

红壤施用石灰和硼对油菜的增产 效应及钙硼平衡*

徐俊祥 唐永良 徐永福
(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

RESPONSE OF RAPE YIELD TO LIME AND BORON APPLICATION AND CALCIUM-BORON BALANCE IN RED SOILS

Xu Junxiang, Tang Yongliang and Xu Yongfu
(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008)

关键词 硼, 石灰, 油菜, 钙硼比

我国南方红壤为严重的缺硼土壤, 有 99% 的红壤样品水溶性硼含量低于 $0.5\mu\text{g/g}$ 的临界含量^[1]。施用石灰是酸性土壤上的重要技术措施, 施用石灰提高了土壤 pH, 同时增加了土壤中钙含量, 过量的施用石灰会降低硼的有效性。Fox(1968)^[2] 发现硼的吸收机制受着高浓度 Ca^{2+} 和 OH^- 的影响, Jones^[4] 认为植物应保持合理的钙硼比值, 以求平衡。本文讨论在红壤上不同氮肥水平下施用石灰和硼对油菜籽产量的影响和体内钙硼平衡的状况, 探索合理的钙硼比值, 以期达到提高产量的目的。

一、试验设计和方法

供试土壤及其性质列于表 1, 试验田 I 于 1988 年开垦, 种过萝卜菜和油菜, 试验于 1990--1991 年进行, 供试作物为甘兰型油菜(品种 79601), 处理设二个氮水平 N_1 、 N_2 , 分别每亩施 7kg、14kg 纯氮, 其中 1/3 氮量作追肥, 二个硼水平 B_0 、 B_1 , 分别不施和施 0.75kg/亩硼砂, 二个石灰水平 L_0 、 L_1 , 分别不施和施 75kg/亩已风化的石灰, 石灰于播种前一星期撒施并耙匀, 基肥施氮肥用量的 2/3 以外, 还施磷 (P_2O_5), 钾 (K_2O) 各 4kg/亩, 硫酸镁 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 12.5kg/亩。硼与基肥均条施于播种沟边。小

表 1 供试土壤性质

试验田号	熟化度	母质	有机质含量 (10g/kg)	有效硼含量 ($\mu\text{g/g}$)	pH ¹⁾	
					未施石灰	施石灰
I	低	第四纪红色粘土	0.78	0.09	4.6	5.2
II	高	同上	1.19	0.12	4.9	5.4
III	高	第三纪红砂岩	0.68	0.17	5.0	5.5

1) 油菜收获后的土壤 pH 值。

* 本工作在刘铮研究员指导下进行。

区面积 0.05 亩, 四次重复, 裂区排列。为证实不同熟化度和不同母质的红壤上施用硼和石灰的增产效应, 另外又进行二块辅助田间试验, 为试验 II、III。处理设对照 (CK), 施硼 (B)、施石灰 (L), 硼和石灰同时施用 (LB) 四个处理, 硼、石灰和其他肥料施用量同试验 I。

叶片分析样于播种后 60 天采集。采集油菜植株顶叶下 3—5 片的叶片, 经去离子水冲洗, 60℃ 下烘干, 粉碎, 干灰化法灰化。分别用姜黄素比色法和 EDTA 容量法测定硼、钙含量^[2]。

二、结果与讨论

(一) 在不同氮水平下硼和石灰配合使用的增产效应及其互作效应

表 2 石灰、氮与硼肥配施对油菜产量的效应 (试验田 I)

处 理	产量 (kg/亩)	显著性水准	
		5%	1%
B ₀ L ₀ N ₀	12.2	f	DE
B ₀ L ₀ N ₁	45.8	d	C
B ₀ L ₀ N ₂	5.4	g	E
B ₀ L ₁ N ₀	54.0	c	BC
B ₀ L ₁ N ₁	19.8	e	D
B ₀ L ₁ N ₂	67.6	b	B
B ₁ L ₁ N ₀	15.4	cf	D
B ₁ L ₁ N ₂	89.8	a	A

表 2 所示, 未施硼的处理产量均很低, 每亩油菜籽产量在 5.4—19.8kg 之间, 田间观察, 未施硼处理的油菜植株出现生长点死亡及花而不实现象, 显然硼的供应严重不足。在不施硼时, 施用石灰和增施氮肥对其产量的影响也有所不同, 油菜籽产量增施氮的处理 B₀ L₀ N₂ 较 B₀ L₀ N₁、B₀ L₁ N₂ 较 B₀ L₁ N₁ 均下降, 反应了氮素的负效应。增施石灰处理 B₀ L₁ N₁ 较 B₀ L₀ N₁、B₀ L₁ N₂ 较 B₀ L₀ N₂ 产量均增加, 每亩分别增加 7.6 和 10kg, 并达显著水准, 说明了未施硼时, 施用石灰对油菜籽产量有正效应。施用硼肥后, 均使油菜籽产量提高, 每亩增加 46—90kg, 增产 2.4—9 倍, 同时从表 2 施用硼肥后 N₂ 与 N₁ 比较均显著的显示了增施氮肥的正效应、L₁ 与 L₀ 比较均极显著的显示了增施石灰的正效应, 说明硼肥与氮和石灰有显著的互作增产效应, 绝对产量也显示了高氮水平下施用硼和石灰处理 (B₁ L₁ N₂) 最高, 为 89.8 kg/亩。

为了证实石灰、硼和氮对油菜籽产量的效应和它们之间的互作效应, 进行了三因素方差分析, 它们的 F 值列于表 3。由 F 值证实, 硼和石灰在油菜上有极显著的增产效应, 硼和钙、硼和氮也有极显著的互作增产效应, 其显著性检验的 F 值 B > L > N × B > L × B, 表明了硼是影响油菜籽产量的主要因素, 其次是石灰。表 3 同时表明, N、N × L、L × N × B 增产效应不显著, 因此本试验高氮水平下施用硼肥和石灰, 产量最高的原因是: 硼及石灰的效应和石灰与硼、氮与硼互作效应的结果, 三元素间无互作效应。在第四纪红色粘土发育的熟化度低的红壤上种花生, 硼和石灰也有显著互作增产效应^[3]。

在开垦时间长, 熟化度高的红壤上, 硼和石灰的增产效应有所不同, 试验 II 为母质与试验 I 相同的红壤旱地, 有机质、有效硼、pH 值略高于试验 I, 各处理的产量见表 4, 施用石灰后油菜籽产量增产 6%, 且不显著, 单施硼与石灰和硼同时施用的产量很接近, 每亩

表 3 石灰、氮、硼三因素对油菜籽产量效应方差分析的 F 值

因素	L	N	B	L×N	L×B	N×B	L×N×B
F 值	38.5**	2.5	28.4**	1.8	10.9**	11.8**	<1

增加油菜籽 15kg 左右, 分别增产 10% 和 11%, 未见硼和石灰有互作增产效应。每亩施用 75kg 石灰后土壤 pH 增至 5.4, 也不可能形成钙、硼拮抗而产量下降, 因此, 该类土壤是否需要施用石灰应视种植作物的种类而异, 但仍需施用硼肥。像种植喜钙作物的花生, 石灰和硼仍有显著的互作增产效应^[3]。试验田 III 为熟化度高的第三纪红砂岩发育的红壤

表 4 石灰与硼肥配施对油菜产量的效应(试验田 II、III)

试验田号	处理	产量(kg/亩)		增 产	
				kg/亩	%
II	CK	142	b		
	B	156	a	14	10
	L	151	ab	9	6
	BL	157	a	15	11
III	CK	73	c		
	B	139	ab	66	90
	L	126	b	53	73
	BL	160	a	87	119

旱地, pH 和有效硼含量稍高于试验田 I、II, 但有机质含量最低, 质地砂性, 田间试验的产量结果(表 4)表明, 石灰或硼对油菜均有显著的增产效应, 每亩分别增加油菜籽 53 和 66kg, 增产 73% 和 90%, 硼和石灰同时施用, 增产幅度更大, 每亩净增 87kg, 增产 1.19 倍, 较单施石灰的增产 63%、单施硼的增产 15%, 后者差异不显著, 石灰和硼的互作效应不显著。然而与粘性土壤的试验田 II 比较, 硼和石灰均对油菜有显著的增产作用。

综上所述, 在熟化度低的红壤旱地上, 由于 pH 低, 硼的供应不足, 硼和适量石灰同时施用不但各自有增加油菜籽产量的效应, 同时有极显著的互作增产效应, 作为需氮量高的油菜在缺硼土壤上增施氮肥反而减产, 只有施硼才能提高氮素的增产效应, 因此硼、石灰、氮素等元素合理的配合施用可获得较好的经济效益。在熟化度高的沙质红壤上也可不同程度的获得该效益。

(二) 油菜叶片中硼钙含量的变化及硼钙平衡

试验田 I 的油菜叶片中硼、钙含量变化列于表 5。对未施硼的油菜叶片中硼含量为 2.6—4.9 $\mu\text{g/g}$, 平均 4.5 $\mu\text{g/g}$, 一般认为, 油菜叶片的正常含硼量在 20 $\mu\text{g/g}$ 左右, 低于 10 $\mu\text{g/g}$ 为缺硼油菜, 显然该土壤严重缺硼。施硼后, 叶片硼含量为 24.8—40.5 $\mu\text{g/g}$, 平均 29.9 $\mu\text{g/g}$, 为未施硼的 6 倍多。由于施氮量的增加, 植株个体增大而产生的稀释效应, 而使叶片中的硼含量降低, 在表 5 中有所显示。施用石灰后油菜叶片中钙的平均含量由 0.58% 增加到 0.64%, 但不显著, 而叶片中硼的含量(除 $B_0 L_1 N_2$ 外)有降低的趋势, 同样施硼后叶片中钙含量平均由 0.63% 下降至 0.58%, 说明二者间存在着拮抗的关系, 但未影响产量。在本试验中, 每亩施用 75kg 石灰, 土壤 pH 仅上升到 5.2, 若过量施用石灰,

表 5 油菜叶片中硼、钙含量(试验 I)

处 理	B ($\mu\text{g/g}$)	Ca (10mg/g)	Ca/B ¹⁾
B ₀ L ₀ N ₁	4.9 d	0.55 b	227 b
B ₁ L ₀ N ₁	40.5 a	0.54 b	25 c
B ₀ L ₀ N ₂	2.6 d	0.63 ab	506 a
B ₁ L ₀ N ₂	27.3 b	0.58 ab	36 c
B ₀ L ₁ N ₁	4.2 d	0.64 ab	291 b
B ₁ L ₁ N ₁	27.1 b	0.59 ab	40 c
B ₀ L ₁ N ₂	6.2 d	0.69 a	217 b
B ₁ L ₁ N ₂	24.8 bc	0.62 ab	45 c

1) 为 Ca 和 B 的当量之比,下同。

使 pH 上升到一定值时(例如 pH 6.5),叶片中的含硼量会更低,硼、钙拮抗的现象就会突出。Jones 等^[4]发现,理想的钙硼比值(当量之比)烟草为 1200,大豆为 500,甜菜为 100,而油菜的理想比值未曾报道。该试验中,在未施硼肥的油菜叶片中钙硼比值平均为 315,施硼后由于硼含量的增加和钙含量的降低,钙硼比值降至 25—45 间,平均 46,只有前者的 1/7。试验田 II、III 施硼后的油菜叶片硼含量(表 6)较试验 I 低,而含钙量较高,故钙、硼比值较大,在 76—153 之间,这反映了熟化度不同的红壤施硼后油菜叶片钙、硼比值的差异,作物体内硼钙含量还受很多因素的影响,例如土壤理化性质、与其他元素间的相互作用等,由三个试验的油菜叶片分析结果显示,凡是施硼的处理,除个别外,钙硼比值在

表 6 油菜叶片中硼、钙含量(试验 II、III)

试验田号	处 理	B ($\mu\text{g/g}$)	Ca (10mg/g)	Ca/B
II	CK	6.6	1.28	349
	L	7.0	1.27	327
	B	15.4	1.31	153
III	CK	1.1	0.53	867
	L	2.1	0.78	669
	B	17.9	0.76	76
	BL	13.7	0.71	93

100 左右,故油菜合理的钙硼比值是否与甜菜相似,还有待进一步的研究。

参 考 文 献

1. 李庆远,1983: 中国红壤。173—178 页,科学出版社。
2. 中国土壤学会农业化学专业委员会,1983: 土壤农业化学常规分析方法。279—297 页,科学出版社。
3. 石华,1992: 红壤生态系统研究。137—140 页,科学出版社。
4. John J. Mortvedt et al. (中国农业科学院土壤肥料研究所译),1984: 农业中的微量元素。204 页,农业出版社。
5. Fox, R. H., 1968: The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentrations of boron by cotton and alfalfa. Soil Sci., 106:435—439.