

# 瘠土的锌肥肥效和磷、锌关系

彭琳 彭祥林 李鼎新  
余存祖 刘要红 黄凯

(中国科学院西北水土保持生物土壤研究所)

瘠土施用锌肥曾取得良好效果,我们的田间试验证明,施用锌肥可增产7.8—16.8%,但有些地块施用锌肥不表现增产作用。近年来由于广泛进行土地平整,有些地段大量生土出露地表,往往表现出缺锌症状。瘠土耕作层以下各层生土,土壤理化特性差异较大,粘化层中碳酸盐含量甚微,质地较粘;钙积层则碳酸钙含量较高,质地较轻;母质介于二者之间。为了阐明瘠土剖面各层施用锌肥的肥效和磷锌关系,进行了玉米盆栽试验,试验目的在于找出瘠土施用锌肥的有效土壤条件,为瘠土地区开展锌肥试验研究和大面积施用锌肥提供依据。

## 一、材料和方法

盆栽试验的供试土壤采自陕西省武功县张家岗村东北100米,按瘠土发生层分别采集耕作层(0—16厘米)、粘化层(76—118厘米)、钙积层(160—195厘米)和母质层(340—400厘米)。采回后晾干、打碎、过筛、装盆,每盆栽土7公斤。

试验处理:耕作层与母质层设不施锌(对照)和五个施锌剂量(每公斤土施Zn 1、2、5、10、20毫克),粘化层与钙积层设施锌(每公斤土施Zn 5毫克)和不施锌二个处理。上述各处理均以氮、磷、钾(每公斤土施N100毫克、P50毫克、K53毫克)作底肥。四层还分别设高磷(每公斤土施P500毫克)和不施磷二处理,以氮、钾、锌(每公斤土施N100毫克、K53毫克、Zn5毫克)作底肥。所用肥料为化学试剂,锌肥用硫酸锌、氮肥用硝酸铵、磷肥和钾肥用磷酸二氢钾、无磷处理的钾肥用氯化钾、高磷处理另加的磷肥用磷酸二氢钙。肥料施用方法:除磷酸二氢钙粉碎研细后加入外,其他肥料均溶于水喷洒,肥料与土壤充分混匀后装盆。

每个处理四次重复,顺序排列。供试作物为“西单三号”玉米,每盆留苗三株,出苗后生长5周收获。植株在70℃烘干、称重。试验连续进行三次。

土壤有效锌用DTPA浸提,原子吸收光谱法测定。土壤有效磷用Olsen法测定。植株干灰化后,锌用原子吸收光谱法测定。磷用钼蓝比色法测定。

## 二、结果和讨论

### (一) 瘠土剖面各层对施锌的生物反应

盆栽试验结果(表1)表明,耕作层施锌处理的玉米植株干物重与对照相近。粘化层

施用锌肥的肥效十分明显,施锌处理的玉米植株干物重较对照增加一倍以上,施锌增重达到显著或极显著平准。钙积层施锌处理的玉米植株干物重较对照增加 26—96%,母质层增加 18—39%。各层土壤对施锌的生物反应依次为:粘化层>钙积层>母质层>耕作层。这种差别似与各层土壤有效锌含量有关,粘化层中土壤有效锌含量为 0.26ppm,施用锌肥肥效显著;耕作层为 0.64ppm,锌肥肥效不明显;钙积层与母质层介于二者之间,含量分别为 0.40ppm 和 0.28ppm。

表 1 塋土剖面各层施锌对玉米植株干物重的影响(克/盆)

Table 1 Effect of zinc fertilizer applied in various horizons of manured loessial soil on dry weight of maize (g/pot)

土 层 Horizon	第一次试验 First experiment			第二次试验 Second experiment			第三次试验 Third experiment		
	对 照 Check	施 锌 Zn-fert.	比 值 Ratio	对 照 Check	施 锌 Zn-fert.	比 值 Ratio	对 照 Check	施 锌 Zn-fert.	比 值 Ratio
耕 作 层 Cultivated horizon	9.52	9.65	1.01	11.78	13.76	1.17	5.18	5.08	0.98
粘 化 层 Clayized horizon	1.91	4.13	2.16*	3.30	7.44	2.25**	3.26	6.60	2.02**
钙 积 层 Calcic horizon	1.68	2.11	1.26	2.27	4.46	1.96	2.21	3.71	1.68
母 质 层 Parent material (Loess)	4.09	5.68	1.39*	5.94	7.00	1.18	4.80	6.48	1.35*

- 注: 1. 对照处理施 N100ppm, P50ppm, K53ppm, 施锌处理在对照施肥基础上另施 Zn5ppm;  
2. 比值以各层各自对照为 1.00;  
3. \*表示 5% 平准, \*\*1% 平准。

Note: 1. Check were applied N 100 ppm, P 50 ppm, K 53 ppm, Zn treatments—plus Zn 5 ppm at above level.  
2. Values of ratio were calculated on the basis of taking the check of each horizon as 1.00 respectively.  
3. \* Higher than 5% S. D. \*\* Higher than 1% S. D.

从玉米植株生长情况(表 2)来看,施锌处理均优于对照,其中粘化层施锌处理的玉米植株高度较对照增加 21—72%,并且生长时间愈长,差异愈明显。

母质层施用锌肥试验结果表明,施锌量在 5ppm 以下时,施量愈高,生长愈好,玉米植株干物重和增重率也随施锌量增加而增加。施锌量过大,则干物重和增重率有下降趋势。

## (二) 塋土有效锌临界值的探讨

土壤有效锌测定方法很多,根据塋土理化特点,我们采用 DTPA 浸提原子吸收光谱法测定了塋土有效锌含量。测定表明,土壤 DTPA-Zn 含量与施 Zn 量、玉米植株吸 Zn 量以及植株含 Zn 浓度的相关性极显著(图 1、2、3)。施入土壤的 Zn 愈多,则土壤 DTPA-Zn 含量愈高,几乎与施 Zn 量成正比增加。土壤 DTPA-Zn 的有效性较高,DTPA 浸提测定土壤有效锌的数值与采用玉米植株测定土壤活性锌的测定值几乎相同,故土壤中 DTPA-Zn 含量增加,植株对 Zn 的吸收利用大增,植株含 Zn 浓度也相应提高。看来,以 DTPA 作浸提剂测定土壤有效锌的方法对塋土是适用的。

由于各地自然条件与生产水平不同,土壤有效锌(DTPA-Zn)的临界值亦各异。测

表 2 壤土剖面各层施锌对玉米不同生长时间植株高度的影响 (厘米)

Table 2 Effect of zinc fertilizer applied in various horizons of manured loessial soil on height of maize at various growing period (cm)

土 层 Horizon	生长 20 天 Growing period 20 days			生长 30 天 Growing period 30 days			生长 35 天 Growing period 35 days		
	对 照 Check	施 锌 Zn-fert.	比 值 Ratio	对 照 Check	施 锌 Zn-fert.	比 值 Ratio	对 照 Check	施 锌 Zn-fert.	比 值 Ratio
耕 作 层 Cultivated horizon	36.4	38.5	1.06	56.9	60.9	1.07	70.4	75.8	1.08
粘 化 层 Clayized horizon	25.3	30.7	1.21	27.3	41.1	1.51	32.6	56.1	1.72
钙 积 层 Calcic horizon	26.6	29.8	1.12	29.3	33.3	1.14	34.6	39.5	1.14
母 质 层 Parent material (Loess)	30.0	34.8	1.16	38.0	45.0	1.18	55.6	65.8	1.18

注: 对照和施锌处理的施肥量同表 1。

Note: The amount of applied fertilizer in check and Zn treatment as same as table 1.

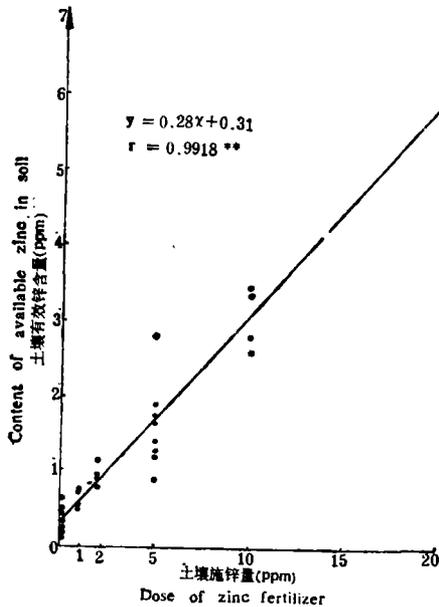


图 1 土壤施锌量与土壤有效锌 (DTPA-Zn) 含量的关系

Fig. 1 Relationship between dose of zinc fertilizer and content of available zinc in soil extracted with DTPA solution

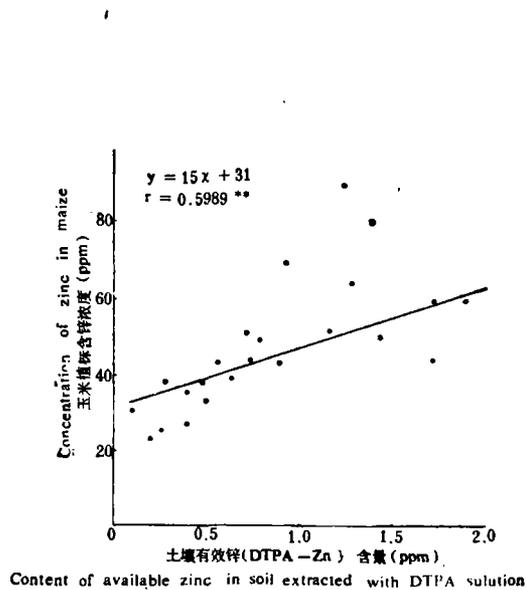


图 2 土壤有效锌含量与玉米植株含锌浓度的关系

Fig. 2 Relationship between available zinc in soil and concentration of zinc in maize

定(图 4)表明,土壤 DTPA-Zn 在 0.1—0.7ppm 范围内,与 Bray 百分产量(植株干物重)相关性极显著。当土壤中 DTPA-Zn 含量在 0.5ppm 以下时,不施锌处理的玉米植株干物重只为施锌处理的 23—86%,当含量超过 0.5ppm 时,不施锌处理的玉米植株干物重接近或超过施锌处理。因此,我们初步认为土壤有效锌(DTPA-Zn) 0.5ppm 含量可作为壤土有

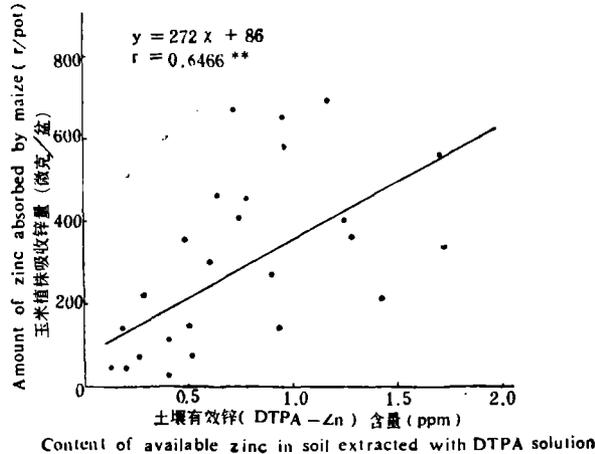


图 3 土壤有效锌含量与玉米植株吸收锌量的关系

Fig. 3 Relationship between available zinc in soil and amount of zinc absorbed by maize

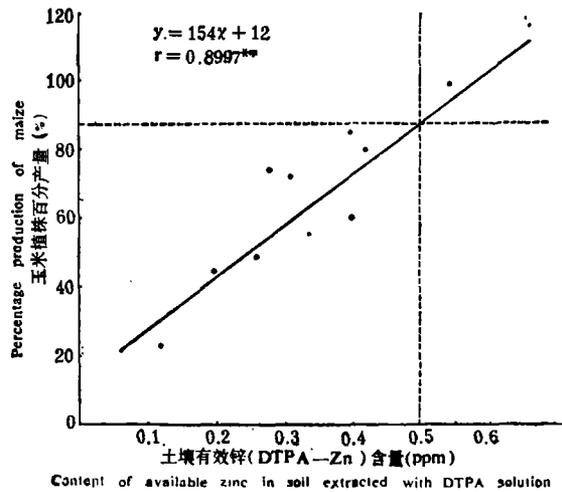


图 4 土壤有效锌含量与玉米植株 Bray 百分产量的关系

Fig. 4 Relationship between content of zinc of soil and Bray's percentage production of maize

效锌临界值。此值与 Brown 等<sup>[4]</sup>、Lindsay 和 Norvell<sup>[5]</sup> 提出的有效锌 (DTPA-Zn) 临界指标相同,与 Takkar<sup>[6]</sup> 提出的 0.6ppm 和 Rathore 等<sup>[7]</sup> 提出的 0.46 ppm 相近。

### (三) 壤土剖面各层施用磷肥对锌肥肥效的影响

三十年代, Barnette 等<sup>[3]</sup>发现锌肥与磷肥合用会降低锌的有效性,此后,不少研究者曾对磷、锌关系进行了广泛地研究,所得结果不尽相同,有些还互相矛盾。本试验结果(表 3)证明,磷、锌配合施用有互相促进的作用,在粘化层中,磷、锌配合施用的玉米植株干物重较磷、锌分别施用的总重还高 65%,钙积层高 28%,母质层高 12%。湖北省农科所土壤肥料系、农业理化系<sup>[1]</sup>在水稻上施用磷肥和锌肥试验也得到类似的结果,磷肥和锌肥配合施用的早稻每亩增产 141 斤,而磷肥、锌肥分别施用二者共增产 15 斤。同时,在各生土层中,磷、锌配合施用的玉米植株吸收锌量较磷、锌分别施用的吸锌总量还高 85—190%。

表3 壤土剖面各层的磷锌效应

Table 3 Interrelation between phosphorus and zinc in maize in various horizons of manured loessial soil

土层 Horizon	试验处理 Treatment	P	Zn	P+Zn	PZn	$\frac{PZn}{P+Zn}$
		玉米植株干物重(克/盆) Dry weight of maize (g/pot)				
耕作层 Cultivated horizon		5.18	3.60	8.78	4.69	0.53
粘化层 Clayized horizon		3.26	0.74	4.00	6.60	1.65
钙积层 Calcic horizon		2.21	0.69	2.90	3.71	1.28
母质层 Parent material		4.80	0.98	5.78	6.48	1.12
		玉米植株吸收锌量(微克/盆) Amount of zinc absorbed by maize ( $\mu$ /pot)				
耕作层 Cultivated horizon		138	158	296	195	0.66
粘化层 Clayized horizon		70	29	99	287	2.90
钙积层 Calcic horizon		58	35	93	208	2.24
母质层 Parent material		111	52	163	301	1.85

注: 1. P 处理施 P50ppm, N100ppm, K53ppm;

2. Zn 处理施 Zn5ppm, N100ppm, K53ppm;

3. PZn 处理施 P50ppm, Zn5ppm, N100ppm, K53ppm.

Note: 1. Phosphorus treatment: 50 ppm P, 100ppm N, 53 ppm K;

2. Zinc treatment: 5ppm Zn, 100ppm N, 53ppm K;

3. Phosphorus and zinc treatment: 50ppmP, 5ppm Zn, 100ppm N, 53ppm K.

耕作层的磷、锌交互作用不及其下各层明显。磷、锌交互作用在壤土剖面各层表现出的这种差异似与土壤有效磷和有效锌含量有关,粘化层土壤有效锌(DTPA-Zn)含量为0.26ppm,有效磷(Olsen法,以P表示)<sup>[2]</sup>为2.3ppm,均在临界值之下;耕作层有效锌含量为0.64ppm,高于临界值,有效磷为6.3ppm,土壤含磷为中等水平。可见,在土壤有效磷和有效锌均缺的土壤上,磷、锌配合施用的交互作用效果明显;在缺磷而不缺锌的土壤上,则磷、锌交互作用不明显。

土壤施用不同剂量磷肥,土壤有效磷含量相应地成比例上升,植株不仅吸磷量相应提高,而且含磷浓度也相应增加。玉米植株含锌浓度则随土壤施磷量、土壤有效磷含量和植株含磷浓度的增高而下降,并与植株含磷浓度呈显著负相关(图5)。玉米植株含锌浓度下降似乎并非由于土壤中锌离子与磷酸盐形成不溶性磷酸锌而被固定,因为施高磷处理的土壤有效磷含量较不施磷处理增加了26倍,而土壤有效锌含量并未随土壤有效磷增加而显著下降,与不施磷处理的有效磷含量相近。由植株的吸锌速度远低于生长速度来看,

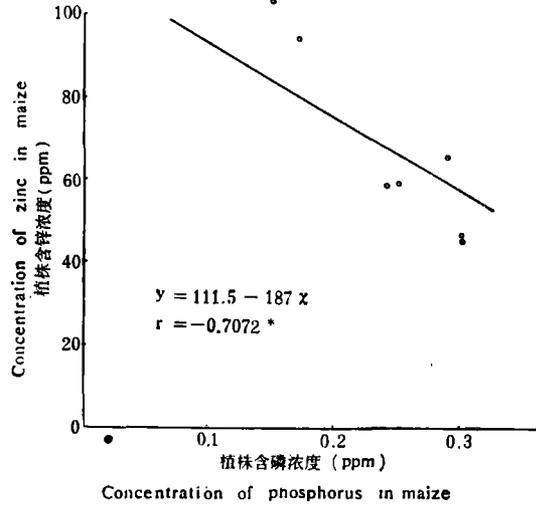


图 5 玉米植株含磷浓度与含锌浓度的关系

Fig. 5 Relationship between concentrations of zinc and phosphorus in maize

似乎可用“稀释作用”来解释。在玉米生长期內,施高磷处理的植株干物质积累量较不施磷处理增加了 136—191%;而同期吸收锌量只增加了 5—39%,因而干物质积累量多的高磷处理植株含锌浓度低于不施磷处理。玉米植株磷、锌浓度比可作为植株缺锌指标,测定表明, P/Zn 比为 70—84,施锌与不施锌处理的玉米植株干物重相等;当 P/Zn 比为 105—113,施锌处理较不施锌增重 33—125%。因此,在壤土上似可考虑以 P/Zn 比大于 100 作为玉米植株缺锌指标。同时,据观察,缺锌植株发育不良,节间缩短,上部叶片向内卷曲,部分失绿,这些症状在出苗后二周即可发现,可见这些症状可作为缺锌植株的外部形态指标。

### 三、结论和建议

综上所述,耕作层以下各层生土有效锌含量较低,施用锌肥均有良好效应,其中以粘化层的肥效最明显,施锌量在 5ppm 以下时,植株重随施锌量增加而增加。土壤有效锌 (DTPA-Zn) 含量低于 0.5ppm 时,施用锌肥肥效明显,看来似可以 0.5ppm 作为临界值。在土壤有效磷、有效锌俱缺的土壤上,磷、锌配合施用可起到互相促进的作用,但施用磷肥可引起玉米植株含锌浓度降低,这可能与“稀释作用”有关。

由此可见,在壤土上有些地块施用锌肥很有必要,特别是耕作层以下的粘化层、钙积层和母质层出露地表的生土地段,土壤有效锌 (DTPA-Zn) 含量低于 0.5ppm 的缺锌地块和土壤有效磷、有效锌均低而施用大量磷肥的地块。

### 参 考 文 献

- [1] 湖北省农业科学研究所土壤肥料系、农业理化系,1978: 湖北省锌肥试验初报。湖北农业科学,第 4 期,20—23 页。
- [2] 黎耀辉,1965: 陕西省关中地区石灰性土壤上影响磷肥肥效因素的探讨 1. 土壤的某些农化性质对磷肥肥效的影响。土壤学报,第 13 卷 1 期,39—45 页。
- [3] Barnette, R. M., Camp, J. P., Warner, J. D., Gall, O. E., 1936: Flo. Agric. Exp. Sta. Bull.

292.

- [ 4 ] Brown, A. L., Quick, J., Eddings, J. L., 1971: A comparison of analytical methods for soil zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35: 105—107.
- [ 5 ] Lindsay, W. L., Norvell, W. A., 1969: A new DTPA-TEA soil test for Zn and Fe. *Agron. Abstr.*, 84.
- [ 6 ] Takkar, P. N., Mann, M. S., 1975: Evaluation of analytical methods for estimating available zinc and response of maize to applied zinc in major soil series of ludhiana, puniab (India). *Agrochimica* 19: 420—430.
- [ 7 ] Rathore, G. S., Gupta, G. P., Khamparia, R. S., Sinha S. B., 1978: Response of wheat to zinc application in alluvial soils of morena district, madhya pradesh. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 26: 58—61.

## INVESTIGATION ON THE Zn DEFICIENCY AND THE RELATIONSHIP BETWEEN PHOSPHORUS AND ZINC IN “LOW-TU”

Peng Lin, Peng Xiang-lin, Li Ding-xin, Yu Cun-zu,  
Liu Yao-hong and Huang Kai

(Northwestern Institute of Soil Conservation, Biology  
and Pedology, Academia Sinica)

### Summary

“Low-tu” has long been recognized as a main soil type in China. This soil is occurring on the loessial plateau of Shaanxi and Shanxi provinces of northwestern China and developed on drab soil after a long history of cultivation and manuring. Continuous deposition of loessial materials results the soil slightly calcareous, with a thick and loose surface soil of silty loam texture, characterizing as the “Low-tu” horizon. This old cultivated horizon usually has a depth up to one meter, under which is a clay accumulated layer, subsequently a lime accumulated layer, and then the parent material of original drab soil. Pot culture experiments with corn plant were made separately for the soil samples of these four horizons. The soils and plants were analysed and interactions of P-Zn were explained.

The present paper gives the following results:

1. No Zn deficiency has been found in soil samples collected from the “Low-tu” horizon at the depth of 0—16 cm. However, the growth of corn plant showed significant response to ZnSO<sub>4</sub> application in all subsoils collected from the clay accumulated horizon (76—118 cm), lime accumulated horizon (160—195 cm), and the parent materials (340—400 cm).

2. The critical level of available Zn soil samples used in present experiments, as determined by DTPA extractant, seems to be 0.5 ppm. Additions of 5 ppm Zn (based on soil weight in each pot) have been found desirable for Zn-deficiency soils.

3. In soil samples both deficiency in available Zn and available phosphorus, positive interactions revealed from the applications of Zn-nutrient and P-nutrient. However, Zn concentration of corn plant grown in post receiving P-nutrient was decreased.

4. At present, large areas of “Low-tu” are subjected to levelling and their subsoils become exposed. Attentions are called for the application of Zn-nutrient.