

# 磷肥配施石灰石粉对红壤上大豆生长和养分吸收的影响\*

傅庆林 孟赐福

(浙江省农科院土肥所)

## 摘 要

通过红壤上石灰石粉与磷肥配施对盆栽大豆生长和养分吸收影响的研究表明,施石灰石粉、钙镁磷肥均能提高土壤 pH,显著增加大豆的产量,提高其养分的转运率;施石灰石粉能提高植株含钙量,却抑制了对钾的吸收,施磷肥提高植株含磷量,但降低植株含钙量。

**关键词** 红壤;大豆;干物质;养分转运率;土壤酸度

在新垦红壤上种植大豆,往往营养生长不良,据调查施用石灰对新垦红壤上种大豆,前期营养生长良好,后期往往不能结荚,导致产量极低。但是,孟赐福等<sup>[1]</sup>试验表明施用石灰石粉能够提高红壤上大豆产量。为了明确石灰石粉对红壤上大豆生长和产量的影响,进一步探明大豆对养分吸收的特点,我们进行了本试验,以期能为提高红壤上大豆产量提供理论依据。

## 材 料 和 方 法

盆栽试验用的土壤采自浙江兰溪上华的荒地黄筋泥。土壤有机质 0.47%, pH4.83, CEC5.27 毫克当量/100 克土,水解氮 15.4ppm,有效磷 3.1ppm,交换性钾 0.05 毫克当量/100 克土,交换性铝 2.97 毫克当量/100 克土,交换性钙 1.75 毫克当量/100 克土,质地为粘壤土。试验为磷肥和石灰的双因子试验,石灰处理设每公斤土施 0g(L<sub>0</sub>)、1.33g(L<sub>1</sub>)、2.

\* 农业部资助课题(07-03) \* \* 参加本试验工作的还有浙江农业大学骆永明、卢邦·古拉。

本文于 1991 年 5 月 13 日收到。 This paper was received on May 13, 1991.

66g(L<sub>2</sub>)及 5.33g(L<sub>3</sub>),石灰石粉 4 个水平,磷肥处理设每公斤土施钙磷肥 0g(P<sub>0</sub>)、1.33g(P<sub>1</sub>)和 2.66g(P<sub>2</sub>)3 个水平,共计 12 个处理。重复 3 次,随机区组设计。每盆装土 7.5kg,分别施尿素和氯化钾 0.66 和 0.33g。所施的磷肥和石灰石粉先与经风干和过筛的 7.5kg 土壤混合,然后将溶解有尿素和氯化钾的 500ml 溶液倒入土壤再混合均匀,最后装入 20×25cm 的盆钵中。1990 年 5 月 15 日播种大豆白千鸣,定苗每盆 3 株,8 月 15 日收获。

大豆成熟期调查测定每盆根瘤数,根瘤干重,株高、干物质重和产量、荚数、粒数,并取植株样品;用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Se-CuSO<sub>4</sub> 消化大豆植株样品,并分别用扩散吸收法、钒钼酸铵比色法和火焰光度计法测定植株氮、磷和钾,用 1N HNO<sub>3</sub> 消化植株样品,用原子吸收法测定钙。用张宏等<sup>[2]</sup>全氮差异法估测大豆根瘤菌共生固氮量。用玻璃电极测定土:液比 1:5 的土壤 pH;KCl 淋洗提取中和滴定法测定土壤交换性铝;交换性钙用 NH<sub>4</sub>AC 浸提原子吸收法测定;土壤有效磷用 Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-NaOH 提取比色测定。

结果与分析

(一)施用石灰石粉和钙镁磷肥对土壤酸度和有效磷的影响

不管施用钙镁磷肥与否,土壤 pH 和交换性钙均随石灰石粉用量增大而增加。而交换性铝和铝饱和度则随石灰石粉用量增大而降低(表 1),要使土壤 pH 升高到 5.5 以上,交换性铝降低至 0.5 毫克当量/100 克土以下(大多数作物不产生铝毒害的浓度),不施钙镁

表 1 石灰石粉配施磷对盆栽土壤化学性质的影响

Table 1 Effects of powdered limestone application with phosphate on soil chemical properties in pot experiment

处 理 Treatment	pH	交 换 性 铝 Exch. Al	交 换 性 钙 Exch. Ca	有 效 磷 Available-P	铝 饱 和 度 Al degree of saturation
		meq/100g soil			%
L <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	4.9	3.3	2.1	7.8	57.7
L <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	5.3	1.2	3.6	7.2	23.2
L <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	5.8	0.1	5.1	6.3	1.8
L <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	7.9	0.0	7.4	4.7	0.0
L <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	5.0	2.4	2.6	13.8	40.9
L <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	5.4	1.0	3.9	15.9	17.4
L <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	6.6	0.1	6.0	17.2	0.7
L <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	8.0	0.0	8.1	11.6	0.0
L <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	5.1	2.1	2.8	36.8	34.5
L <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	5.7	0.4	4.1	36.3	7.5
L <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	6.9	0.0	7.1	37.5	0.0
L <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	8.3	0.0	11.2	33.7	0.0

磷肥时,每公斤土需施用 2.66g 以上的石灰石粉(相当于每公顷约 6000kg 石灰石粉),施

用中等用量钙镁磷肥时,每公斤土需施用 2.0g 以上的石灰石粉(相当于每公顷约 4500kg 石灰石粉),施用高用量磷肥时,每公斤土则需施用 1.33g 以上的石灰石粉。这说明钙镁磷肥也有中和酸度的作用,因为钙镁磷肥中含有较高数量的钙。

不施磷肥时,土壤有效磷随着石灰石粉用量增大而降低,而且这种降低在土壤 pH 达到 7.85 时更为明显;在施用中等用量磷肥时,土壤 pH7.0 以下,有效磷随着石灰石粉用量增大而增加,但土壤 pH7.95 时,有效磷又降低;在施用高用量磷肥时,土壤 pH7.0 以下,石灰石粉用量对有效磷影响不大,但土壤 pH 达到 8.25 时,有效磷也减少。上述结果说明,石灰石粉用量对土壤有效磷浓度的影响与磷肥施用量有关。土壤 pH 在 6.0~6.5 范围,由于铁、铝水化氧化物的减少,磷的固定减少,因此有效磷含量增加。而土壤 pH7.5 以上时,碳酸钙与磷形成难溶性的磷酸钙,致使有效磷含量降低。

(二)磷肥和石灰石粉对大豆生长的影响

1. 产量

施磷可增加籽粒的产量。石灰石粉配施磷肥表现出现明显的正效应(表 2)。施磷肥的 8 个处理与不施磷肥的 4 个处理产量有显著差异。进一步分析可知,施磷增产主要是施磷增加每盆荚数和粒数的结果(数据未列出)。单施石灰石粉的  $L_3P_0$  处理比不施石灰石粉和

表 2 石灰石粉配施磷对大豆生长和产量的影响

Table 2 Effects of limestone application with phosphate on growth and yield of soybean

处 理 Treatment	籽 粒 产 量 Grain yield	干 物 质 D. M. Y.	株 高 Plant height	每 盆 根 瘤 数 Per pot nodules	固 氮 率* Rate of N fixation %
	g/pot		cm		
$L_0P_0$	2.8**	7.6b	31.4d	0.0c	0
$L_1P_0$	10.8a	23.2a	44.8bc	5.7bc	67.7
$L_2P_0$	11.0a	24.4a	51.2ab	5.7bc	67.7
$L_3P_0$	4.1bc	9.1b	32.3d	3.3bc	20.1
$L_0P_1$	10.9a	23.4a	50.5ab	9.3b	71.7
$L_1P_1$	10.6a	25.4a	55.5a	10.0b	73.1
$L_2P_1$	4.1bc	9.6b	32.4d	8.3bc	27.7
$L_3P_1$	11.9a	25.4a	49.8ab	17.0ab	74.3
$L_0P_2$	10.8a	23.0a	50.5ab	19.0a	71.9
$L_1P_2$	4.5b	11.3b	39.3c	9.3b	32.5
$L_2P_2$	10.8a	23.6a	47.8b	19.0a	74.8
$L_3P_2$	10.9a	27.8a	50.3ab	24.0a	72.3

\* 固氮率=共生固氮/植株全氮

Rate of N-fixation=the amount of symbiotic N-fixation/total N of plant

\*\* 同一列平均数后注有相同英文字母表示未达 5%显著差异

Means in a column followed by the same letter are not significantly different the 5% level

磷肥的  $L_0P_0$  处理显著增产。磷肥和石灰石粉不同用量的产量,存在着明显的规律性:(1)

不施磷( $P_0$ )的情况下,大豆籽粒产量随施石灰石粉量增加而提高,但后三级用量的产量差异未达显著水平;(2)不施石灰石粉( $L_0$ )和施石灰石粉  $L_3$  处理,大豆籽粒产量随施磷量增加而提高;(3)石灰石粉  $L_1$ 、 $L_2$  处理时,大豆籽粒产量均为施磷量  $P_1$  最高, $P_2$  次之, $P_0$  最低。

2. 株高和干物质积累

石灰石粉和磷肥配施对大豆的株高增加和干物质积累也有促进作用(表 2)。不管施用石灰石粉与否,施磷均能显著增加干物质的积累,但两个施磷处理间的差异未达 5% 显著水平。在不施磷时,随石灰石粉施用量增加均可使大豆的株高、干物质积累增加。但在施磷条件下,增加石灰石粉用量未能使株高和干物质积累增加,说明钙镁磷肥中所含的钙足以消除铝毒对大豆生长的不良影响。同样在不施石灰石粉时,随磷肥施用量增加大豆的株高、干物质积累也有增加。株高最高者为  $L_1P_2$  处理的大豆,而干物质最重的处理为  $L_3P_2$  的大豆。

3. 根瘤数和共生固氮

表 2 还表明,单施石灰石粉和单施磷肥均能促进大豆的结瘤,提高单株根瘤干重(大豆平均根瘤干重与平均根瘤数之间的相关系数  $r=0.8828^{**}$ ,  $n=12$ )。若石灰石粉配施磷肥则可显著促进大豆结瘤数增加和提高根瘤干重,从而有利于根瘤菌的共生固氮。从表中还可看出, $P_0$  和  $P_1$  处理大豆生物固氮率均随石灰石粉用量增加而提高,因此,石灰石粉有利于促进红壤上大豆的生物固氮<sup>[4]</sup>。

(三)磷肥和石灰石粉对大豆吸收养分的影响

1. 养分的转运率

养分转运率是大豆灌浆时期转运已吸收的养分到籽粒中的一个量度指标,它以收获

表 3 大豆养分转运率

Table 3 The transformation rates of N,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  in soybean plant

处 理 Treatment	N %	$P_2O_5$ %	$K_2O$ %
$L_0P_0$	23.6	38.5	47.4
$L_0P_1$	89.0	49.2	63.3
$L_0P_2$	87.7	38.2	62.9
$L_1P_0$	88.0	88.1	57.1
$L_1P_1$	91.1	91.9	64.7
$L_1P_2$	86.7	86.4	60.9
$L_2P_0$	85.8	88.2	56.6
$L_2P_1$	92.5	93.5	69.3
$L_2P_2$	90.5	90.4	68.0
$L_3P_0$	85.8	88.8	58.4
$L_3P_1$	90.4	94.6	67.5
$L_3P_2$	90.5	93.0	69.6

籽粒中的养分占总干物质中养分的百分率表示<sup>[3]</sup>。从表 3 可知,氮的转运率  $L_0P_0$  比较低,

仅为 23.6%，其它处理比  $L_0P_0$  高 2.6~2.9 倍； $P_2O_5$  的转运率除未施石灰石粉处理低于 50%外，其它处理均高于 86%并且随着石灰石粉用量增加， $P_2O_5$  转运率增高，施用最低石灰石粉用量处理 ( $L_1P_0$ 、 $L_1P_1$ 、 $L_1P_2$ ) 的  $P_2O_5$  转运率显著高于相应的不施石灰石粉处理 ( $L_0P_0$ 、 $L_0P_1$ 、 $L_0P_2$ )，但进一步增加石灰石粉用量， $P_2O_5$  的转运率增加不明显。施磷肥  $K_2O$  转运率均高于不施磷肥。因此，施石灰石粉、磷肥均可提高大豆氮的转运率。施石灰石粉有利于提高大豆  $P_2O_5$  转运率，而磷肥并可促进大豆钾转运到籽粒中。

2. 磷、钾和钙的吸收

施磷肥明显提高大豆籽粒含磷量，并随磷肥用量增加籽粒含磷量增高；在不施磷 ( $P_0$ ) 或低用量磷肥 ( $P_1$ ) 时，籽粒含磷量以  $L_2$  最高。施用高用量磷肥 ( $P_2$ ) 时，籽粒含磷量  $L_1$  处理时已达最高水平。在各级施磷水平下，施石灰石粉显著提高根含钙量，降低茎秆含钾量。施磷水平越高，籽粒含磷量就越高，茎秆含钾量和根含钙量则愈低，提高植株体内钙的浓度会抑制植株对钾的吸收。

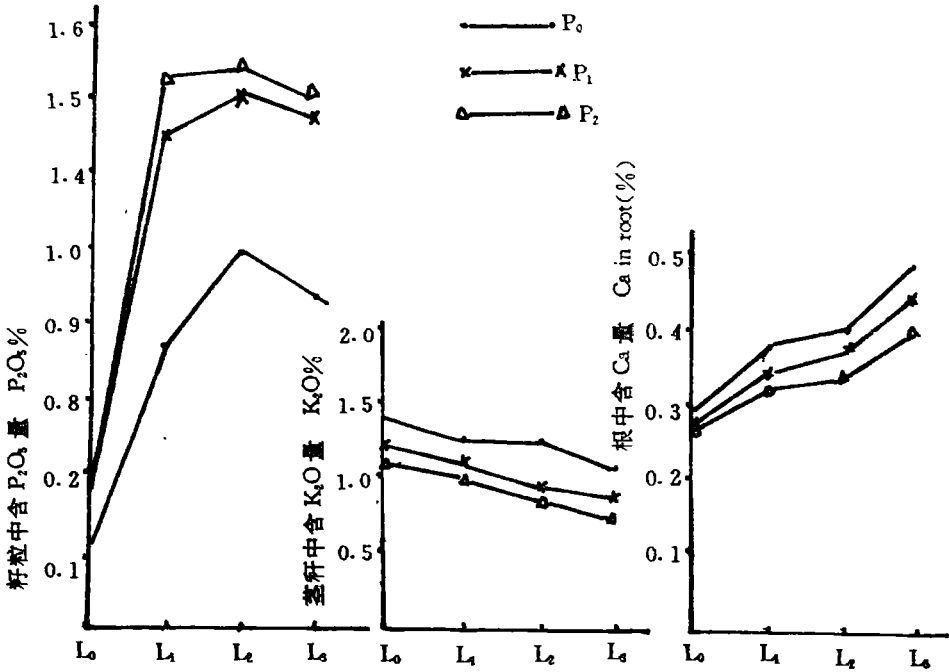


图1 石灰石粉配施磷对收获时大豆磷、钾、钙含量的影响

Fig. 1 Effects of limestone application with phosphate on the contents of  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  and Ca in soybean plants at harvest

## 讨 论

酸性土壤施用石灰的主要目的是消除对作物生育有害的  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{H}^{+}$ , 其次才是供给钙镁等盐基离子。酸性土壤施用石灰只有对土壤酸度敏感的那些作物才会有好的效果。然而, 不同作物对酸度敏感性的主要原因有不同, 有的可能是耐铝性弱引起的; 有的可能是耐锰性弱引起的; 还有的可能是不耐低 pH 而引起的。对于大豆来说, 耐酸性中等, 最适宜土壤 pH 6.0—7.0。如本试验中红壤上单施石灰, 土壤 pH 低于 6.0 或者大于 7.0, 大豆产量较低, 这是由于单施石灰, 降低了土壤有效磷(土壤有效磷含量低于 8 毫克当量/100 克土)。但是, 如果土壤有效磷大于 13 毫克当量/100 克土时, 即使土壤 pH 在 5.0 左右或者大于 7.0, 大豆的产量也较高。由此可知, 在红壤上种大豆, 土壤有效磷含量对大豆产量有重要影响。因此, 为了提高红壤上大豆产量, 在降低红壤酸度的同时, 必须大力提高土壤有效磷含量, 这说需要适当的石灰石粉和磷肥酸施。

## 参 考 文 献

- [1] 孟赐福、水建国, 1984, 施用石灰石粉对红壤化学性质以及大豆生长和产量的影响, 浙江农业科学, 5: 217~221
- [2] 张宏等, 1984, 大豆生育期根瘤菌固氮活性动态及共生固氮量的估测, 土壤通报, 5: 220~222
- [3] 陆允甫, 1990, 旱地红壤供肥特性以及玉米对养分的吸收, 浙江农业科学, 4: 171~175
- [4] Metgel D. B. and Kamparth E. J., 1978. Effect of soil pH and liming on growth and nodulation of soybeans. *Agron J.* 70: 959~936

## EFFECTS OF LIMESTONE APPLICATION WITH PHOSPHATE ON GROWTH AND NUTRIENT ABSORPTION OF SOYBEAN ON RED SOIL

Fu Qinglin Meng Cifu

(*Institute of Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou*)

### Abstract

A pot experiment was carried out to determine effects of limestone application with phosphate on growth and nutrient absorption of soybean on red soil. It was shown that limestone application with phosphate increased soybean yield on red soil and improved the rates of nutrient transformation in soybean plants. Liming markedly increased Ca content but decreased K content in soybean plants. Phosphate application markedly raised P concentration in soybean plants. Limestone application with phosphate decreased soil acidity.

**Key words** Red soil; Soybean; Dry matter; The rate of nutrient transformation; Soil acidity