

# 不同硼效率甘蓝型油菜苗期对硼镁营养的反应

年夫照, 彭慧元, 徐芳森, 石磊, 王运华\*

(华中农业大学微量元素研究室, 湖北武汉 430070)

**摘要:** 利用溶液培养研究硼低效和高效甘蓝型油菜 (*Brassica napus*) 苗期对硼镁营养的反应。结果表明, 低硼浓度下提高镁时, 油菜的生长受影响不大, 硼含量和累积量降低, 镁含量和累积量及叶绿素上升。低镁浓度下提高硼时, 油菜镁含量、镁积累量降低, 且硼低效品种降低幅度大于硼高效; 叶绿素降低幅度则硼高效大于硼低效品种。高硼浓度下提高镁时, 硼镁含量和累积量及叶绿素含量均提高, 提高幅度为硼高效品种大于低效品种。高镁浓度下提高硼时, 硼镁表现出显著的相互促进, 硼高效品种促进效应大于低效品种。在很大程度上镁影响油菜叶绿素 a 的含量, 而硼影响油菜叶绿素 b 的含量。硼镁营养对锌含量无大的影响; 在低镁浓度下, 油菜低效品种锰含量显著增加。无论是低镁或高镁浓度下提高硼, 硼高效和低效品种铁含量均有所增加, 低效品种增加显著。

**关键词:** 甘蓝型油菜; 硼效率; 硼、镁营养

中图分类号: S565.4; Q945.12

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2004)05-0511-05

## Response of rape cultivars with different boron efficiency to boron-magnesium nutrition at seedling stage

NIAN Fu-zhao, PENG Hui-yuan, XU Fang-sen, SHI Lei, WANG Yun-hua

(Lab. of Microelement, Huazhong Agri, Univ., Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Solution culture to studied the responses of two rape (*Brassica napus*) cultivars with different boron efficiency to boron-magnesium nutrition at seedling period. The results showed that increasing Mg concentration in the solution had no influence on the growth of two cultivars under lower B level. However, B content and B accumulation in plants decreased, and Mg content, Mg accumulation and chlorophyll content increased. Similarly, increasing B concentration under lower Mg level, Mg content, Mg accumulation and chlorophyll content decreased, the decreasing extent in the B-inefficient cultivar was larger than in the B-efficient cultivar, but chlorophyll content in B-efficient cultivar was larger than in the B-inefficient cultivar. When increasing B concentration in the solution under higher Mg level, there was a significant synergism between B and Mg. The effect of the synergism in the B-inefficient cultivar was less than in B-efficient cultivar. To a large extent, chlorophyll content in plant was tighter relative to Mg content, and less relative to B content. Boron-magnesium nutrition had no significant influence on Zn content. Under the low Mg condition, increasing B concentration could enhance Mn content significantly. At two Mg levels, increasing B concentration improved Fe nutrition of the two cultivars, however, Fe content in B-inefficiency cultivar raised significantly.

**Key words:** oilseed (*Brassica napus*); boron efficiency; boron-magnesium nutrition

硼、镁营养的相互关系是高等植物矿质营养研究的一个重要方面, 迄今无统一认识。王火焰等<sup>[1]</sup>报道, 硼的浓度从低到高, 悬浮培养细胞内镁的含量

先上升而后下降; 喻敏等<sup>[2]</sup>认为, 甘蓝型油菜的各个时期任一硼水平下, 硼高效品种镁含量均小于低效品种, 而同一品种硼水平提高, 镁含量有下降的趋

收稿日期: 2003-08-12

修改稿收到日期: 2003-09-22

基金项目: 国家自然科学基金(30170549)

作者简介: 年夫照(1979—), 男, 安徽怀远人, 博士研究生, 主要从事植物营养机理方面的研究。\* 通讯作者

势。朱建华等<sup>[3]</sup>在不同硼效率棉花上研究发现,缺硼使棉花各个部位的镁累积量均下降; Bowen<sup>[4]</sup>发现,甘蔗叶片硼与镁呈负相关; Dixon<sup>[5]</sup>研究发现,苹果喷硼对叶片镁含量没有影响。罗安程等<sup>[6]</sup>认为,缺硼油菜体内镁含量高于正常,而油菜施硼降低镁含量。不同的研究者所用材料不同,且试验是在镁正常水平下,通过改变硼浓度来研究硼镁的相互作用,可能是试验结果不一致的主要原因。为此,本试验选择两个不同硼效率的甘蓝型油菜品种,在营养液培养条件下,深入探讨硼镁不同浓度水平下的互作关系。

## 1 材料与方 法

甘蓝型油菜硼高效品种为青油 10 号(以下简称 QY10)和硼低效品种 95105,由本室筛选鉴定,自繁留种。

试验设 B 水平: B1(0.001mg/L), B2(0.5mg/L); Mg 水平: Mg1(0.16mg/L), Mg2(48mg/L) 组成 Mg1B1、Mg2B1、Mg1B2、Mg2B2 共 4 个处理, 3 次重复。

营养液培养用阿夫多宁营养液,配方如下(g/L):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  0.24,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.50,  $\text{KCl}$  0.15,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  0.10,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0.10,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.36,加 Arnon 微量元素营养液。低镁处理减少  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  用量,为补充 S 源,用相应的  $\text{K}_2\text{SO}_4$  代替  $\text{KCl}$ 。所有试剂均为分析纯,用二次去离子水配制。2003 年 2 月 25 日浸种,3 月 3 日将已经发芽的种子以二次去离子水培养。3 月 19 日移栽幼苗,定植于盛有 600mL 营养液的聚乙烯塑料

容器,每钵 9 株,以 1/8 全营养液培养。3 月 25 日按试验设计进行处理。每 3d 更换一次营养液。4 月 18 日按地上部和根部分别取样,并均分为两部分:一部分立即冷藏,一部分称鲜重后于 105℃ 杀青 30min,在 60~80℃ 烘干至恒重,制样备用。

植物 B、Mg 的测定: 1mol/L HCL 浸提,原子吸收法测定 Mg、Zn、Mn、Fe; 姜黄素法测 B; 用 95% 乙醇提取比色法测定叶绿素。

## 2 结果与分析

### 2.1 硼镁营养对油菜苗期外部形态及生长影响

随培养时间延长, Mg1 或 B1 处理出现缺 Mg 或缺 B 症状。缺 Mg 症状是从植株下部叶片开始出现串珠状白色斑点,不断扩大,占整个叶面积的大部分,并向上部叶片发展。缺 B 症状是植株新叶卷缩,老叶出现紫红色。不同处理的表现是 Mg1B1 处理缺 B、缺 Mg 的症状都表现得突出,植株矮小; 而 Mg1B2 处理,虽然植株增大,但缺 Mg 症状加剧。Mg2B1 处理,缺 Mg 的症状大大缓解,由于 B 的限制,植株长势比 Mg1B1 几乎无差别; Mg2B2 处理,植株正常生长,长势长相超过其他 3 个处理。在缺素情况下,硼高效品种 QY10 比低效品种 95105 缺素症状轻,前者生长较好,根系白亮、较短、根毛粗; 而后的根系颜色黯淡、细长。

表 1 看出,与 Mg1B1 比较,在 B1 水平下,增加 Mg 的浓度(Mg2B1),没有促进油菜幼苗的生长; 而在 B2 水平下,增加 Mg 的浓度(Mg2B2),两品种地上部及根重均有增加。QY10 的最大叶面积、叶重、根重及根冠比分别增加了 11.7%、29.6%、

表 1 硼镁营养对不同硼效率甘蓝型油菜苗期生长的影响

Table 1 Effect of B-Mg nutrition on growth of rape with different B efficiency at seedling stage

处理 Treatment	品种 Cultivar	株数 Plants (No.)	最大叶面积 Blade area ( $\text{cm}^2$ )	叶干重 Leaf dry wt. (g)	根干重 Root dry wt. (g)	根长 Root length (cm)	根冠比 Root/Shoot Ratio
Mg1B1	QY10	6	25.77 c	1.42 bc	0.19 c	14.42	0.13 bc
	95105	6	23.38 c	1.12 c	0.14 c	15.03	0.13 bc
Mg2B2	QY10	6	47.32 a	2.23 a	0.46 a	15.32	0.21 a
	95105	6	37.80 ab	1.76 ab	0.29 b	15.48	0.16 ab
Mg1B2	QY10	6	42.37 a	1.79 ab	0.24 bc	15.37	0.13 bc
	95105	6	26.80 b	1.18 bc	0.11 c	17.75	0.09 c
Mg2B1	QY10	6	28.80 c	1.42 bc	0.19 c	14.37	0.13 bc
	95105	6	25.30 c	1.30 bc	0.15 c	16.58	0.12 bc

注(Note): 不同字母表示差异达 5% 显著水平,下同。Different letters mean significant at 5% level, same as follows.

91.7%、61.5%；95105 分别增加了 41.0%、49.2%、163.6%、77.8%。后者的增加幅度大于前者。说明在 B1 水平下, B 是限制因子, 限制了 Mg 的作用, 而 B2 水平下 Mg 对 B 有促进作用, 对 95105 的影响要大于对 QY10 的影响。

比较 Mg1B1 与 Mg1B2, 提高 B 水平, QY10 最大叶面积、叶重、根重、根长分别增加了 64.4%、26.1%、26.3%、6.6%, 根冠比无明显变化。95105 最大叶面积、叶重、根重、根长和根冠比分别增加了 14.6%、5.4%、-21.4%、18.1%、-30.8%。增加幅度, QY10 除根长外总体大于 95105, 说明低镁水平下, B 促进了 Mg 的作用。Mg2 水平下, 从 B1 到 B2, 两品种植株的各项指标均有增加, 除根长外,

QY10 增加幅度大于 95105。表明此时 B 对 Mg 有显著的促进作用。QY10 的根长在低镁水平下增加幅度小于 95105, 同时 后者的根干物质积累量减少, 这可能与两个品种的根细胞壁的分裂生长有关, 据报道不同硼效率的甘蓝型油菜细胞壁的形成受 B 的影响不同<sup>[7,10]</sup>。

## 2.2 硼镁营养对油菜苗期硼、镁含量及积累量的影响

比较 Mg1B1 与 Mg2B2(表 2)发现, 在低硼水平下, 随镁水平的提高, 油菜幼苗镁含量和积累量上升, 而硼含量和积累量呈下降趋势。在低镁水平下, 随硼水平的提高, 硼含量和积累量上升, 而镁含量和积累量呈下降趋势。

表 2 硼镁营养对不同硼效率甘蓝型油菜苗期 B、Mg 含量的影响(以干重计)

Table 2 Effect of B-Mg nutrition on B and Mg concentration of rape with different boron efficiency at seedling stage(DW)

处理 Treatment	品种 Cultivar	硼含量 B Content (mg/kg)	单株硼积累量 B accumulation ( $\mu\text{g}/\text{plant}$ )	Mg 含量 Mg Content (g/kg)	单株镁积累量 Mg accumulation (mg/plant)
Mg1B1	QY10	13.72 b	3.25 b	0.87 bc	0.20 b
	95105	14.04 b	2.62 b	0.68 c	0.13 b
Mg2B2	QY10	50.51 a	18.77 a	4.67 a	1.73 a
	95105	44.27 a	12.99 a	4.42 a	1.30 a
Mg1B2	QY10	39.10 ab	11.66 ab	0.67 bc	0.20 b
	95105	36.44 ab	7.17 ab	0.51 c	0.10 b
Mg2B1	QY10	12.94 b	3.06 b	2.62 b	0.62 ab
	95105	11.67 b	2.53 b	1.81 b	0.39 b

表 2 数据还表明, 在 Mg2 或 B2 水平上, 提高另一元素的营养水平, 油菜幼苗的镁、硼含量和积累量均上升, 显示出硼镁营养的相互促进作用。

QY10 和 95105 镁硼含量和积累量还表现如下特点: 在各处理中, QY10 的镁硼含量和积累量一般高于 95105, 只有 Mg1B1 时, 硼含量较低, 但积累量高, 其吸收的总量仍高, 再一次证实 QY10 有较高的硼效率; Mg2 水平下, 提高 B 水平(Mg2B2), QY10 和 95105 的硼含量、硼积累量、镁含量、镁积累量分别比低硼处理(Mg2B1)提高 290.3%、513.4%、78.3%、179.0% 和 279.3%、413.4%、144.2%、233.3%。QY10 硼含量和积累量的增幅大于 95105, 而镁含量和积累量的增幅则小于 95105。在 B2 水平下, 提高镁水平(Mg2B2), QY10 和 95105 的硼含量、硼积累量、镁含量、镁积累量分别比低镁处理(Mg1B2)提高 29.2%、61.0%、597.0%、765.0% 和 21.5%、81.2%、766.7%、

1200.0%。95105 硼积累量和镁含量与积累量的增幅均超过 QY10, 表明该品种在硼正常时对镁的迫切需要。

## 2.3 硼镁营养对不同硼效率甘蓝型油菜苗期锌锰铁含量的影响

从表 3 可以看出, 各处理锌的含量无明显变化。在 B1 或 B2 水平下, 提高 Mg 水平, 供试两品种 Mn 含量均下降, 结合其干物质积累量增加的事实分析(表 1), 可以认为是“稀释效应”造成的。Mg1 水平下, 提高 B 水平(Mg1B2), QY10 Mn 含量有增加的趋势, 但不显著, 而 95105 Mn 含量却显著增加, 低效品种 Mn 含量大幅度增加的原因有待于进一步研究。Mg2 水平下, 提高 B 水平(Mg2B2), 供试两品种 Mn 含量均有下降的趋势, 但不明显。Mg1、Mg2 水平下, 提高 B, QY10 Fe 含量有增加趋势, 而 95105 Fe 含量显著增加, B 对铁的吸收有促进作用。在 B1 水平下, 提高 Mg(Mg2B1), 两供试品种铁含

量均有降低趋势; B2 水平下, 提高 Mg(Mg2B2), QY10 Fe 含量有升高趋势, 95105 则有下降趋势, 但均未达显著。总体说 Mg 有助于植物对 Fe 的吸收。

表 3 硼镁营养对甘蓝型油菜苗期 Zn、Mn、Fe 含量的影响 (mg/kg)

Table 3 Effect of B-Mg nutrition on Zn, Mn and Fe content of rape with different B efficiency at seedling stage

处理 Treat.	品种 Cultivars	Zn 含量 Zn content	Mn 含量 Mn content	Fe 含量 Fe content
Mg1B1	QY10	36.47 a	108.34 b	344.38 bc
	95105	38.16 a	83.79 c	350.80 bc
Mg2B2	QY10	31.73 ab	62.96 c	411.16 bc
	95105	37.97 a	63.71 c	737.10 a
Mg1B2	QY10	36.75 a	112.15 b	483.83 b
	95105	37.36 a	163.26 a	714.75 a
Mg2B1	QY10	25.75 b	65.09 c	339.81 bc
	95105	31.23 ab	76.62 c	234.09 c

#### 2.4 硼镁营养对不同硼效率甘蓝型油菜苗期叶绿素的影响

表 4 看出, 叶绿素含量测定与所观察外部特征一致。B1 水平下, 提高 Mg1 到 Mg2, QY10 与 95105 叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量分别升高 37.2%、43.5%、23.7% 和 67.1%、41.6%、65.4%; B2 水平下, 提高 Mg1 到 Mg2, QY10 与 95105 叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量分别升高 155.4%、174.8%、180.7% 和 200.7%、184.8%、168.5%。B1、B2 浓度下, 硼低效品种有大于高效品种的趋势, 叶绿素 b 提高幅度两品种相似, 而叶绿素 a 的差别很大。Mg1 水平下, 提高 B1 到 B2, QY10 与 95105

表 4 硼镁营养对油菜苗期叶绿素含量的影响 (mg/g, FW)

Table 4 Effect of B-Mg nutrition on chlorophyll of rape with different B efficiency at seedling stage

处理 Treat.	品种 Cultiv.	Chl. a	Chl. b	Chl. a + b	Chl. a/ Chl. b
Mg1B1	QY10	0.53 b	0.209ab	0.898b	2.54
	95105	0.514b	0.190ab	0.807b	2.71
Mg2B2	QY10	1.180a	0.382a	1.715a	3.09
	95105	1.338a	0.393a	1.898a	3.40
Mg1B2	QY10	0.462b	0.139b	0.611b	3.33
	95105	0.445b	0.138b	0.707b	3.23
Mg2B1	QY10	0.727b	0.300a	1.111a	2.43
	95105	0.859a	0.269a	1.335a	3.19

叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量反而分别降低 12.3%、33.5%、32.0% 和 13.4%、27.4%、12.4%, 这与上文已述在低镁条件下, 提高硼使镁含量和累积量下降是一致的。Mg2 水平下, 提高 B1 到 B2, QY10 与 95105 叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量分别升高 62.3%、27.3%、54.4% 和 55.8%、46.1%、42.2%。品种之间升降的幅度叶绿素 a 相似, 而叶绿素 b 差异较大。总的来看高效品种升降幅度大于低效品种。

### 3 讨论

镁和硼都是作物的必需营养元素, 镁主要是叶绿素的组分, 硼是细胞壁的组成成分, 两者均参与多种生理代谢。植物缺镁从下部叶开始失绿, 向上部发展。油菜苗期缺硼, 上部叶卷缩, 下部叶缘出现紫红色。在本试验条件下, 凡低镁(Mg1)、低硼(B1)处理, 叶片均出现缺硼、缺镁症状。在提高镁水平或硼水平后, 则无缺素症状出现, 表明本试验所设计的低镁、低硼水平达到了设计的预期目的。然而在低镁或低硼条件下, 相应提高硼水平或镁水平, 却引起另一元素的含量和累积量的下降, 低镁高硼还会引起叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量的下降。在植物营养研究中, 提高某一营养元素, 促进植物生长, 干物质积累增多, 而该元素的含量下降, 通常用“稀释效应”来解释, 而在本试验中, 是含量和累积量同时下降, 显然“稀释效应”无法解释, 只能理解为离子间的颞颞作用, 或两离子不平衡引起。在高镁、高硼时, 两离子表现显著的促进作用, 是否可以理解为在本试验的处理设计中, 促进作用占主导, 掩盖了两者的颞颞或不平衡, 或颞颞不存在, 这有待于进一步研究。

徐芳森等<sup>[8]</sup>研究发现, 在 Mg 正常水平下不同 B 水平对硼效率不同的甘蓝型油菜品种硼效率系数与叶绿素含量有极大的相关性; 钟勇玉等<sup>[9]</sup>在 Mg 正常水平下, 通过补 B 研究 B 对桑叶叶绿素的影响, 发现与补 B 区相比, 叶绿素 b 的减少最为显著, 平均减少 63%, 而叶绿素 a 的减少只有 2%。在本试验中, 设计两个 B、Mg 水平, 发现改变 B、Mg 水平时, 叶绿素均有相应的改变。在 B 浓度不变时, 提高 Mg 水平, 两品种叶绿素 b 的升降幅度相似, 而叶绿素 a 的差别较大; 在 Mg 浓度不变时, 提高 B 水平, 两品种叶绿素 a 的升降幅度相似, 而叶绿素 b 的差别较大。

众所周知, 在微量元素中, 铁、锰、锌三元素对叶

绿素含量有很大影响。缺锌叶片叶绿体基粒构造破坏、间质片层减少、消失,叶绿体液泡化,内膜系统破坏,妨碍叶绿素的形成。植物缺锰时,叶绿体结构受损,类囊体不能形成片层。缺铁会降低甘氨酸和琥珀酸辅酶A形成ALA( $\delta$ -氨基乙酰丙酸)的速率,而ALA是叶绿素合成的前体,铁也是由镁-原卟啉形成原脱植叶绿素所必需的。本试验B、Mg不同处理,对供试两品种吸收铁、锰、锌产生不同影响。在B浓度不变时,提高Mg水平,对锌、铁影响不大,对锰有较大影响,叶绿素a的差别较叶绿素b大。在Mg浓度不变时,提高B水平,对锌的含量影响不大,锰、铁含量有影响,尤其对铁含量影响较大,叶绿素b的差别较叶绿素a大。Mg对叶绿素的影响可能是通过影响镁-原卟啉形成,进而影响其含量和组分,也有可能是Mg影响铁、锰、锌三元素吸收,从而影响叶绿素含量及组分。但B对叶绿素的影响是直接的,还是通过影响铁、锰、锌,进而影响叶绿素的含量和组分,有待于进一步研究。

#### 参 考 文 献:

[1] 王火焰,王运华. 不同硼效率甘蓝型油菜品种悬浮细胞的硼钙

营养研究[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(1): 100-104.

- [2] 喻敏,王运华. 不同硼效率甘蓝型油菜品种对镁吸收分配的影响[J]. 土壤肥料,1999(6): 12-14.
- [3] 朱建华,耿明建,曹享云,等. 缺硼反应不同的棉花品种苗期对B、P、N、Ca、Mg的吸收和分配[J]. 华中农业大学学报,2001,20(2): 134-137.
- [4] Bowen J E. Micro-element nutrition of sugarcane. II. Interactions in microelement accumulation[J]. Trop. Agric.,1981,58(3): 215-220.
- [5] Dixon B, Sagar G R, Shorrocks V M. Effect of calcium and boron on the incidence of tree and storage pit in apples of the cultivar Egremont Russet[J]. J. Hort. Sci.,1973,40(4): 403-411.
- [6] 罗安程,周焱. “花而不实”油菜体内硼与氮、钾、镁和钙关系的研究[J]. 土壤肥料,1995(2): 39-41.
- [7] 杨玉华,王运华,杜昌文,等. 硼对不同硼效率甘蓝型油菜品种细胞壁组成的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(3): 340-343.
- [8] 钟勇玉,杜军宝,薛三勋,等. 土壤缺硼对桑叶光合作用和呼吸作用的影响[J]. 西北农业学报,1996,5(1): 58-62.
- [9] 徐芳森,王运华,李建春. 甘蓝型油菜不同硼效率品种对缺硼反应的研究[J]. 华中农业大学学报,1998,17(1): 55-60.
- [10] Bolanos L, Brewin N J, Bonilla I. Effects of boron on rhizobium-legume cell-surface interactions and nodule development[J]. Plant Physiol.,110: 1249-1256.