

油菜不同品种耐土壤缺硼力的研究

刘昌智¹ 王玉芹² 陈仲西¹ 金河成¹ 邓洪民³

(中国农业科学院油料作物所¹, 430062)

(中国农业科学院文献信息中心²)

(中国农业科学院原子能应用研究所³)

摘 要

通过油菜的土培、水培及三年定位产量试验,分析植株硼营养状况,并用¹⁰B测定硼在花器官内的微域分布,初步表明,在土壤缺硼条件下,不同油菜品种耐土壤缺硼力存在明显差异:白菜型品种滠水白耐土壤缺硼力强,植株可吸收和积累较多的硼素,尤其是雄蕊和雌蕊的硼含量(10.43和10.25 $\mu\text{g/g}$)和硼充足的雄蕊和雌蕊的硼含量(11.12和11.57 $\mu\text{g/g}$)相差很小。相反,甘蓝型油菜在土壤供硼条件下,才能吸收和积累更多的硼素,从而获得高产。甘蓝型油菜缺硼时雄蕊和雌蕊硼含量都低,这是花而不实的重要原因。

关键词 油菜品种, ¹⁰B, 硼营养, 耐土壤缺硼力

油菜是对硼很敏感的作物,硼肥效果非常显著。我国是油菜起源国之一,品种类型十分丰富,有甘蓝型油菜(*Bra. napus* L.),白菜型油菜(*Bra. campestris* L.)和芥菜型油菜(*Bra. juncea*)三种类型,而以甘蓝型油菜为主。近年又推广杂交油菜,低芥酸低硫甙优质油菜,还直接从国外引进了一些品种(系)。但是,占油菜总面积2/3以上的我国油菜产区都集中在长江流域各省,而这些地区大部分是缺硼和严重缺硼土壤^[1]。80年代以来,国内外对植物基因型矿质营养问题展开了广泛的研究,但极少有关不同基因型油菜的硼营养资料报道^[2,4-6]。因此,研究油菜不同品种耐土壤缺硼能力,对因土种植油菜、科学施肥及深入研究基因型硼素营养都有实践意义和理论意义。

一、试验方法

(一) 土培试验 供试土壤为湖北滠水县片麻岩发育的黄棕壤,严重缺硼,水溶性硼含量0.20 $\mu\text{g/g}$, pH6.2, 土壤有机质23.1g/kg, 全氮1.1g/kg, 碱解氮176 $\mu\text{g/g}$, 速效磷(P)11 $\mu\text{g/g}$, 速效钾(K)137 $\mu\text{g/g}$ 。供试油菜品种包括白菜型、芥菜型和甘蓝型共18个,其特性见表1。各品种设2个处理:缺硼(对照)和供硼(分别在苗期、苔期和花期喷施0.2%硼砂水溶液)。重复4次,每盆栽土7.5kg,施入N、P、K分别为2.1,0.7和1.4g;施S、Ca、Mg各0.15g;Fe、Zn、Mn、Cu、Mo各0.1g,上述各营养元素与土拌匀作底肥,尿素作追肥。

(二) 田间试验 在湖北孝感市丰山镇花岗岩发育的黄棕壤上进行。此土壤严重缺硼,水溶性硼含量0.19 $\mu\text{g/g}$, pH5.9, 土壤有机质20.2g/kg, 全氮1.2g/kg, 碱解氮168 $\mu\text{g/g}$, 速效磷

表 1 供试油菜品种主要特性

Table 1 The main characteristics of rape varieties rape tested

序号 No.	品种* Variety*	产地 Location	熟地 Maturation attribute	品质特征 Characteri- stics of quality	序号 No.	品种 Variety	产地 Location	熟性 Maturation attribute	品质特征 Characteristics of quality
1	浠水白	湖北	早熟	普通油菜	10	低芥 2 号	湖北	中熟	低芥酸 0.1%
2	81023	新疆	迟熟	普通油菜	11	4312	湖北	中熟	低芥酸 <1%, 低硫甙 <3%
3	甘油 4 号	湖北	早熟	普通油菜	12	84004	湖北	中熟	低芥酸 <1%, 低硫甙 <5%
4	甘油 5 号	湖北	中熟	普通油菜	13	H35	德国	迟熟	中芥酸 21.5%
5	821	湖北	中熟	普通油菜	14	P20	英国	迟熟	中芥酸 14.8%
6	秦油 2 号	陕西	中迟熟	杂交油菜	15	H47	前苏联	迟熟	低芥酸 7.8%
7	杂 03	湖北	迟熟	杂交油菜	16	沙瓦里	加拿大	迟熟	低芥酸 6.6%
8	绵油 26	四川	早中熟	高芥酸 56.4%	17	克雷索	法国	迟熟	低芥酸 2.2%
9	邛油 23	四川	早中熟	高芥酸 54.7%	18	韦斯欧	澳大利亚	迟熟	低芥酸 2.2%

* 浠水白为白菜型, 81023 为芥菜型, 其余品种均为甘蓝型。

(P) 11 $\mu\text{g/g}$, 速效钾 (K) 133 $\mu\text{g/g}$ 。采用浠水白(白菜型)、81023(芥菜型)和甘油 5 号(甘蓝型)连续 3 年田间定位试验, 品种性状同表 1。每个品种设 2 个处理: 不施硼肥(对照)和施硼砂 10.25 kg/ha 作底肥。小区面积 20 m^2 , 重复 3 次。

(三) 水培试验 供试品种为浠水白、甘油 4 号、821 和 84004, 其特性同表 1。各品种设缺硼(硼浓度为 0.005 mg/L) 和硼充足(硼浓度 0.25 mg/L) 2 个处理, 重复 3 次, 水培容器容量为 2L。水培液的大量元素为 Hoagland 配方, 微量元素为 Arron 配方。每周换一次去离子水营养液。

(四) 花粉粒的观察 用压片法取开花前一天的蕾制样, 在显微镜下观察花粉粒的发育状况, 统计异常率。

(五) ^{10}B 径迹蚀刻技术 取开花前一天的蕾分为花萼、花瓣、雄蕊和雌蕊四部分, 并取同期的蕾和刚开的整朵花, 在小型油压机下, 控制一定压力和时间 (130 kg/cm^2 , 3 分钟), 把样品压制平整, 用 50 μm 聚碳酸酯作成夹心饼状, 在反应堆上进行慢中子照射。经照射后, 聚碳酸酯探测器, 置 16 \times 40 倍显微镜下, 任取 30 个视野的径迹数。径迹数与含硼量成正比, 在相同条件下, 按下式计算待测样品含硼量:

$$A_x = \frac{B_x}{B_s} \times A_s$$

式中 A_x 和 B_x 分别为待测样品的含硼量 ($\mu\text{g/g}$) 和径迹数, A_s 和 B_s 分别为标准样品的含硼量 (mg/g) 和径迹数。

二、结果与讨论

(一) 不同油菜品种耐缺硼力的表现

表 2 表明, 在土壤严重缺硼条件下, 不同油菜品种的缺硼症状与耐缺硼力有很大的差异。以症状的轻重早迟和产量的影响来综合评价该品种的耐缺硼能力, 在 18 个参试品种中, 可分为五级: 一级耐缺硼力强, 全生育期症状不明显、缺硼时种子产量减少为 19.0%,

表 2 不同油菜品种的耐土壤缺硼性能(土培试验)

Table 2 Resistances of different rape varieties to B deficiency of soil

品种 Variety	耐缺硼力等级 Grade of resistance to B deficiency	缺硼减产(%) Yield decrement due to B deficiency	施硼增产(倍) Yield increment after B application (times)	主要缺硼症状 Symptoms of B deficiency
浣水白	1 级	19.0	0.23	无明显症状,仅株形小,干物重下降
甘油 4 号	2 级	37.8	0.61	叶片微红,外层花蕾略有萎蔫
椰油 23 号	3 级	43.8	0.78	红叶、茎裂,略有花而不实,熟期延迟 3—5 天
81023	3 级	49.5	0.98	干物重和分枝减少,无效角果显著增加
821	3 级	54.2	1.2	红叶、茎裂,花蕾发育不健全,花而不实
韦斯欧	3 级	55.3	1.2	苗期红叶、株形矮花,延迟开花 3—5 天
绵油 26	3 级	55.9	1.3	紫叶、茎裂、顶端枯萎,熟期延迟 7—9 天
甘油 5 号	3 级	56.1	1.7	红叶、株形矮化,花序萎缩、花而不实
低芥 2 号	4 级	63.6	1.9	基端矮化枯萎、花而不实、熟期延迟 5—8 天
84004	4 级	67.1	2.0	花期植株萎缩,苔期茎裂、花蕾枯萎、不结实
4312	4 级	67.9	2.1	红叶、植株萎缩,严重花而不实,熟期延迟 7—9 天
秦油 2 号	4 级	70.2	2.3	苗期植株矮小,严重花而不实,几乎无收
H47	5 级	80.0	4.0	苗期茎端枯萎,不能正常现蕾开花结实
沙瓦里	5 级	84.6	5.5	苗期茎端枯萎,不能正常现蕾开花结实
杂 03	5 级	86.0	6.1	苗、苔期茎端枯萎或死亡,花蕾不正常
克雷索	5 级	91.4	10.6	苗期茎端枯萎、或死苗,花蕾极不正常,不结实
P20	5 级	94.3	16.8	苗期茎端枯萎,或死苗,花蕾极不正常,不结实
H35	5 级	95.8	22.0	苗期茎端枯萎,或死苗,花蕾极不正常,不结实

此级仅白菜型浣水白一个品种;二级耐缺硼力较强,在开花结角期出现一定症状,缺硼时种子减产 37.8%,此级有甘蓝型早熟品种甘油 4 号;三级耐缺硼力弱,从现蕾开始出现明显症状,后期发生“花而不实”,缺硼时种子减产 43.8—56.1%,此级有甘蓝型普通油菜 821,高芥酸油菜椰油 23 等 6 个品种;四级耐缺硼力很弱,在苗后期出现茎端生长枯萎,花蕾发育不正常,严重“花而不实”,缺硼时种子减产 63.6—70.2%,此级有甘蓝型杂交油菜秦油 2 号,双低油菜 4312 和 84004 等 4 个品种;五级耐缺硼力极弱,早在苗期因缺硼生长停滞,越冬期出现枯萎死苗现象,后期开花结实极不正常,缺硼时种子减产 80.0—95.8%,此级有甘蓝型杂 03 和国外引进的迟熟低芥酸品种共 6 个。这些可作为在缺硼地区的油菜生产中向国内外引进品种和因土种植的参考。

(二) 硼肥对不同油菜品种的产量效应

在缺硼土壤上施用硼肥,对浣水白、甘油 5 号和 81023 三种类型的油菜产量都有极显著的差异,表明这三个品种的耐土壤缺硼力相差很大(表 3)。显然,硼肥增产效果以甘蓝型甘油 5 号最高,而白菜型浣水白的增产率最低(55.7%),然而,在不施硼肥即土壤缺硼条件下,三年都以浣水白产量最高,平均 540.0kg/ha,表明它比另 2 个品种耐土壤缺硼力较强。

(三) 不同油菜品种对硼素吸收的差异

在耐缺硼力土培鉴定和田间产量试验的基础上,进一步测定植株硼素状况,证实在土壤缺硼和供硼条件下,不同类型油菜在主要生育期的植株含硼浓度和硼素吸收量都有明

表 3 硼肥对不同油菜品种的产量效应 (三年定位试验)

Table 3 Yield responses of rape varieties to B application

品种 Variety	处理 Treatment	菜籽产量 Seed yield (kg/ha)			平均产量 Mean yield (kg/ha)	增产 Yield increase (kg/ha)(%)	
		第一年 1st year	第二年 2nd year	第三年 3rd year			
浣水白	对照	486.0Cc	603.0Cc	531.0Cc	540.0	—	—
	硼肥	847.5Bb	883.5Bb	792.0Bb	841.0	301.0	55.7
81023	对照	220.5Dd	228.0Ee	78.0Ee	175.5	—	—
	硼肥	405.0Cc	408.0Dd	210.0Dd	341.0	185.5	105.7
甘油 5 号	对照	148.5Dd	183.0Ee	157.5Dde	163.0	—	—
	硼肥	1080.0Aa	1147.5Aa	1144.5Aa	1124.0	961.0	589.5
5%	L.S.D.	183.1	111.3	126.2			
1%	L.S.D.	200.6	158.3	162.7			

显的差异。如图 1 表明,在土壤缺硼条件下,油菜各生育期植株硼浓度都以浣水白略高于甘油 5 号,而以成熟期差别最大,硼浓度浣水白为 13.1mg/kg,而甘油 5 号为 8.9mg/kg,相差 4.2mg/kg。

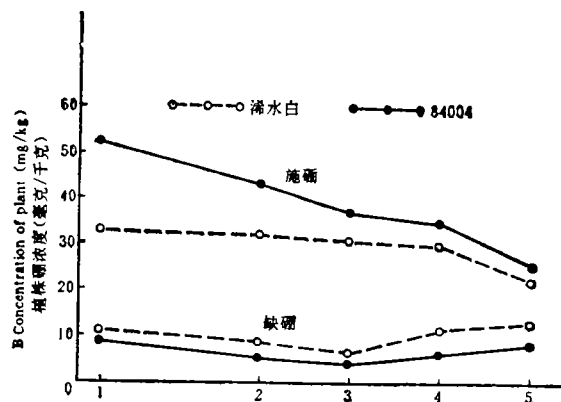
可以认为,浣水白在缺硼时,可以保持植株体内较高的硼浓度;在土壤缺硼条件下,甘油 5 号的硼浓度明显高于浣水白,尤其是在生长苗期,两品种硼浓度分别为 54.1 和 33.5mg/kg,表明甘蓝型油菜对土壤硼素需求高的特点。

浣水白和甘油 5 号植株体内的硼素积累量也是有明显差异的。从图 2 看出,缺硼时各生育期的硼素吸收量以浣水白高于甘油 5 号,例如在成熟期两品种分别为 342 和 206 μ g/株,表明浣水白可以在缺硼土壤上积累更多的硼素;甘油 5 号在土壤施硼条件下,才能满足其生

长所需从而积累更多的硼素。尤其是角果发育阶段的吸硼量,甘油 5 号和浣水白分别为 1247 和 877 μ g/株。表明甘油 5 号的需硼量较大,而浣水白需硼量较小,从而硼肥增产效果也是前者大于后者。

(四) 硼对不同油菜品种花粉粒发育的影响

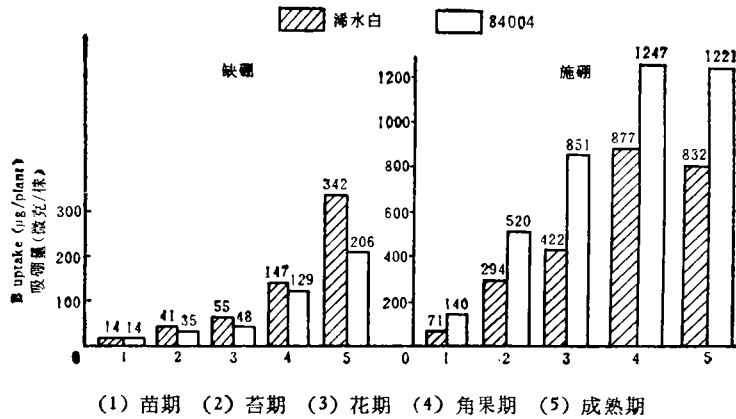
用压片法在显微镜下观察花粉粒的形态与数目,缺硼的花粉粒干瘪、畸形、破碎、内含物外溢,而施硼的花粉粒饱满呈圆形。缺硼时,双低油菜 84004 花粉粒异常率最高(占 45.8%);其次为普通油菜 821 和甘油 4 号;而白菜型浣水白花粉粒异常率最低(占 24.4%);大部分花粉粒都发育正常(占 75.6%)。在供硼条件下,花粉粒正常率都在 91.1% 以上,品种间差异不显著(表 4)。在缺硼条件下,硼对花粉粒发育影响因不同品种而有明



(1) 苗 (2) 苔期 (3) 花期 (4) 角果期 (5) 成熟期

图 1 施硼对不同油菜品种硼素浓度的影响

Fig. 1 Effect of B application on B contents of rape varieties



(1) 苗期 (2) 苔期 (3) 花期 (4) 角果期 (5) 成熟期

图2 施硼对不同油菜品种硼素吸收量的影响

Fig. 2 Effect of B application on B uptake of rape varieties

表4 硼对油菜花粉粒的影响 (5个视野平均值±标准差)

Table 4 Effect of B on pollen grains of rape (mean±S \bar{x})

品种 Variety	处理 Treatment	花粉粒数(个) No. of pollen grains	正常率 Normal rate (%)	异常率 Abnormal rate (%)
滂水白	缺硼	48±0.8	75.6±1.7	24.4±1.7
	供硼	49±0.8	96.3±0.7	3.7±0.7
甘油4号	缺硼	46±0.8	62.7±1.5	37.3±1.5
	供硼	49±0.8	91.1±1.0	8.9±1.0
821	缺硼	47±0.9	59.1±1.0	40.9±1.0
	供硼	51±0.4	91.8±0.7	8.2±0.7
84004	缺硼	48±1.0	54.2±1.1	45.8±1.1
	供硼	49±0.6	92.7±1.0	7.3±1.0

显的差异,表明不同油菜品种耐土壤缺硼力的差异也是很大的。花粉粒的形成过程主要是在油菜个体发育的蕾苔期。因此,应结合不同品种硼素需求的差异,才能达到科学施硼的目的。

(五) 不同油菜品种花器官内硼的微域分布差异

应用¹⁰B径迹蚀刻技术测定结果(表5)表明,硼在花器官内的微域分布存在显著差异。

1. 硼在花萼中的分布 四个油菜品种供硼充足时花萼含硼量都显著高于缺硼处理的含硼量;滂水白花萼含硼量极显著高于其他三个品种,表明滂水白在缺硼条件下硼分布仍很多;缺硼条件下,甘油4号花萼硼分布极显著高于821,又高于84004,84004花萼硼含量最少。

2. 硼在花瓣中的分布 供硼充足时花瓣含硼量都极显著高于缺硼时含量;缺硼条件下,滂水白花瓣含硼量极显著高于另3个甘蓝型品种,而甘油4号极显著高于821和84004,821和84004之间差异不显著。

3. 硼在雄蕊中的分布 供硼充足时雄蕊含硼量都极显著高于缺硼处理;滂水白缺

表 5 ^{10}B 测定不同油菜品种花器官的硼含量 ($\mu\text{g/g}$) (水培试验)
Table 5 B contents of flower organs of determined by using ^{10}B (g/g)
(water culture)

品 种 Variety	处 理 Treatment	蕾 Bud	花 Flower	花 萼 Calyx	花 瓣 Petal	雄 蕊 Stamen	雌 蕊 Pistil
浣水白	缺硼	10.15Cc	10.01De	5.80Bb	5.86Dd	10.43Bb	10.25Bb
浣水白	供硼	12.32Aa	13.20Aa	7.76Aa	9.89Cc	11.12Aa	11.57Aa
甘油 4 号	缺硼	4.99Dd	4.13Ff	4.31De	5.27Ee	5.60Ee	5.74Dd
甘油 4 号	供硼	10.96Bb	10.42Dd	5.08Cc	10.84Bb	7.81Dd	8.86Cc
821	缺硼	4.66Dd	3.86De	3.49Ff	3.40Ff	4.40Ff	4.66Ee
821	供硼	12.15Aa	11.16Cc	4.37Dde	13.19Aa	9.25Cc	9.00Bb
84004	缺硼	3.69Ee	3.21Ff	3.10Eg	3.33Ff	3.29Gg	3.23Ff
84004	供硼	11.89Aa	11.99Bb	4.71CDd	5.96Dd	11.22Aa	11.26Aa
5%	L.S.D.	0.47	0.37	0.36	0.37	0.45	0.62
1%	L.S.D.	0.62	0.49	0.48	0.49	0.59	0.82

硼时含硼量 ($10.43\mu\text{g/g}$) 极显著高于甘油 4 号、821 和 84004 3 个品种。表明浣水白在缺硼时仍能积累较多的硼分布在雄蕊内,从而缺硼症状不明显。这个结果说明,油菜缺硼发生花而不实机理的一个重要原因在于缺硼时油菜雄蕊发育不良,不能提供正常饱满的花粉粒授粉结实。

4. 硼在雌蕊中的分布 供硼充足时雌蕊含硼量极显著高于缺硼时的硼含量;浣水白缺硼时雌蕊含硼量仍很高 ($10.25\mu\text{g/g}$),缺硼症状也不明显;缺硼条件下,甘油 4 号雌蕊极显著高于 821,又高于 84004。此结果同样表明,油菜缺硼发生花而不实机理的另一个重要原因是缺硼时雌蕊发育不完善,不能正常接收花粉受精结实。

5. 硼在蕾中分布 硼充足时,含硼量极显著高于缺硼处理,蕾的发育正常;缺硼时甘油 4 号蕾含硼量高于 821 和 84004,但与 821 差异不显著。

6. 硼在整朵花中的分布 硼充足时花的发育正常、含硼量显著高于缺硼处理;缺硼时浣水白花的含硼量极显著高于其他三个品种,无明显缺硼症状,仍能正常开花;缺硼时甘油 4 号花的含硼量大于 821,但不显著。二者都显著高于 84004。

总的说来,不同品种的蕾、花及其花萼、花瓣、雌蕊、雄蕊供硼充足时的硼含量都极显著高于缺硼处理,供硼的效果明显。但是,在缺硼条件下,品种之间有显著或极显著的差异。由高到低依次为浣水白 > 甘油 4 号 > 821 > 84004,尤其是雄蕊和雌蕊最为明显。

参 考 文 献

1. 刘铮、朱其清等, 1980: 我国缺硼土壤的类型与分布。土壤学报,第 17 卷 3 期, 228—238 页。
2. 袁光咏、刘昌智, 1990: 中油低芥 2 号和中油 821 硼素营养的特点。中国油料,第 1 期, 51—55 页。
3. 邓洪民、肖家祝等, 1986: 用固体径迹蚀刻法测定植物和土壤中硼的含量,《微量元素肥料研究与应用》。湖北科学技术出版社, 314—323 页。
4. Saric. M. R. et al. (Eds.), 1983: Genetic aspects of plant nutrition. Developments in plant and soil science. Martinus Nijhoff publication, the Netherland.
5. Gebelman. W. H. et al. (Eds.), 1987: Genetic aspects of mineral nutrition. Developments in plant and soil science. Martinus Nijhoff publication. the Netherland.
6. EL Bassam. N. et al. (Eds.), 1990: Genetic aspects of mineral nutrition. Developments in plant and soil science. Martinus Nijhoff publication, the Netherland.

RESISTANCES OF DIFFERENT RAPE VARIETIES TO B DEFICIENCY OF SOIL

Liu Changzhi¹, Wang Yuqin², Chen Zhongxi¹, Jin Hecheng¹ and Deng Hongmin³

(*Institute of Oil Crops Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences¹, 430062*)

(*Centre of Literature and Information, Chinese Academy of Agricultural Sciences²*)

(*Institute of Atomic Energy Applied, Chinese Academy of Agricultural Sciences³*)

Summary

Pot experiment and water culture were used to compare the characters of rape varieties. A three-year fix-location field experiment of B fertilizer application was conducted to study the quantity of absorption and accumulation of B during different growing stages of rape. Microscopy was used to detect formation of pollen grain, and ¹⁰B α -solid technique was used to determine the contents and distribution of B in the flower organs of rape. The results showed that responses of rape varieties to B nutrition varied greatly.

1. In the condition of severe B deficiency in soil (content of hot-water-soluble B was 0.2 $\mu\text{g/g}$), 18 varieties of rape could be divided into five grades according to their responses to the stress of B in soils. Among them, Xishuibai had the strong ability to resist B deficiency, being included in the first grade. Ganyou 4 had a good response when B was deficient, belonging to the second grade. 6 rape varieties such as 821 had bad resistances to B deficiency, being the third grade. The fourth grade meant worse and the fifth meant the worst responses to the stress of B. 10 rape varieties such as Ganyou 2 and double-low 84004 were divided into the two grades.

2. The yield of Xishuibai was higher than that of Ganyou 5 without B-fertilizer application. The result was contrary in case of B application.

3. When there was no application of B fertilizer, the content and accumulation of B within the body of xishuibai were slightly higher than those Ganyou 5 during their growing stages. For example, the content and accumulation of B in Xishuibai and Ganyou 5 were 13.1mg/kg, 342 μg /per plant and 8.9mg/kg, 206 μg /per plant, respectively, at the mature stage.

4. The boron contents of bud, flower, pistil and stamen of rape were very different among varieties. For example, the B contents of pistil and stamen of Xishuibai were 10.43 and 10.25mg/kg, respectively, without B application, and 11.12 and 11.57 mg/kg, respectively, with B application. The differences between them were very small. In practice, Xishuibai was hardly deficient in B. On the contrary, the B contents of stamen and pistil of 84004 were 3.29 and 3.23 mg/kg without B application and 11.22 and 11.26mg/kg with B application, so, 84004 was often found to be severe B deficient in the practice.

Key words Variety of rape, ¹⁰B, B nutrition, Ability to B anti-deficiency in soil