

# 黄土地区土壤中锌的含量分布、 锌肥肥效及其有效施用条件

彭琳 彭祥林 余存祖

戴鸣钧 刘要红

(中国科学院西北水土保持研究所)

黄土地区在六十年代发现苹果缺锌而发生小叶病<sup>[8]</sup>,七十年代后期又发现玉米缺锌而发生白苗病<sup>[9]</sup>,近年来,锌肥施用面积逐年扩大,大多数地块施用锌肥肥效明显,但有些地块肥效并不明显。本文拟就土壤中锌的含量与分布、锌肥施用效果及其有效施用条件等问题进行试验研究,为经济合理施用锌肥提供科学依据。

## 一、土壤样品与研究方法

土壤样品采自黄土地区的主要耕作土壤。除耕作层外,还采集了83个土壤剖面,一般深2米,少数为3—5米。黄土母质采自陕西省扶风县新集黄土剖面和其他土壤剖面的母质层。

在几种土壤上进行田间试验,以氮、磷化肥作对照,施锌处理在对照施肥基础上亩施硫酸锌2—4斤。小区面积为1/30亩至1/20亩。3—4次重复。

采取耕作土壤进行盆栽试验<sup>1)</sup>,每盆栽土6.5公斤,对照处理施N 100ppm、P 100ppm、K 126ppm,施锌处理在对照施肥基础上施Zn 10 ppm。3—4次重复。

培养试验采用碳酸钙含量为16.8%的高钙土壤与9.1%的普通土壤,每公斤土施Zn量为0、10、100毫克,锌肥施入后当时、1天、1周、2周、20周采土测定。

土壤全锌用王水消化,有效锌用DTPA浸提;植株全锌用硝酸-高氯酸氧化后,用原子吸收光谱测定。土壤有效氮用20%氯化钠浸提,有效磷用0.5M碳酸氢钠浸提,有效钾用1N中性醋酸铵浸提。

## 二、结果和讨论

### (一) 土壤中锌的含量与分布

全锌含量主要决定于成土母质。据41个样品测定,黄土含锌量为32—97ppm,平均为60ppm,低于地壳中锌的平均含量(80ppm)<sup>[20]</sup>。本区土壤全锌含量(表1)为34—101ppm,平均为67ppm,与成土母质(黄土)十分相近,低于全国(100ppm)<sup>[2,3]</sup>和高于世界(50ppm)<sup>[24]</sup>土壤全锌平均值。土壤全锌含量与黄土质地由西北而东南由粗变细的分带性相一致,粘粒含量愈高的土壤,其中全锌含量亦高。

1) 盆栽试验的<sup>15</sup>N分析由本所同位素研究室协助进行,施用的标记尿素<sup>15</sup>N丰度为11.781%,普通氮肥的自然丰度为0.381%,尿素含氮量为43.52%,对照植株自然丰度为0.413%。

表 1 黄土区土壤中锌的含量

Table 1 The content of zinc in soil of loessal region

土 壤 Soil	土样数 Number of soil sample. (n)	变 幅 Range (Zn ppm)	平 均 Average ( $\bar{X}$ )	标准差 Standard deviation (S)	置信区间 Confidence interval $\bar{X} \pm t_{0.05} S_{\bar{X}}$
土壤全锌含量 Total zinc content in soil					
风沙土 Aeolian sandy soil	9	40—52	47	4	38—46
黄绵土 Yellow cultivated loessial soil	34	40—75	59	6	56—62
栗钙土 Chestnut soil	22	40—101	61	17	51—71
灰钙土 Sierozem	36	34—78	62	11	57—67
黑垆土 Dark loessial soil	30	50—101	66	10	61—71
褐 土 Drab soil	16	58—90	72	11	64—80
垆 土 Manured loessial soil	63	54—99	75	16	70—80
灌溉土 Irrigated warped soil	46	55—90	71	8	68—74
土壤有效锌含量 Available zinc content in soils					
风沙土 Aeolian sandy soil	16	0.10—0.52	0.24	0.07	0.19—0.29
黄绵土 Yellow cultivated loessial soil	87	0.13—0.77	0.30	0.14	0.26—0.34
栗钙土 Chestnut soil	37	0.12—0.83	0.41	0.21	0.32—0.50
灰钙土 Sierozem	32	0.14—0.99	0.35	0.26	0.22—0.48
黑垆土 Dark loessial soil	57	0.20—0.99	0.41	0.21	0.34—0.48
褐 土 Drab soil	43	0.21—1.16	0.56	0.41	0.39—0.83
垆 土 Manured loessial soil	183	0.21—1.42	0.60	0.26	0.55—0.65
灌溉土 Irrigated warped soil	42	0.30—1.43	0.71	0.25	0.61—0.81

土壤有效锌含量大体与全锌呈平行分布,二者相关极显著,还与有机质含量呈极显著正相关( $n = 292, r = 0.298$ ),与碳酸钙含量呈显著负相关( $n = 68, r = -0.635$ ),这与张乃凤<sup>[10]</sup>、余存祖<sup>[4]</sup>、Bandyopadhy<sup>[18]</sup>、Ganjir<sup>[19]</sup>、Nair<sup>[21]</sup>、Rawat<sup>[22]</sup>等所得结果相近。土壤有效锌含量与土壤中锌的供应强度呈极显著正相关( $n = 6, r = 0.9997^{**}$ )。土壤有效锌平均含量低的土壤,缺锌土壤样品出现频率则愈高,二者呈极显著负相关( $n = 6, r = -0.9932^{**}$ )。

本区土壤中锌的剖面分布(图 1)大体有三种类型:一是由上而下,逐步下降,如灌溉土,耕作层含锌量较高,向下逐渐减少;二是两高两低,如垆土和黑垆土,耕作层与粘化层(垆土层)含量较高,亚耕层与钙积层较低;三是除表层含量稍高外,上下分布均匀,下层差

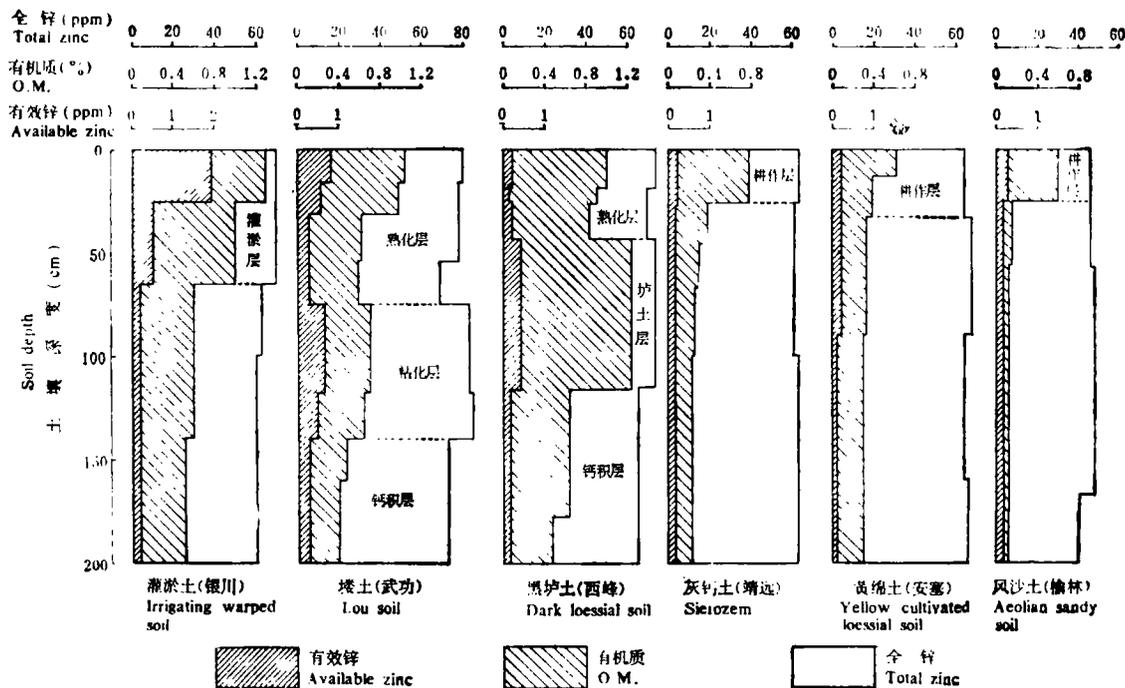


图1 黄土区不同土壤全锌、有效锌、有机质含量

Fig. 1 The total available zinc and organic matter of different soil in loessial region

异甚微,如灰钙土、栗钙土、黄绵土和风沙土。耕层熟土与底层生土的有效锌含量差异较大,塬土表层土壤有效锌含量比底层高 106.8%,黑垆土高 105.0%,黄绵土高 57.9%,风沙土高 33.3%。若以有效锌含量大于 0.30ppm 作为有效锌聚积层,则风沙土、黄绵土、栗钙土和灰钙土的有效锌聚积层为 24 厘米,塬土、褐土与黑垆土为 35 厘米,灌淤土为 65 厘米。土壤中锌的剖面分布主要是生物活动在表层土壤的富积。

在测定的 1009 个土样中,有效锌含量低于 0.5ppm 的缺锌土壤有 648 个,占总数 64.0%,因而在农业生产中提高土壤有效锌含量是十分必要的。施用锌肥是提高土壤有效锌含量的有效措施。研究结果<sup>[3,17]</sup>表明,土壤有效锌含量与施锌量呈极显著正相关。同时培养试验资料(表 2)表明,锌肥施入后立即采土测定,土壤有效锌净增加量(施锌土壤有效锌含量减去未施锌土壤有效锌含量)几乎与施入锌量相等。施锌愈高,土壤有效锌含量愈高,但施锌土壤的有效锌含量随时间延长而降低,固定率则相应增高,二者形成剪刀差曲线(图 2),与 Singh<sup>[23]</sup>的结果相似。土壤有效锌降低的主要原因可能是土壤碳酸钙对锌的吸附和固定,高钙土壤的固定率大大高于普通土壤。

增加土壤有机质可以提高土壤有效锌含量,当地农业生产中大量施用土粪、利用绿肥压青、造林种草等都是提高土壤有效锌的有力措施。

有些污水含有一定数量锌,经常用这类污水灌溉可提高土壤有效锌含量,据 23 个污灌土样统计,灌溉土壤有效锌含量为 1.50—19.00ppm,较本区一般农田高 7.4—11.7 倍。

施用氮肥与锰肥可促进土壤有效锌含量提高。每公斤土施 N0.1 克的土壤有效锌含量较对照高 1.5 倍,每公斤土施 Mn0.2 克和 5 克的有效锌含量较对照高 0.4 倍和 1.3 倍。

表 2 锌肥施入土壤后其有效锌含量的变化

Table 2 The variation of available zinc content after application of zinc

土 壤 Soil	施 Zn 量 (ppm) Amount of Zn applied	施入土壤后的时间 The days or weeks after application of Zn				
		0 时 0 hour	1 天 1 day	1 周 1 week	2 周 2 weeks	20 周 20 weeks
土壤有效锌含量 (ppm) Available zinc content in soil						
普通土壤 Common soil	0	0.51	0.27	0.33	0.47	0.38
	10	10.09	6.25	4.04	2.64	2.25
	100	96.79	71.42	35.88	23.44	17.99
高钙土壤 Strongly calcareous soil	0	0.17	0.10	0.14	0.30	0.24
	10	9.94	4.32	2.75	1.49	1.12
	100	93.16	41.95	24.00	13.45	5.23
土壤有效锌净增加(%) Net increment of available zinc in soil						
普通土壤 Common soil	10	95.80	59.80	37.10	21.70	18.70
	100	96.28	71.15	35.55	22.97	17.61
高钙土壤 Strongly calcareous soil	10	97.70	42.20	26.10	11.90	8.80
	100	92.99	41.85	23.86	13.15	4.99
土壤有效锌固定率(%) Immobilization rate of available zinc in soil (%)						
普通土壤 Common soil	10	4.20	40.20	62.90	78.30	81.30
	100	3.72	28.85	64.45	77.03	82.39
高钙土壤 Strongly calcareous soil	10	2.30	57.80	73.90	88.10	91.20
	100	7.01	58.15	76.14	86.85	95.01

## (二) 土壤施用锌肥的效果

1. 施锌对作物的增产效果 据我所<sup>[4,8,12-15]</sup>以及陕西<sup>[9,16]</sup>、甘肃<sup>[1]</sup>、宁夏<sup>[11]</sup>、山西<sup>[6,7]</sup>等省、区有关单位在黄土地区进行的 145 组田间试验资料统计(表 3),每亩施用硫酸锌 2—4 斤或喷施 0.2—0.4% 硫酸锌溶液的玉米平均较对照增产 92.9 斤,增产率为 13.8%,增产机率为 66.9%。对照产量愈低,施锌的增产率与增产机率愈高,对照亩产超过 800 斤时,施锌的增产率与增产机率显著降低,超过 1000 斤时,施锌多不增产。按照施锌玉米增产值(玉米每斤为 0.115 元)扣除锌肥投资(约 0.9 元)和劳力投资(约 0.1 元)而算得纯增收入,土地肥力 I—IV 级施用锌肥的纯增收入为 9.57—28.44 元,为投资的 10—30 倍。

2. 施锌对作物营养的作用 施用锌肥可提高作物含锌浓度,据测定,玉米植株含锌浓度与锌肥不同用量呈极显著正相关( $n = 197, r = 0.9823^{**}$ )。施锌还可改善作物氮、磷营养,施锌的植株对氮的摄取较对照高 18.1% 和 45.2% (表 4),采用 <sup>15</sup>N 研究结果(表

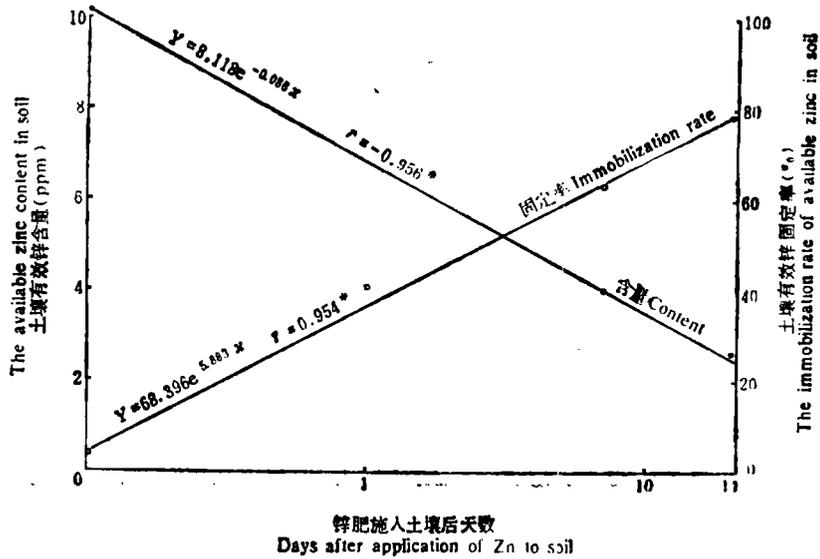


图 2 锌肥 (Zn 10 ppm) 施入土壤后有效锌含量变化和固定速度

Fig. 2 The variation of available zinc content and its immobilization rate after application of Zn to soil

表 3 玉米施锌的增产效果 (1978—1981 年)

Table 3 The effect of applied zinc fertilizer on increase of maize yield

土地肥力等级		统计试验数 Group of experiment	玉米籽实产量 (jin/mu) Maize grain yield		增产量 (jin/mu) Increase yield	增产率 (%) Increase percentage	增产机率 (%) Chance percentage of increase	纯增收入 (ran/mu) Net income
等级 Grade	斤/亩 jin/mu		对 照 CK	施 锌 Zn				
I	<200	10	164.0—197.9 174.5±26.2	164.8—543.6 430.1±118.5	255.6**	46.5	100.0	28.44
II	200—400	18	215.1—391.0 335.0±57.8	282.3—644.0 440.5±111.5	105.5**	31.5	83.3	11.18
III	400—600	33	419.0—591.0 492.7±57.8	420.0—813.0 615.5±107.2	122.8**	24.9	87.9	13.17
IV	600—800	32	608.9—788.6 718.4±62.3	657.3—1026.0 809.4±113.4	91.0**	12.7	75.0	9.52
V	800—1000	39	803.0—996.0 903.7±66.7	808.0—1200.6 944.4±94.6	40.7*	4.5	41.0	3.73
VI	>1000	13	1093.9—1264.0 1176.1±60.7	1122.0—1309.8 1212.3±53.8	36.2	3.1	23.1	3.21
平 均 Average		145	164.0—1264.0 672.8	164.8—1309.8 765.8	92.9	13.8	66.9	9.73

注: 1. 籽实产量——变幅  
平均±标准差; 2.\* P≤0.05; 3.\*\* P≤0.001.

表 4 施锌对作物摄取养分的影响

Table 4 The effect of zinc application on the nutrient absorption by crop

植物养分 Plant nutrient	作物 Crop	统计样 本组数 Group	植株摄取养分*(毫克/盆) The amount of nutrient absorption by plants (mg/pot)		平均增加率 (%) Average percentage of increase	增加机率 (%) Probability of increase
			CK	Zn 10ppm		
氮 Nitrogen	谷子 Millet	4	116—998 642±116	769—1025 932±112	45.2	50.0
氮 Nitrogen	玉米 Maize	15	76—572 331±133	245—537 391±84	18.1	66.7
磷 Phosphorus	玉米 Maize	39	1.9—46.8 16.9±11.7	2.4—75.9 19.5±13.9	15.3	51.3
钾 Potassium	玉米 Maize	4	213—914 445±317	141—1025 446±391	0.2	25.0

\* 变幅  
平均土标准差

表 5 施锌对作物吸收氮肥的影响 (<sup>15</sup>N 示踪法)Table 5 The effect of zinc application on absorption of N by crop and N recovery rate (<sup>15</sup>N-labeled)

土壤 Soil	试验处理 Treatment	植株干重 (g/pot) Dry weight of plant	植株含氮 浓度(%) N concentration of plant	植株吸氮量 N absorption by plant						氮肥利 用率(%) N recovery rate	土壤氮值 (A <sub>N</sub> ) (毫克/公 斤土) A <sub>N</sub> value (mg/kg soil)
				总量 (mg/ pot) Total	来自肥料 (F <sub>N</sub> ) From fertilizer		来自土壤 (S <sub>N</sub> ) From soil		比值 Ratio ( $\frac{S_N}{F_N}$ )		
					(mg/ pot)	占%	(mg/ pot)	占%			
黑垆土 Dark loessial soil	CK	22.4	1.360	305	203	66.7	102	33.3	0.502	33.6	47
	Zn	23.3	1.392	324	222	68.6	102	31.4	0.459	36.7	43
风沙土 Aeolian sandy soil	CK	13.5	2.375	321	154	47.9	167	52.1	1.084	25.4	101
	Zn	19.2	1.580	303	201	66.4	102	33.6	0.507	33.2	47
底层生土 Subsoil	CK	16.5	1.852	306	176	57.5	130	42.5	0.739	29.0	69
	Zn	21.5	1.523	327	217	66.3	110	33.7	0.507	35.8	47

注: 供试作物为大麦; 施 Zn 量为 10ppm.

5) 表明, 施锌提高了大麦从肥料中摄取氮量, 从而使氮肥利用率提高。用 <sup>15</sup>N 对玉米进行研究也得到类似的结果。锌是作物氮代谢和蛋白质合成的核心, 进入植株体内的氮素, 常因缺锌而影响氮化物运输、转化与蛋白质合成。据测定, 在有效锌含量较低的土壤上, 植株体内氮化物大部聚积在叶片中, 转运至籽实的氮只占 1/10。而在严重缺锌土壤上, 氮化物全部聚积在叶片及茎、根中, 以致不能形成籽实。在这些土壤上, 施用锌肥后, 植株体内氮化物大约有 1/2 运往籽实, 植株生长健壮。并且施锌的玉米植株摄取磷量较对照高 15.3%。但施锌对作物吸钾影响很小。

由于施锌作物的生长速度超过作物摄取氮、磷、钾的速度,以致施锌植株的氮、磷、钾养分浓度低于对照的浓度。如塬土玉米施锌植株含氮浓度较对照低 23.5—57.6%,含磷浓度低 21.7—70.1%,含钾浓度低 15.2—65.7%。土壤肥力愈低,施锌后养分浓度下降愈大。

3. 施锌对植株生长的影响与缺锌病症 表 6 资料表明,在缺锌土壤上施用锌肥,作物植株的高度与干物质累积量大大超过对照,不同肥力土壤施锌后,长势趋于一致,变异系数较小,而未施锌肥的对照则相反,并且缺锌后的玉米植株表现明显病症(照片 1—3)。缺锌植株生长矮小,节间短缩,叶片短窄,叶面积小,叶片部分失绿,顶部向内卷曲。据测定,缺锌玉米植株高度仅为正常植株的 1/2,叶宽与叶长仅为 1/2—2/3,节间长仅为 1/4—1/3。

表 6 施锌对玉米株高与干物重的影响

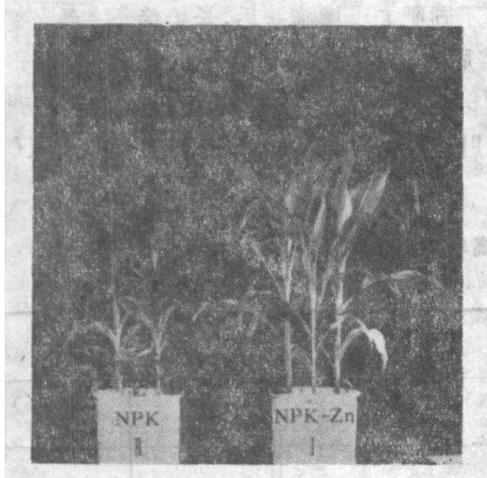
Table 6 The effect of zinc application on height and weight of maize plant

土 壤 Soil	株高 (cm) Height			植株干物重 (Dry matter g/pot) Weight of plant		
	CK	Zn	增高(%) Increase	CK	Zn	增重(%) Increase
风沙土 Aeolian sandy soil	30.8	84.5	174.4	3.4	29.0	752.9
黄绵土 Yellow cultivated loessial soil	84.5	104.0	23.1	35.9	53.9	50.1
灰钙土 Sierozem	82.3	105.7	28.4	29.9	51.5	72.2
黑垆土 Dark loessial soil	106.4	111.6	4.9	44.6	54.8	22.9
底层生土 Subsoil	73.5	107.5	46.3	21.4	42.4	98.1
变异系数(%) Coefficient of variability	36.8	10.3		58.1	23.5	

### (三) 锌肥的有效施用条件

1. 优先施于低锌土壤 底层生土一般有效锌含量较低,据 273 个土样统计,生土中有效锌含量为 0.18—0.29ppm,较耕层熟土低 25.0—51.7%,施用锌肥效果明显。塬土剖面各层施锌试验结果<sup>[13]</sup>表明,底层生土玉米对施锌的生物反应较耕作层明显。对黑垆土亦得到类似结果,底层生土谷子施锌的植株干物重较对照增 13.3%,而耕作层只增加 3.1%。在土地平整和修筑水平梯田中,若未采取保留表土措施,致使生土大量出露地表,在这些土壤上施用锌肥肥效明显。此外,土壤颗粒愈粗,有效锌含量愈低,对施锌反应愈明显。

2. 锌肥需与氮、磷、钾肥配合施用 土壤养分平衡和作物养分和谐对于有效施用锌肥是很重要的。由表 7 可见缺锌的土壤和植株其氮、磷、钾与锌浓度比均较大,施用锌

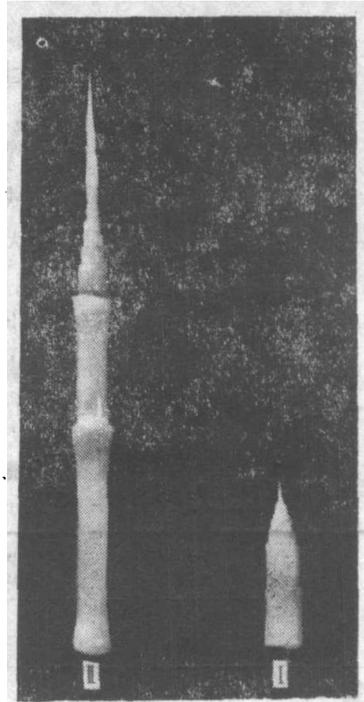


II. 缺锌 I. 正常

II. Zn-deficient seedlings I. Healthy seedling

照片 1 正常与缺锌的玉米植株

Photo. 1 Healthy and Zn-deficient seedlings of maize



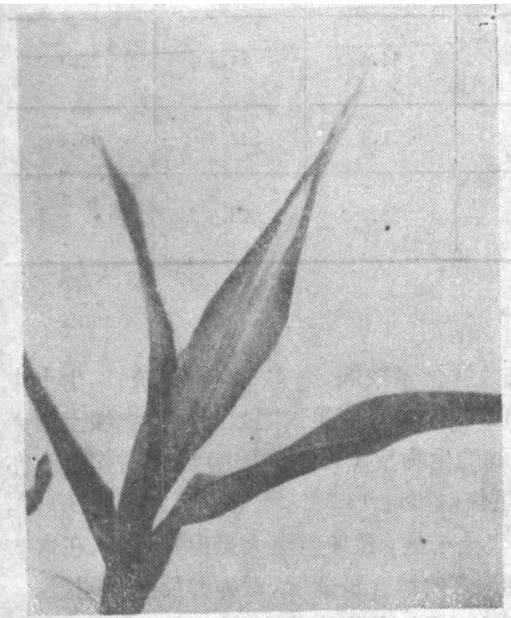
II. 正常 I. 缺锌

II. Healthy seedling I. Zn-deficient seedling

照片 2 正常与缺锌的玉米茎(剥去叶片与叶鞘)

Photo. 2 Healthy and Zn-deficient stems of maize

肥后可使比值减小  $9/10$  (植株) 和  $1/2-3/4$  (土壤)。当土壤中养分浓度比为:  $N/Zn > 50$ 、 $P/Zn > 30$ 、 $K/Zn > 200$  时土壤可能相对缺锌, 需要施用锌肥。



照片 3 缺锌的玉米叶片

Photo. 3 Zn-deficient leaves of maize

锌肥与氮、磷、钾肥配合施用常有相互促进作用。对瘠土磷、锌关系研究结果<sup>[13]</sup>表明, 磷、锌配合施用有明显连应, 在此基础上对黄土区其他土壤进行了研究, 所得结果与黄土相同, 在绵沙土上磷、锌肥配施的植株干物重较对照增重比磷、锌肥分施的增重高 2—8 倍。在黄绵土上高 1—5 倍, 在黑垆土上高 1—3 倍, 在灰钙土上高 0.4—0.8 倍。锌肥与氮肥配合施用的连应常因土壤不同而各异(表 8)。采用邓肯氏复极差测验、方差分析与连应值比较, 一致表明, 风沙土与底层生土的锌、氮肥连应极显著, 黄绵土与灰钙土次之, 黑垆土和瘠土无连应。另外, 锌、钾肥配施大多无连应。

### 3. 掌握锌肥适宜用量 土壤中锌供应

表 7 施锌对土壤植株养分浓度比的影响

Table 7 The effect of zinc application on nutrient concentration ratio of soils and plants

养分浓度比 Ratio of nutrient concentration	供 试 土 壤 Soil	土 壤 Soil			玉米植株 Maize plant		
		对 照 CK	施 锌 Zn 10ppm	较对照减少 (%) Decrease	对 照 CK	施 锌 Zn 10ppm	较对照减少 (%) Decrease
N/Zn	C	31.5	9.9	68.6	887.4	145.4	83.6
	S	50.3	10.7	78.7	1747.2	198.2	88.7
P/Zn	C	47.3	16.0	66.2	111.5	18.6	83.3
	S	31.0	15.6	49.7	236.5	18.5	92.2
K/Zn	C	225.4	66.6	70.5	2178.0	394.1	81.9
	S	47.2	19.0	59.7	2378.0	218.2	90.8

注: 1) C——普通土壤; S——高钙土壤。  
2) 土壤为有效态养分, 植株为全量养分。

表 8 锌、氮肥配合施用对谷子籽实产量的影响(克/盆)

Table 8 The effect of mixed application of Zn and N on grain yield of millet (g/pot)

试验处理 Treatment	塬 土 Manured loessial soil	黑垆土 Dark loessial soil	黄绵土 Yellow cultivated loessial soil	灰钙土 Sierozem	风沙土 Aeolian sandy soil	底层生土 Subsoil
CK	3.27a	7.30a	3.77a	4.63a	0.50a	2.13a
Zn	3.80a	8.60a	3.60b	6.23b	3.50b	2.60b
N	28.67b	33.67b	25.50c	22.50c	0.00b	2.67b
NZn	30.87b	35.30b	34.97c	31.37c	23.27b	32.67b
L. S. D. <sub>0.05</sub>	3.68	5.81	4.52	5.85	3.79	2.25
L.S.D. <sub>0.01</sub>	5.58	8.80	6.85	8.86	5.74	3.40
连应值 Value of interaction	1.06	1.01	1.45	1.37	9.11	30.24

注: 1) CK——施 P100ppm + K126ppm;  
Zn——施 P100ppm + K126ppm + Zn10ppm;  
N——施 P100ppm + K126ppm + N100ppm;  
NZn——施 P100ppm + K126ppm + N100ppm + Zn10ppm;  
2) 表中每一列中伴随着相同的字母表示差异小于 5% 平准, 字母不同, 表示差异超过 1% 平准(按照邓肯氏复极差测验)。

不足, 植株常发生缺锌病症, 但若过多, 则植物利用不经济, 有时甚至发生毒害。据测定(表 9), 在缺锌土壤上, 每公斤土施锌量在 10 毫克以下时, 玉米施锌的生物反应明显, 施锌玉米的生物产量较不施锌肥的对照平均高 79.6%; 每公斤土施锌 10—100 毫克范围内, 不同施锌量的玉米生物产量差异很小; 当每公斤土施锌 1000 毫克时, 玉米生物产量较施锌 100 毫克下降 25.4%, 但作物尚无明毒害症状; 每公斤土施锌 5000 毫克时, 玉米含锌浓度大大超过致毒水平<sup>[17,25]</sup>, 生物产量较对照低 87.1%, 呈现明显受害症状。根据本试验和以往研究结果<sup>[13]</sup>, 玉米施锌量以每公斤 5—10 毫克为宜。

表 9 不同施锌量对土壤、植株含锌量的影响

Table 9 Effect of different doses of zinc on Zn content of soils and plants

土壤施 Zn 量 (mg/kg) Dose of Zn	土壤平均 含锌量 (ppm) Average content of Zn in soil	玉米植株含锌浓度 (ppm) Zn concentration of maize plant		玉米植株含锌浓度 (Y)与施锌量(X) 的回归方程 Regression equation of Zn concentration of maize plant and different zinc doses	相关系数 (r) Correlation coefficient	施锌效果与毒害 Effect and toxicity of Zn applied
		变 幅 Range	平均 Average			
0	0.24	17.8—42.0	27.9			
1—10	3.41	25.5—113.0	54.6	$Y = 5.07X + 28.09$	0.9995**	锌肥高效
10—100	29.4	48.0—162.6	101.8	$Y = 0.73X + 71.87$	0.9873**	锌肥肥效稳定
100—1000	386.3	125.3—1000	375	$Y = 0.38X + 140.50$	0.9759**	锌素潜在毒害
1000—5000	664.0	453.0—3181.2	1806	$Y = 95.5e^{0.26X}$	0.8437**	锌素毒害

### 三、结 束 语

黄土地区土壤有机质含量较低, 碳酸钙含量较高, 大多数土壤缺乏有效锌, 施用锌肥不仅有明显的增产效果和经济效益, 而且还可提高作物对氮、磷的吸收, 增加氮素化肥利用率, 促进作物生长, 有些地区已在生产中广泛应用。推广锌肥时必须注意掌握有效施用条件, 首先施在缺锌土壤上, 如颗粒较粗的土壤和底层生土; 其次, 与氮、磷肥配合施用, 再次, 掌握适宜用量, 一般以施入土壤硫酸锌 2—4 斤/亩即可, 还可采用拌种、浸种、喷洒等方法施用。为了增加土壤有效锌含量, 提高锌肥肥效, 还可采用施有机肥、翻压绿肥、造林种草、污水灌溉以及施用锰肥等措施。

### 参 考 文 献

- [1] 天水县石佛公社石崖大队农科站等, 1977: 锌肥在新修梯田增产效果的研究。甘肃农业科技, 第 4 期, 11—12 页。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 中国土壤, 413, 科学出版社。
- [3] 刘铮、朱其清、唐丽华、徐俊祥、尹楚良, 1982: 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布。土壤学报, 第 19 卷, 第 3 期, 209—223 页。
- [4] 余存祖、刘雯红、彭琳, 1979: 原子吸收法测定黄土区土壤中锌、锰、铜、铁的研讨。土壤通报, 第 6 期, 30—32 页。
- [5] 余存祖、彭琳、彭祥林、刘雯红、戴鸣钧, 1982: 甘肃省主要土类中的微量元素。甘肃农业科技, 第 7 期, 2—5 页。
- [6] 吴俊兰、陈震, 1979: 锰、钼、锌、硼肥增产效果的初步研究。土壤肥料, 第 2 期, 35—37 页。
- [7] 吴俊兰, 1980: 石灰性褐土冬小麦微量元素的肥效。土壤通报, 第 5 期, 24—26 页。
- [8] 李继云、汪夕彬、刘志远、辛业全, 1975: 陕西省石灰土壤上施用锌肥对玉米的增产效果。土壤, 第 5 期, 213—217 页。
- [9] 宝鸡市农科所土肥研究室, 1981: 1978—1980 年玉米施用锌肥的肥效研究。宝鸡农业科技, 第 6 期, 5—9 页。
- [10] 张乃凤、王淑惠、张大弟, 1980: 山东省土壤速效锌普查和锌肥肥效试验。土壤肥料, 第 2 期, 36—39 页。
- [11] 姚文海、李觉吾, 1981: 玉米喷锌试验。宁夏农业科技, 第 2 期, 38 页。
- [12] 彭琳、彭祥林、李继云、李鼎新、余存祖、黄凯, 1978: 黄土区微量元素肥料的施用和增产效果。中国农业科学, 第 3 期, 65—67 页。

- [13] 彭琳、彭祥林、李鼎新、余存祖、刘要红, 1980: 壤土的锌肥肥效和磷、锌关系。土壤学报, 第 17 卷, 第 1 期, 62—68 页。
- [14] 彭琳、彭祥林、余存祖、刘要红, 1980: 陕西省土壤锌素状况及锌肥肥效初报。陕西农业科学, 第 5 期, 14—16 页。
- [15] 彭琳、彭祥林、余存祖、戴鸣钧、刘要红, 1982: 黄土区土壤微量养分含量与分区以及微肥施用前景。土壤通报, 第 5 期, 26—28 页。
- [16] 谢广元、谢周贤, 1982: 玉米施用锌肥效果小结。陕西农业科学, 第 1 期, 30—32 页。
- [17] Benton, J. and Jones, Jr., (刘铮、朱其清等译, 1981 年) 1972: 植物组织中的微量养分分析。土壤微量元素译文集, 江苏科学技术出版社, 184—198 页。
- [18] Bandyopahya, A. K. and Adhikri, M., 1968: Trace element relationships in rice soils: I Alluvial soil of west Bengal. Soil Sci., Vol. 105(4): 244—247.
- [19] Ganjir, B. L., Sinha, S. B. and Bhargava, B. S., 1973: Zinc Status of Some Soils of Madhya Pradesh. J. Indian Soc. Soil Sci., Vol. 21(4): 447—454.
- [20] Goldschmidt, V. M., 1954: Geochemistry. Ed. by Muir, A., p. 260.
- [21] Mair, G. G. K. and Mehta, B. V., 1959: Status of zinc in soils of western india. Soil Sci., Vol. 87(3): 155—159.
- [22] Rawat, P. S. and Mathpal, K. N., 1981: Micronutrient status of some soils of U. P. Hills. J. Indian Soc. Soil Sci. Vol. 29(2): 208—214.
- [23] Singh, S. P. and Mahenhra Singh, 1981: Chemically extractable zinc as affected by zinc sources and  $\text{CaCO}_3$  under submerged soil. J. Indian Soc. Soil Sci., Vol. 29(1): 37—39.
- [24] Swaine, D. J., 1955: The trace element content of soils. Comm. Bur. Soil Sci. Tech. Commun, No. 48.
- [25] Takk, P. N. and Mann, M. S., 1978: Toxic levels of soil and plant zinc for maize and wheat. Plant and Soil, Vol. 49(3): 667—669.

## ZINC CONTENT IN SOILS OF LOESSAL REGION, EFFECT OF ZINC FERTILIZER AND EFFECTIVE CONDITIONS FOR ITS APPLICATION

Peng Lin, Peng Xianglin, Yu Cunzu, Dai Minjun and Liu Yaohong  
(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica)

### Summary

1. In loess region, the average content of total Zn in soil is close to that of loessal parent material, but lower than that of the country and higher than that of the world.

2. The relationship between the soil texture and Zn content is quite clear, the coarser the soil texture, the lower the content of Zn in soil. The content of available Zn in soil is positively correlated with the content of organic matter and negatively correlated with the content of  $\text{CaCO}_3$  in soil. In this region, the content of organic matter is lower and the content of  $\text{CaCO}_3$  is higher. Consequently, the soil deficient in Zn is widely distributed and it is about more than 50% of area of this region. In addition to application of Zn fertilizer, such measures as application of organic fertilizer, green manure, afforestation and sowing grass, sewerage irrigation, application of a great quantity of Mn fertilizer, etc. may increase the content of soil available Zn.

3. In most soils of loessal region, there is an remarkable response to Zn application and higher economical benefit. 750 kg/ha. of grain can be increased from Zn application and the return from its application is more than 10 times. Moreover, it may also accelerate the translocation of nitrogen to seeds in plant; thereby, both the availability of N fertilizer and the plant growth are promoted.

4. The effective conditions of Zn application are as follows:

- (1) Zn fertilizer must be applied in Zn-deficient soils, such as the soils of coarse texture and the eroded soil with exposed subsoil.
- (2) Zn fertilizer should be combined with the application of N and P.
- (3) The suitable dose should be used when Zn fertilizer is applied.