

山西石灰性褐土的磷、锌关系及其对玉米幼苗生长的影响*

王海啸

(山西农牧厅)

吴俊兰 张铁金 吴启祥

(山西农业大学)

陈阳 边俊生 陕方

(山西省农科院)

摘 要

为定量探讨石灰性土壤中的磷、锌关系及其对玉米幼苗生长的影响,运用数学模型,在土壤pH为8.12、有效磷为2.56ppm、有效锌为1.08ppm的山西石灰性褐土上进行盆栽试验。研究表明:(1)土壤磷、锌营养供应协调时,玉米幼苗对磷、锌的吸收具有显著的相互促进作用,否则,磷、锌相互拮抗。(2)施磷能促进土壤锌的解吸,增加土壤有效锌的含量。(3)土壤中的磷酸锌沉淀并不是引起作物缺磷或缺锌的主要原因,而可能是由于磷、锌营养平衡失调而引起发生在根内的一种生理性障碍。

磷、锌在作物营养上的相互关系,早在30年代就受到了人们的关注,并在许多试验中进行了研究。颇为流传的一种说法,认为由于磷、锌在土壤中形成难以溶解的磷酸锌沉淀,使作物难以吸收利用^[1],后来又有人提出“稀释效应^[2]”还有根际拮抗^[3]等多种解释。终因二者关系复杂,争论较大。1980年彭琳^[4]等在瘠土上以玉米为试验材料研究磷、锌关系,将其归结为“稀释效应”,并指出磷、锌配合施用有相互促进吸收的作用。本试验试图运用数学模型,把土壤和作物作为一个整体,定量探讨磷、锌在石灰性褐土上的相互影响,施磷、锌对作物生长以及作物吸收磷锌的规律,为合理施肥提供科学依据。

一、供试材料和研究方法

(一) 供试材料

1. 土壤: 系晋中盆地广为分布的石灰性褐土,其主要理化性质见表1。供试作物为玉米。
2. 测试方法: 土壤质地用比重计法,有机质用重铬酸钾容量法,碳酸钙用气量法,pH用电位法(土:

* 本文蒙中国科学院南京土壤研究所刘铮研究员和山西农业大学陈震教授指导和审阅,特致谢意。

1) 华中农学院土化系农化教研室编,1984: 微量元素营养与微肥施用,86—116页。

表 1 供试土壤的主要理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of soil sample used for pot experiment

物理性粘粒 Physical clay ($<0.01\text{mm}\%$)	有机质 O. M. (%)	碱解氮 Alkal hydrolyzable-N (ppm)	全磷 Total-P (%)	速效磷 Available-P (ppm)	速效锌 Avaiablr-Zn (ppm)	碳酸钙 CaCO ₃ (%)	pH
36.40	1.21	18.08	0.07	2.56	1.08	8.05	8.12

水=1:2.5),碱解氮用康惠皿扩散法,全磷用酸溶法和钼锑抗比色法,速效磷用olsen法,速效锌用pH7.3的DTPA¹⁾浸提^{6,9)}和原子吸收分光光度计测定,植株样品分析采用硝酸-高氯酸消化和原子吸收分光光度计测定全锌含量,钒钼黄比色法测定全磷含量³⁾。

测试所用的主要试剂:硫酸锌、磷酸二氢钾、硫酸钾和硝酸铵等均为分析纯试剂。测定土壤和作物中的磷、锌含量用光谱纯试剂。盆栽试验及样品分析均用去离子水。

为防止污染,在试验设施中采用聚乙烯塑料盆(13×20cm)、尼龙筛及其它塑料工具等¹⁰⁾。

(二) 研究方法

本试验采用二次正交旋转组合设计¹³⁻¹⁾,试验因素磷和锌各5个水平,共16个处理组合,采用随机排列。试验因素编码及水平设置和试验实施方案见表2和3。试验设计具有正交变换和组合设计的思想,与试验中心点距离相等,球面上各点回归方程预测值的方程相等的设计叫做正交旋转组合设计。设计方案中上水平(+),下水平(-),零水平(0),上星号臂(+r),下星号臂(-r)等均为在试验因子空间选择,并组合在一起具有不同特点的试验点。括号中的+1和-1等是经过线性变换后无量纲的规范编码

表 2 试验因素编码及水平设置

Table 2 Coding of experimental factor and experimental level

试验因素 Experimental factor	单位 Unit	上水平 Low level (+1)	下水平 High Level (-1)	零水平 Zero level (0)	上星号臂 Highest level (+r = 1.414)	下星号臂 Lowest level (-r = -1.414)	变化区间 Varing interval (Δ_j)
锌用量	ppm	10.24	1.76	6.00	12.00	0	4.24
磷用量	ppm	42.68	7.32	25.00	50.00	0	17.68

即试验因素编码,以使所求得的回归系数可以直接反映该因素的大小,而不受因素单位和取值的影响。零水平(0)是试验因子在编码空间的中心点。上星号臂(+r)与下星号臂(-r)是指分布在每个因素坐标轴上的点与中心点的距离,其大小是个特定参数,适当调节其大小可获得正交性和旋转性等¹³⁻¹⁾。表中数字的计算,以锌为例,根据试验因素最大用量+r=12ppm和最小用量-r=0,计算如下:

$$\text{零水平时的施用量} = \frac{12+0}{2} = 6.00\text{ppm}$$

$$\text{变化区间}(\Delta_i) = \frac{+r-(-r)}{2/r} = \frac{12-0}{2/1.414} = 4.24\text{ppm}$$

$$\text{上水平用量}(+) = \text{零水平用量} + \Delta_i = 6.00 + 4.24 = 10.24\text{ppm}$$

$$\text{下水平用量}(-1) = \text{零水平用量} - \Delta_j = 6.00 - 4.24 = 1.76\text{ppm}$$

试验分两个阶段,均在温室条件下进行。第一阶段是土培试验,供试土壤为自然风干土全部通

1) DTPA 系混合浸提剂,由 0.005 mol 二乙胺五醋酸、0.01mol 氯化钙、0.1 mol 二乙醇胺组成。

过 2mm 尼龙筛, 装盆, 每盆用土 2.5 公斤。试验因素磷和锌的各处理组合按表 3 的用量, 以 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 和 KH_2PO_4 的水溶液准确加入到盆中混匀, 置温室条件下培养, 每天加水平衡一次, 使土壤含水始终保持在 15% (按土重计), 分别在处理后的 5、50、90 天取样, 测定土壤的速效磷和速效锌。

第二阶段是生物试验, 在温室培养试验过的土壤按 $N 0.15g/kg$ 土, $K_2O 0.15g/kg$ 土, 以底肥施入^[1], 混匀播种玉米, 每盆种 6 粒、三叶时定苗 3 株, 温室条件下生长四周, 整株收获, 洗净、烘干, 测定植株的磷、锌含量。

表 3 试验实施方案

Table 3 Scheme of experimental implement

试验序号 Experimental order	x_1	x_1		x_2	
		编码 Coding	锌实际用量 Amount of Zn	编码 Coding	磷实际用量 Amount of P
1	1	1	10.24	1	42.68
2	1	1	10.24	-1	7.32
3	1	-1	1.76	1	42.68
4	1	-1	1.76	-1	7.32
5	1	1.414	12.00	0	25.00
6	1	-1.414	0	0	25.00
7	1	0	6.00	1.414	50.00
8	1	0	6.00	-1.414	0
9	1	0	6.00	0	25.00
10	1	0	6.00	0	25.00
11	1	0	6.00	0	25.00
12	1	0	6.00	0	25.00
13	1	0	6.00	0	25.00
14	1	0	6.00	0	25.00
15	1	0	6.00	0	25.00
16	1	0	6.00	0	25.00

二、结果与讨论

(一) 施磷、锌对玉米幼苗生长的影响

1. 玉米幼苗外部症状表现: 供试土壤含速效磷 2.56ppm、速效锌 1.08ppm, 属严重缺磷的土壤。锌含量介于低量和适量之间。玉米从出苗到三叶期全部植株生长良好, 均一, 长到 4 片叶时, 不同处理的玉米幼苗开始出现差异。首先 8 号盆 ($P_0Zn_{6.0}$) 和 4 号盆 ($P_{7.32}Zn_{1.76}$) 的第一片叶出现紫色到红黄色条纹, 且整片叶有变黄的趋势, 4 号盆较 8 号盆轻, 2 号盆 ($P_{10.24}Zn_{7.32}$) 有类似症状, 但较晚两天出现。生长 4 周收割时, 2、4、8 号盆内的植株 1—4 片叶主脉均呈红色。8 号盆第一片叶全部枯死, 第二片叶 1/3 枯黄, 苗瘦弱、矮小, 心叶呈现暗蓝绿色, 长相形似“一柱香”; 2 号盆症状类似于 8 号盆但紫色轻于 8 号盆; 4 号盆症状类似于 2 号盆长势稍强于 2 号盆, 1 号和 3 号盆 (施磷 42.68ppm), 3 号盆 (施锌 1.76ppm) 第一片叶轻微黄化; 1 号盆 (施锌 10.24ppm) 没有黄化现象。6 号盆 (P_5Zn_0) 只有第一片叶尖端微有黄枯出现, 长势明显逊于 5 号盆 ($P_{25}Zn_{12}$)。9—16 号盆

表 4 磷锌对玉米幼苗

Table 4 Effect of P, Zn on dry weight

序号 Order	1	2	3	4
	$P_{42.66}Zn_{16.24}$	$P_{7.32}Zn_{10.24}$	$P_{42.66}Zn_{1.76}$	$P_{7.32}Zn_{1.76}$
干重	6.46	3.12	5.53	3.55

($P_{25}Zn_6$) 心叶较黄,上部叶片出现轻度白色纹带,即是缺锌的表现。从外形形态上可初步看出,在本试验条件下低施磷水平时,施锌使玉米缺磷加重;但高磷水平时,施锌则能促进磷的吸收利用,单施磷时会诱发玉米缺锌。

2. 施磷锌对玉米幼苗生物产量的影响: 供试土壤施磷、锌对玉米幼苗生长的影响达极显著,且有显著的正交互作用。回归方程为:

$$y_{\text{干重}} = 4.81 + 0.31x_1 - 0.43x_1^2 + 1.18x_2 - 0.22x_2^2 + 0.34x_1x_2 \quad r = 0.9656^{**} \quad (1)$$

表 4 是盆栽试验的实测结果,可以看出,玉米幼苗生物产量随着磷用量的增加而增加,如 1 号盆 > 2 号盆, 7 号盆 > 9—16 号盆 > 8 号盆。反过来,磷施用量一定时,出现两种情况: 低施磷时,生物产量随着锌用量的增加而减少,如 2 号盆 < 4 号盆。高施磷量时,锌用量增加,生物产量亦增加,如 1 号盆 > 3 号盆。出现这种现象,可能是由于作物对磷锌的需要有一定比例造成的。在特定的土壤条件下,当土壤中各养分比例不适合某种作物的养分需求特点时作物对养分的吸收就会失调^[9], 因而导致作物生长受阻。

本试验条件下,玉米幼苗植株的生物产量及其体内 P/Zn 值的回归关系,由图 1 可看出,玉米幼苗生长最佳的组织中 P/Zn 值以 60—80 为宜,这时的生物产量最高。作物生长和其体内 P/Zn 值的相关性已有不少人进行过研究,早在 1976 年 Takkar^[13] 等人就指出: 作物禾茎中的 P/Zn 值大于 130 时,玉米严重缺锌; P/Zn 值为 90—130 时轻度缺

锌。对施锌有反应。曹秀华^[7]等试验结果是: 玉米幼苗的植株 P/Zn 值在 4.34—21.71 之间,生物产量最高,超出此范围,则认为磷锌平衡失调,和本试验结果相差较大,所以,需进一步研究。

(二) 施磷锌对土壤有效磷、锌的影响
根据土培试验结果,施磷、锌对土壤有效磷、有效磷影响的回归方程为:

$$y_{P(95\%)} = 11.46 - 0.27x_1 + 6.90x_2 - 0.26x_1^2 + 0.04x_2^2 - 0.55x_1x_2 \quad r = 0.9999^{**} \quad (2)$$

$$y_{Zn(95\%)} = 1.52 + 0.84x_1 - 0.05x_1^2 + 0.09x_2 + 0.05x_2^2 + 0.03x_1x_2 \quad r = 0.9998^{**} \quad (3)$$

从方程(2)可以看出,施用锌肥使土壤有效磷减少,但不显著,施用磷肥使土壤有效磷显著

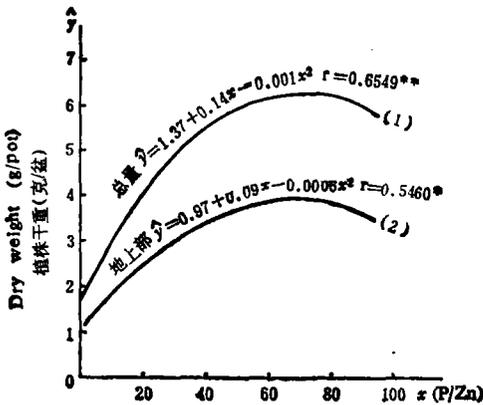


图 1 玉米幼苗磷锌比与其干重的关系

Fig. 1 Relationship between P/Zn in corn seedling and its dry weight

干重的影响(克/盆)

of corn seedlings (g/pot)

5	6	7	8	9-16
$P_{25.00}Zn_{12.00}$	$P_{25.00}Zn_0$	$P_{50.00}Zn_{4.00}$	$P_0Zn_{4.00}$	$P_{25.00}Zn_{6.00}$
4.80	3.40	5.98	3.05	5.14

增加,每增加一个编码¹⁾的施磷量(17.68ppm),土壤施磷后 95 天时测定,土壤有效磷增加 6.9ppm。方程(3)说明,石灰性褐土上施磷可促进土壤锌的解吸,施磷量越多可提取的土壤有效锌量越多且影响显著。如图 2 所示,施磷 5 天时测定,每增加一个编码的磷施用量,土壤有效锌增加 0.11ppm,50 天测定时,土壤有效锌增加 0.04ppm,尽管 95 天时的回归线变为曲线,但土壤有效锌仍为呈增加的趋势。由此可以初步推测,施入土壤中的锌和磷,在本试验条件下,没有完全形成难溶的磷酸锌沉淀,相反,施用磷促进了土壤有效锌的释放或者说由于磷的大量存在而使土壤对锌的固定减缓了。

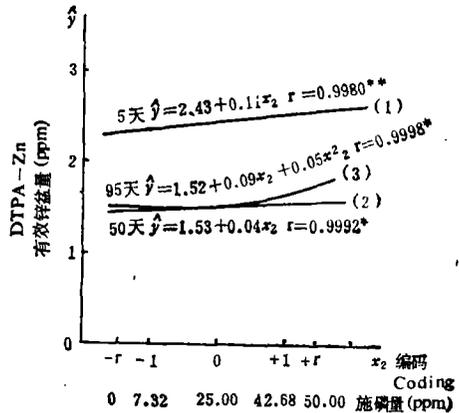


图 2 施磷对土壤有效锌的影响
Fig. 2 Effect of P application on available Zn in soil

(三) 磷、锌及其相互效应对玉米幼

苗吸收利用磷、磷的影响

施磷、锌对玉米幼苗吸收磷的影响,由图 3 可以看出,土壤施磷对玉苗幼苗吸收磷的影响显著,且随着磷施用量的增加,玉米幼苗地下部、地上部的含磷量都在增加。

施锌对土壤有效磷的影响不显著,但施锌对玉米幼苗吸收磷的影响显著。图 3 所示,随着锌用量的增加,玉米地下部的吸磷量成正比增加,地上部的吸磷量开始时随着锌用量的增加而增加,当吸磷量达到一极大值后,再增加锌用量,植株吸磷量开始减少,整个吸收曲线呈抛物线性。

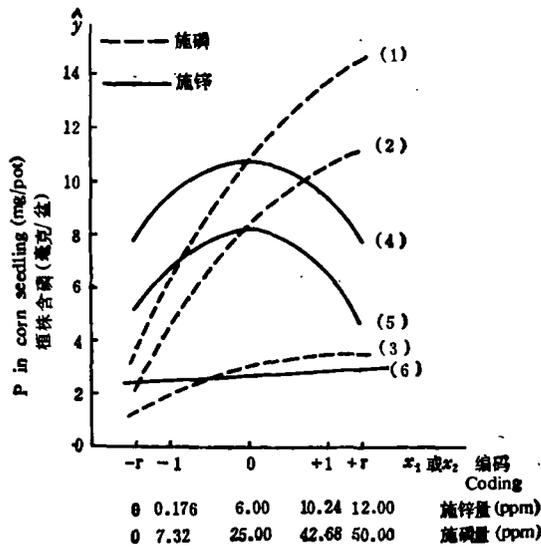
从回归方程式可以算出,植株地上部吸磷量达到最大值时的土壤施磷量为 4.3ppm²⁾,相应的土壤有效性含量为 1.2 ppm(施锌后 95 天时的值)因此,我们认为在本试验条件下,土壤有效磷 1.2 ppm 是玉米幼苗生长的最适参考指标。如果土壤有效磷大于此值,就

1) 编码: 也就是作线性变换,将试验各因素按水平规格化,把考察指标对因素的回归问题,转化为指标对编码值的回归问题。本试验中的+1,-1,+r,-r 等均为编码,而 42.68,7.32,50.00,0,10.24 和 1.76,12,0 等分别为相应于编码的各水平施磷和施锌量。

2) 回归方程为: $\hat{y}_p = 8.37 - 0.4x_1 - 0.17x_1^2$ 。吸收磷最大值时的锌用量编码为

$$-\frac{b}{2a} = -\frac{-0.14}{2(-0.17)} = -0.41$$

相应的施磷量为: $6 - 4.24 \times 0.41 = 4.3 \text{ ppm}$ 。有效磷含量为: $\hat{y}_{Zn(95\text{天})} = 1.52 + 0.84x_1 - 0.05x_1^2 = 1.2 \text{ ppm}$ (此式为施锌对土壤有效磷影响的回归方程)。



- (1) 总量 $\hat{y} = 10.9 + 3.86x_1 - 1.15x_2$; $r = 0.9609^{**}$;
- (2) 地上部 $\hat{y} = 8.37 + 3.18x_1 - 0.95x_2$; $r = 0.9545^{**}$;
- (3) 地下部 $\hat{y} = 2.53 + 0.68x_1 - 0.21x_2$; $r = 0.9665^{**}$;
- (4) 总量 $\hat{y} = 10.9 - 0.28x_1 - 0.17x_2$; $r = 0.9609^{**}$;
- (5) 地上部 $\hat{y} = 8.37 - 0.14x_1 - 0.17x_2$; $r = 0.9545^{**}$;
- (6) 地下部 $\hat{y} = 2.53 + 0.14x_1$; $r = 0.9665^{**}$.

图3 施磷锌对玉米幼苗吸收磷的影响

Fig. 3 Effect of P and Zn application on uptake of P by corn seedling

有可能妨碍植株对磷的吸收利用,同样,如果土壤有效锌小于 1.2ppm,也会影响玉米幼苗吸收磷的数量。

土壤施磷、锌对玉米幼苗吸收利用磷的回归曲线(图4)影响显著,说明在本试验条件下随着磷、锌施用量的增加,植株地下部对磷的吸收呈直线性增加。而地上部和吸收总量则成抛物线型的吸收模式,并且有一吸收高峰。

由试验回归方程计算得,石灰性褐土上锌施用量一定时,玉米幼苗地上部吸收磷量最高值时的施磷量为 33.8ppm¹⁾,施磷肥 95 天时的土壤有效磷为 15 ppm。此值可看作试验条件下玉米幼苗生长最佳的土壤适宜有效磷的参考指标。

由图4还可以看出,在土壤供磷水平一定的情况下,植株地上部吸收磷的数量并不随着磷施用量的增加而一直增加,而是有一吸收峰值出现,以后再增加磷的施用量,地上部吸收磷的量不但不增加,反而减少。

(四) 磷、锌及其相互效应对土壤 P/Zn 值的影响

磷、锌施用量对土壤 P/Zn 值的影响显著,见回归方程(4)、(5):

1) 由方程 $\hat{y}_{Zn} = 0.17 + 0.03x_1 - 0.03x_2$ 得吸磷最大时的磷用量编码为 $-\frac{b}{2a} = 0.5$ 。相应的磷施用量为 $25 + 17.68 \times 0.5 = 33.8 \text{ ppm}$ 由方程 $\hat{y}_{P(95天)} = 11.46 + 0.90x_2$ 得有效磷为 15 ppm(此方程为施磷对土壤有效磷影响的回归方程)。

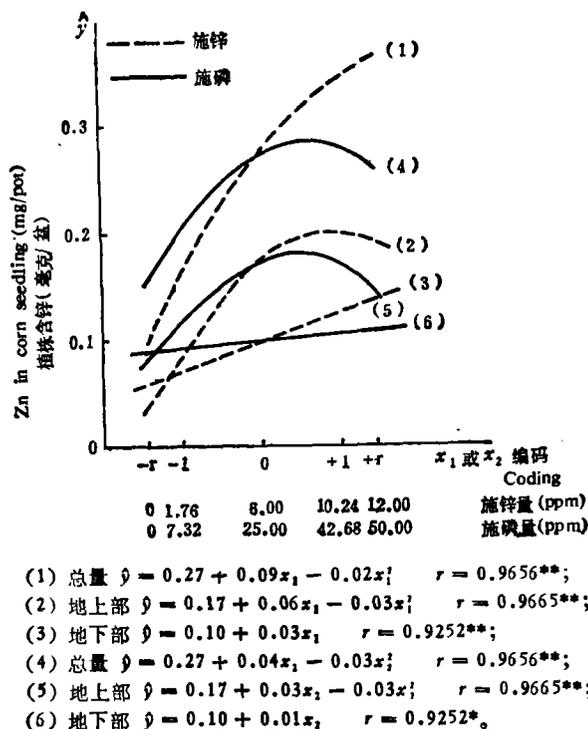


图4 施磷锌对玉米幼苗吸收锌的影响

Fig. 4 Effect of P and Zn application on uptake of Zn by corn seedling

$$\hat{y}_{P/Zn(5天)} = 11.57 - 12.60x_1 + 8.36x_1^2 + 5.72x_2 - 0.77x_2^2 - 4.57x_1x_2 \quad r = 0.9752^{**} \quad (4)$$

$$\hat{y}_{P/Zn(95天)} = 10.28 - 9.92x_1 - 6.82x_1^2 + 5.21x_2 - 1.14x_2^2 - 3.41x_1x_2 \quad r = 0.9414^{**} \quad (5)$$

土壤施磷、锌5天时测定,磷、锌对其P/Zn值的相互影响为显著,95天时的测定结果变为不显著,这说明土壤对磷、锌的固定不但受施入土壤中磷、锌数量的相互影响,而且和施磷、锌的时间有关。所以农业生产中,大量施用磷肥时一定要注意适时配合施用锌肥,使作物能有一个比较好的磷、锌养分环境。

不同水平的磷、锌施用量对土壤P/Zn值影响的回归曲线(图5),图5a说明,不管以什么水平施用,土壤P/Zn值均随着锌用量的增加而减少,当锌施用量达到约11—12ppm时,土壤P/Zn值基本稳定在一个值附近,所有曲线几乎全部交于一点,这时的土壤P/Zn值约为9左右。图5b也说明了这个事实,土壤施锌量小于或等于6ppm时,土壤P/Zn值均随磷用量的增加而增大,当锌施用量为10.24ppm时,土壤P/Zn值回归线微上倾几乎与横轴平行,锌施用量12ppm时,土壤P/Zn值回归线微下倾几乎与横轴平行。可以推断,有一个介于10.2—12ppm之间的锌施用量,此时的土壤P/Zn值回归线与横轴平行即土壤P/Zn值恒定不变,约为9左右,而与施磷量关系不大,其原因尚待进一步研究。

土壤和作物营养上的磷锌关系,人们曾提出过许多假说^[9,12],本试验研究结果表明,在试验条件下,石灰性褐土上施锌对土壤速效磷影响不显著,但施磷却使土壤有效磷明显增加,玉米幼苗地下部吸收磷、锌量均随着土壤施磷量的增加而成正比增加,但植株地上部的情况不同,吸收曲线均为抛物线性。因此,我们认为,施磷使作物吸锌减少或出现诱导

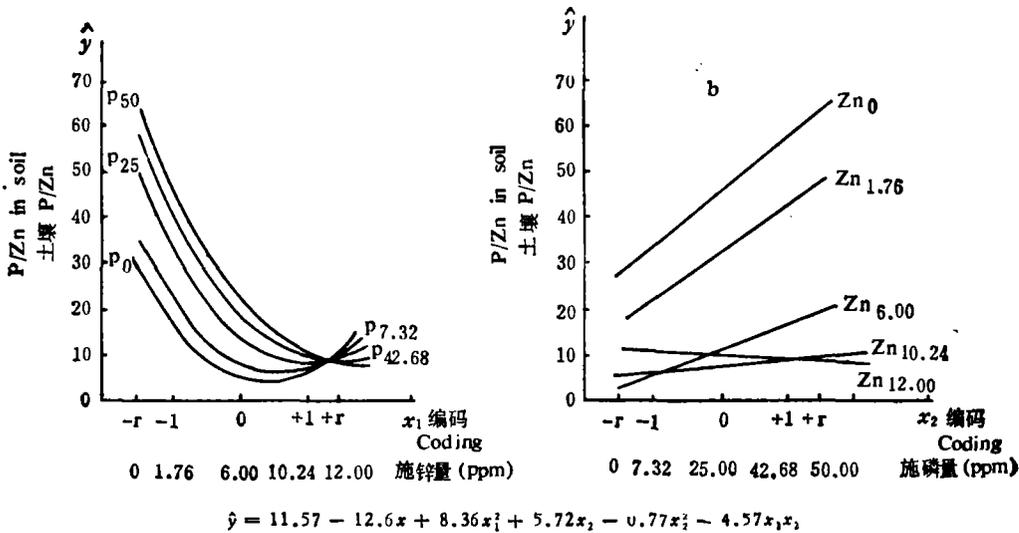


图5 磷、锌施用量对土壤P/Zn的影响

Fig. 5 Effect of P and Zn application on value of P/Zn in soil

性缺锌并非是由于磷和锌在土壤中相互作用形成难溶的磷酸锌沉淀^[11],也并非是由于磷、锌在根际相互拮抗妨碍了根对锌或磷的吸收。试验结果表明:磷锌在玉米营养上的拮抗与相助作用的关键在于这两种营养元素在植株地上部中的营养平衡^[10]。

Olsen 等^[9]指出,磷对玉米锌营养吸收的降低作用从性质上看主要是生理作用,这种作用发生在根细胞内。每种作物都有它自己正常生长相对稳定的养分平衡,当生长环境中的养分平衡不适合作物的营养特性时,作物就会自身调节,以维持体内有一个相对稳定的养分含量和比例,施锌水平一定时,磷用量过大,就会产生一种生理抑制作用,即使将锌吸入根内也运输不到作物的地上部。同样,磷浓度过低也会造成作物某些代谢功能的失调,妨碍锌往地上部的运输,这方面尚待进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 彭琳、彭祥林等,1980: 壤土的锌肥效率和磷锌关系。土壤学报,第7卷1期,62—68页。
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会编,1984: 《土壤农业化学常规分析方法》。132—153页、289—296页,科学出版社。
- [3] 苏诗松、周纪芹等,1981: 《回归分析及其试验设计》。191—253页,华东师大出版社。
- [4] 萧兵、钟俊维编著,1985: 《农业多因素设计与统计分析》。332—360页,湖南科学技术出版社。
- [5] 西北农学院、华南农学院编,1980: 《农业化学研究法》。70—98页,农业出版社。
- [6] 周起如、刘秀珍等,1980: 温度对DTPA提取土壤铁、锰、铜、锌的影响。土壤肥料,第5期。
- [7] 曹秀华、周延安,1983: 石灰性土壤固磷量对锌肥效率影响的研究。土壤通报,第3期,36—37页。
- [8] Lindsay, W. L. and Norvell, W. A., 1978: Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 421—428.
- [9] Stukenhoiottz, D. D. Olsen, R. J. Gerald, Gogan and Olsen, R. A., 1966: On the mechanism of P-Zn interaction in corn nutrition. Soil Soc. Am. Proc., 30: 759—763.
- [10] Loneragan, J. F., 1951: The effect of applied P on the uptake of Zn by flak. Aust. J. Sci. Res., 34: 108—114.
- [11] Lindsay, W. L., 1972: Inorganic phase equilibria of micronutrition in soils. Soil Sci. Soc. Am. madison.

41—47.

- [12] Burleson, C. A. and Gerard, 1961: The effect of P Fertilization in the Zn nutrition of several irrigated crops. *Soil Soc. Am. proc.*, 25: 365—368.
- [13] Takkar, P. N., Mann, M. S., Bansal, R. L., etc, 1976: Yield and uptake response of corn to Zinc as influenced by phosphorus fertilization. *Agron. J.*, 68: 942—948.

STUDIES ON INTERACTION BETWEEN P AND Zn AND THEIR INFLUENCE ON GROWTH OF CORN SEEDLINGS ON CALCAREOUS SOIL

Wang Haixiao,

(*Shanxi Agricultural Bureau*)

Wu Junlan, Zhang Tiejin and Wu Qixiang

(*Shanxi Agricultural University*)

Chen Yang, Bian Junsheng and Shan Fang

(*Shanxi Academy of Agricultural Science*)

Summary

Pot experiment was carried out for studying interaction between P and Zn of soil and their nutrition of corn seedlings, grown on Calcareous Cinnamon Soil of Shanxi, which was loamy in texture with a pH of 8.12, available P of 2.56 ppm and available Zn of 1.08 ppm. At the same time, mathematic modelling was used in order to quantitatively study the interaction of P and Zn in Calcareous Soil and their mutual effects on corn growth. The main results obtained are summarized as follows:

(1) When the supplies of available P and Zn in soil were harmony, the uptake of P and Zn by corn seedlings were accelerated each other and the interaction between P and Zn was significant and vice versa.

(2) The P application could accelerat the desorption of zinc and increased the content of available soil Zn.

(3) The precipitation of $Zn_3(PO_4)_2$ in soil wasn't the main cause of Zn and P deficiencies. The mutual restraint of P and Zn in corn nutrition was a kind of physiological obstruction within roots, which was caused by imbalance of nutrition.