30 μmol/L B 的环境中开花并结实; 相反, 将野生拟南芥嫁接到突变体 *bor1-1* 砧木上, 同样的含 B 环境则不能结实。进一步研究发现根系控制 B 效率的主要原因是突变体 *bor1-1* 根部缺失将 B 转运入木质部的“B 运载蛋白 (Boron transporter)”。Bowen^[11]通过甘蔗试验表明 B 在木质部向上运输速率受控于植株地上部

蒸腾速率。Halbrooks 等^[12]进一步指出提高蒸腾速率促进旺盛生长期甜菜根系对 B 的吸收, 但 B 并不一定运输到地上部, B 从根部向地上部的转运量受地上部干物质累积量制约。至于不同甘蓝型油菜品种根系和地上部是如何共同作用影响 B 效率的还有待进一步研究。

参考文献:

[1] Shorrocks VM. The occurrence and correction of boron deficiency // Bell RW, Reerkasem B. Boron in Soils and Plants. New york: Kluwer Academic Publishers, 1997: 121-148

[2] 赵书军, 梅东海, 陈国华, 袁家富, 倪国仕, 王卫建, 袁宏涛, 彭成林. 鄂西南植烟土壤微量元素分布及演变特点. 土壤, 2005, 37 (6): 674-678

[3] 李宝珍, 王正银, 李加纳, 武杰, 谌利. 氮磷钾硼对甘蓝型黄籽油菜产量和品质的影响. 土壤学报, 2005, 42 (3): 479-487

[4] Yu CL, Luo SQ, Peng XL, Liu YY. Effects of boron, zinc, and iron on the gentiopicroside content and yield of gentian. Pedosphere, 2006, 16 (2): 210-214

[5] 王运华, 兰莲芳. 甘蓝型油菜品种对缺硼敏感性的研究 (I, II). 华中农业大学学报, 1995, 21 (增刊): 71-84

[6] 喻敏, 褚海燕, 吴礼树, 王运华. 甘蓝型油菜不同硼效率基因型对硼的吸收分配的影响. 中国油料作物学报, 1999, 21 (1): 49-52

- [7] 杨玉华, 夏运生, 杜昌文, 吴礼树, 王运华. 不同硼效率油菜品种营养生长需硼量的差异. 中国油料作物学报, 2005, 27 (1): 69-72
- [8] 沈振国, 沈康. 硼在油菜体内分配与运转的研究. 南京农业大学学报, 1991, 14 (4): 13-17
- [9] Bellaloui N, Brown PH. Cultivar differences in boron uptake and distribution in celery (*Apium graveolens*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and wheat (*Triticum aestivum*). Plant and Soil, 1998, 198: 153-158
- [10] Takano J, Noguchi K, Yasumori M, Kobayashi M, Gajdos Z, Miwa K, Hayashi H, Yoneyama T, Fujiwara T. *Arabidopsis* boron transporter for xylem loading. Nature, 2002, 420 (6913): 337-340
- [11] Bowen JE. Effects of environmental factors on water utilization and boron accumulation and translocation in sugarcane. Plant Cell Physiol., 1972, 13: 703-714
- [12] Halbrooks MC, Peterson LA, Kozlowski TT. Effects of transpiration rate on boron uptake by roots and translocation to shoots of table beets (*Beta vulgaris* L.). J. Plant Nutr., 1986, 9: 1157-1170