

# 山东省土壤供锌状况及对锌的吸附

吴建明 高贤彪 高弼模 杨 果 卢丽萍 管力生

(山东省农科院土肥所 250100)

## SUPPLY AND ADSORPTION OF ZINC IN SOILS OF SHANDONG PROVINCE

Wu Jianming, Gao Xianbiao, Gao Bimo, Yang Guo,

Lu Liping and Guan Lisheng

(The Soil and Fertilizer Research Institute, Shandong Academy of A. S., 250100)

1977 年中国农科院土肥所在山东省进行土壤有效锌普查<sup>[1]</sup>, 估算全省缺锌 1500 万亩, 并通过试验, 指导锌肥大面积应用。近 10 多年来, 在原认为土壤有效锌含量较高的地区, 施锌效果也很明显, 实践中锌肥应用方法、数量和后效等问题有待解决。土壤的供锌状况及锌在土壤中的吸附受到应有的重视。于 1983 至 1988 年, 结合山东省土壤普查, 测定土壤有效锌含量, 并研究了主要土壤对锌的吸附、解吸及土壤主要理化性状对吸附的影响。

### 一、样品和方法

土样: 土壤供锌状况, 按土壤类型在 12 个地(市) 83 个县(市、区) 采集耕层样本 5138 个, 其中采集棕壤、褐土、潮土及砂姜黑土 40 个, 并采棕壤和褐土, pH 5.45 和 9.81, 含 <0.01 mm 粘粒 4% 和 77.8% 的土样各 1 个, 作土壤中锌的吸附分析。

不同土类中锌的吸附, 以上述 4 类土壤 40 个土样各设加锌 (8 ppm) 和未加锌两处理, 重复 3 次, 30℃ 培养 32 天后测定。

土壤中锌的吸附和解吸, 以棕壤和褐土各设加锌 8 ppm 和未加锌, 培养 1.5 小时后, 时间每加 1 倍设 1 处理, 至 64 天共 11 个处理, 重复 5 次, 25℃ 培养测定, 完成试验后土样用去离子水, 中性无水乙醇冲洗 5 次, 干燥后浸提作解吸试验。

土壤 pH 对锌吸附的影响, 以 pH 5.45 和 9.81 土样根据预备试验按不同比例混合平衡稳定后分为 8 种 pH 值, 设加锌 (8 ppm) 和不加锌, 重复 3 次, 30℃ 恒温 64 天后测定。

土壤粘粒对锌吸附的影响, 以 <0.01 mm 物理性粘粒 4—77.8% 范围内分 10 个处理, 同时设加锌 (8 ppm) 和未加锌, 25℃ 恒温 32 天后测定。

土壤碳酸钙含量对锌吸收的影响, 以棕壤为样品, 加入 0—27.5% 的碳酸钙范围内分 11 个处理, 同时设加锌 (8 ppm) 和未加锌, 32℃ 恒温 64 天后测定。

测定方法: 风干土用含  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$   $\text{CaCl}_2$  和  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  TEA 的  $0.005 \text{ mol L}^{-1}$  DTPA 浸提; 吸

附试验均测湿土,用加浓的 DTPA (每升含  $0.0111 \text{ molL}^{-1} \text{ CaCl}_2$  和  $0.111 \text{ molL}^{-1} \text{ TEA}$  的  $0.00555 \text{ molL}^{-1} \text{ DTPA}$ , 浸提,  $20^\circ\text{C}$  震荡 2 小时,每分钟 180 次,原子吸收分光光度计测定。

## 二、结果和讨论

### (一) 土壤供锌状况

1. 土壤全锌量: 255 个不同土壤全锌含量平均  $55.5 \text{ ppm}$ , 其中发育在湖相沉积物上的水稻土和黄河冲积物的潮土最高, 平均分别为  $68.7$  和  $68.1 \text{ ppm}$ , 风沙土最低, 平均  $35.4 \text{ ppm}$ , 中性钙质和酸性母质上发育的土壤, 介于两者之间。土壤全锌含量 ( $x$ ) 与有效锌量 ( $y$ ) 关系为  $y = -0.1447 + 0.0134x$  ( $n = 255, r = 0.266^{**}$ )。

2. 各地(市)土壤有效锌含量: 全省含量范围  $0.04\text{--}14.56$  (平均  $0.54$ )  $\text{ppm}$ ,  $<0.5 \text{ ppm}$  的样本占  $63.5\%$ 。其中 6 个区(县)以工矿城市郊区为主, 平均含量  $1.16 \text{ ppm}$ ; 其余 77 个县(区、市)平均含量均  $<1.0 \text{ ppm}$ , 占分析县数  $92.8\%$ ; 41 个县  $<0.5 \text{ ppm}$ , 占  $49.4\%$ ; 11 个县  $<0.3 \text{ ppm}$ , 占  $13.4\%$ 。60% 以上土样  $<0.5 \text{ ppm}$  的地(市)有潍坊、济宁、菏泽、聊城、德州和惠民; 40% 以下土样  $<0.5 \text{ ppm}$  为烟台市, 40—60% 土样  $<0.5 \text{ ppm}$  的地(市)有泰安、济南、淄博、枣庄及临沂。同一地(市)内, 含量的变异系数均在 40% 以上。

3. 不同土壤有效锌含量: 以偏态系数和峰态系数法<sup>[2]</sup> 进行正态频率分布和对数正态频率分布假设检验结果, 均呈正偏态分布, 因此用百分位数法<sup>[3]</sup> 求其中位数及平均差 (表 1)。分布在以酸性岩风化物为主的棕壤, 淋溶及脱钙作用较强, 微酸性反应, 40% 以上土样  $>0.5 \text{ ppm}$  (图 1), 含锌较高; 分布在黄土、红土、中性钙质岩类风化物的残、坡、洪积物

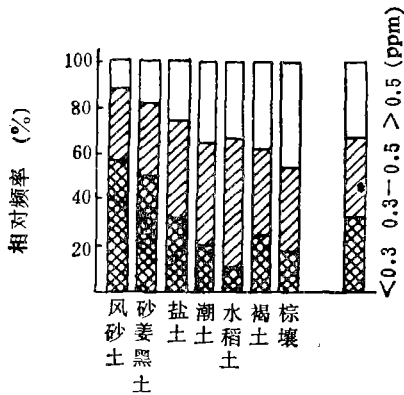


图 1 不同土类有效锌含量分布频率

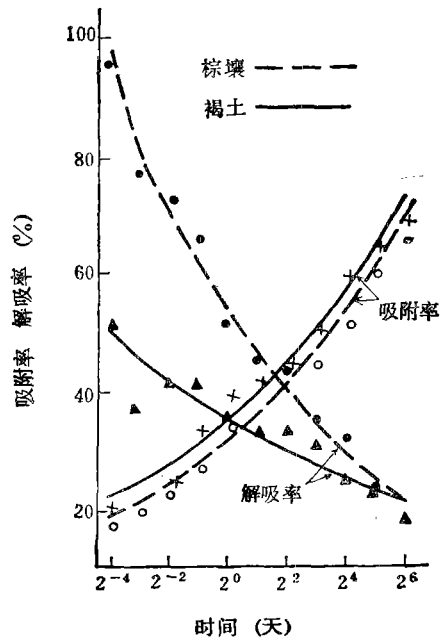


图 2 不同时间锌的吸附率和解吸率

及第四纪黄河冲积物上的褐土、潮土、水稻土及盐土、碳酸钙含量较高, 中性至微碱性反应,  $62.5\text{--}73.8\%$  土样  $<0.5 \text{ ppm}$ , 是较缺锌的土壤; 发育在湖沼相及河、海相冲积物上并呈零星分布的砂姜黑土及风沙土, 50% 以上土样  $<0.3 \text{ ppm}$ , 是严重缺锌的土壤。成土母

表 1 山东省各土类有效锌含量 (ppm)

土壤类型	样品数	中位数±平均差
棕壤	1025	0.48±0.215
褐土	1674	0.44±0.212
潮土	1654	0.43±0.193
砂姜黑土	330	0.31±0.157
水稻土	94	0.43±0.135
盐土	80	0.37±0.138
风沙土	17	0.29±0.092

质有效锌 ( $x$ ) 与土壤有效锌含量呈极显著正相关。  $\hat{y} = 0.0768 + 1.6716x$  ( $n = 257$ ,  $r = 0.8745^{**}$ )。

4. 土壤有效锌的区域分布: 按地貌可分为山地丘陵和平原两大类型区 (表 2)。

表 2 不同地貌分区土壤有效锌含量及分布频率

地貌分区		样品数	范围值 (ppm)	平均值 (ppm)	频 率 (%)				
					<0.3	0.3—0.5	0.5—1.0	1.0—3.0	>3.0
山地丘陵	鲁东山地丘陵	632	0.12—3.37	0.69	9.0	27.4	48.8	14.4	0.4
	鲁中南山地丘陵	951	0.09—14.6	0.71	14.8	39.5	33.8	9.8	2.1
	合 计	1583	0.09—14.6	0.70	12.5	34.7	39.8	11.6	1.4
平原	鲁中山前平原	1884	0.04—6.39	0.43	34.1	39.9	22.6	3.2	0.2
	黄泛平原	915	0.07—8.74	0.52	16.6	48.5	28.8	5.6	0.5
	滨海平原	291	0.09—2.28	0.39	41.8	37.2	17.6	3.4	0
	合 计	3090	0.04—8.74	0.45	29.6	42.2	24.0	3.9	0.2

山地丘陵区为有效锌潜在缺乏区, 其中可细分为: (1) 鲁东山地丘陵: 即胶莱河及沂沭断裂带以东的胶东半岛, 主要土类为棕壤, 有效锌含量相对较高, 63.6% 的土样  $>0.5$  ppm。(2) 鲁中南山地丘陵: 位于山东中南部, 东接鲁东丘陵, 南、西、北部为山前平原, 主要土类为棕壤、褐土, 45.7% 的土样  $>0.5$  ppm, 为潜在缺锌区。

一般平原区是山东省主要缺锌区, 其又可细分为 (1) 山前平原: 包括胶莱平原、沂沭河谷平原和鲁中南山地丘陵的山前平原。土壤类型主要为潮褐土、潮棕壤亚类和水稻土、砂姜黑土土类, 属严重缺锌区, 74% 土样  $<0.5$  ppm。(2) 黄泛平原: 主要指黄河、小清河以北包括德州、惠民、聊城、荷泽、东营以及黄河南岸的部分土地。主要土类为潮土, 是较严重缺锌区, 65.1% 土样  $<0.5$  ppm。(3) 滨海平原: 土壤发育在黄河冲积物及海相沉积物上的盐化潮土和盐土, 是另一类严重缺锌区, 79% 土样  $<0.5$  ppm。

## (二) 土壤中锌的吸附

1. 不同土类中锌的吸附: 4 大土类的 40 个土样加锌 8 ppm 平衡 32 天, 回收值为 2.46—5.19 ppm, 4 种土类相比, 棕壤、潮土的吸附率较低 (表 3), 变幅较大; 砂姜黑土、褐土的吸附率较高, 变幅较小。40 个土样所吸附锌的解吸量为 1.2—2.1 ppm, 解吸率达 30% 左右, 说明被土壤吸附的锌有相当数量能以有效锌形态再度释放<sup>[4]</sup>, 可被作物吸收利用。

表 3 主要锌的吸附率(%)

土壤类型	样品数	范围	平均值
棕壤	9	35.21—69.30	53.25
潮土	11	47.18—61.42	54.15
褐土	12	55.61—64.69	59.42
砂姜黑土	8	60.85—67.16	62.85

2. 不同时间内锌在土壤中的吸附和解吸: 供试的棕壤和褐土随加入锌时间的延长而吸附量增加, 起始阶段增加很快, 2 天后吸附增加缓慢。图 2 的横座标只有用指数关系才能表达。加锌 1.5ppm 时, 棕壤和褐土吸附率分别为 16.7% 和 17.4%, 解吸率分别为 95.3% 和 51.2%; 加锌 1 天, 吸附率增为 33.9% 和 37.5%, 解吸率降为 51.6% 和 35.7%; 加锌 64 天, 吸附率增至 64% 和 67%, 而解吸率降至 18.6% 和 17.7%, 以加锌时间(天)为  $x$ , 吸附率(%)为  $y$ , 拟合幂函数方程:

$$\text{棕壤 } y = 29.4567x^{0.1895} \quad (n = 11, r = 0.926^{**})$$

$$\text{褐土 } y = 33.4794x^{0.1852} \quad (n = 11, r = 0.9873^{**})$$

加锌时间(天)为  $x$ , 解吸率(%)为  $y$  方程为:

$$\text{棕壤 } y = 53.1219x^{-0.2196} \quad (n = 11, r = -0.988^{**})$$

$$\text{褐土 } y = 35.0935x^{-0.125} \quad (n = 11, r = -0.94^{**})$$

但在棕壤和褐土的采土地块, 按相同处理, 用砂滤管埋入田间, 自 3 月份开始, 每 30 天测定一次, 60 天时吸附率分别为 56.9% 和 63.5%, 此后吸附率逐渐降低至 10 月(210 天)为 43.1% 和 56.7%, 其原因可能与气温、降雨有关。

3. 土壤 pH 对锌的吸附的影响: 许多资料指出, 土壤中锌的有效性随 pH 值升高而降低, 认为  $\text{pH} > 8$ , 吸附率达 100%<sup>[9]</sup>, 有的则指出, 锌在碱性条件下, 形成带负电的锌酸根离子,  $\text{pH} > 7.85$ , 锌的有效性提高<sup>[6]</sup>。试验表明(表 4)  $\text{pH} 5.45$  提高至 6.35, 吸附量明显增大,  $\text{pH} 6.35$  至 7.65, 吸附量增加较小,  $\text{pH} 7.85$  至 8.40, 吸附率接近 100%,  $\text{pH} 9.05$  至 9.50 吸附量明显下降,  $\text{pH} 9.81$  吸附量急剧下降。因此,  $\text{pH} 8$  左右的石灰性土壤, 锌的有效性和锌肥的科学应用应予重视。

表 4 土壤 pH 对锌吸附的影响 ( $\mu\text{g}/\text{g}$  土)

pH	5.45	6.35	7.45	7.65	7.85	8.40	9.05	9.50	9.81
未加锌	27.21	26.48	22.50	24.62	25.19	17.90	16.09	8.26	0.48
加锌 8 $\mu\text{g}/\text{g}$ 土	29.34	27.86	23.95	25.61	25.19	17.95	16.95	9.45	2.97
吸附量	5.87	6.62	6.65	7.01	8.00	7.95	7.14	6.81	5.51

4. 土壤物理性粘粒对锌吸附的影响: 锌和其他阳离子一样, 能为带负电荷的土壤胶体、粘土矿物吸附。试验结果(图 4)表明, 锌的吸附率( $y$ )随土壤  $< 0.01 \text{ mm}$  粘粒含量( $x$ )的增加而提高, 物理性粘粒由 4—77.8%, 吸附率由 65.8—73.3%, 拟合直线回归方程为:

$$y = 64.996 + 0.1196x \quad (r = 0.9658^{**} \quad n = 10)$$

5. 土壤碳酸钙含量对锌吸附的影响: 许多资料报道, 土壤碳酸钙含量与锌的有效性

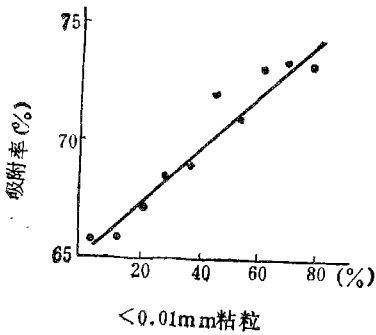


图3 粘粒对土壤锌的吸附

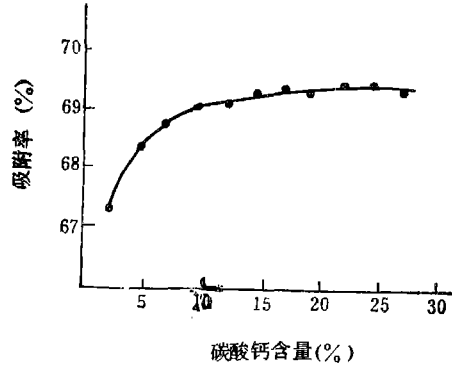


图4 土壤碳酸钙含量与锌的吸附

呈负相关,以棕壤为供试土壤,加入 0—27.5% 碳酸钙,结果表明(图 4),随土壤碳酸钙含量增加,开始土壤中锌的吸附略有增加,碳酸钙含量至 10%,锌的吸附率已相对稳定。以碳酸钙(%)为 ( $x$ ), 吸附率(%)为 ( $y$ ), 拟合非线性方程:

$$\hat{y} = \frac{-6.116 + 69.7x}{x} \quad (r = 0.9998^{**}, n = 10)$$

### 三、结 语

山东省土壤有效锌  $< 0.5$  ppm 占 64%, 褐土、水稻土、潮土、盐土含量较低, 砂姜黑土、风沙土含量很低。山地丘陵区为潜在缺锌区; 平原区为主要缺锌区, 其中山前平原和滨海平原为严重缺锌区。

锌在土壤中的吸附率棕壤、潮土低于砂姜黑土和褐土, 加入土壤的锌短时间内被迅速吸附, 被吸附的锌有少部分能释放被利用, 随土壤 pH 提高, 吸附量增加, pH 8 左右吸附量最大, pH 9 以上吸附量下降, 土壤粘粒和碳酸钙含量对吸附也有一定的影响。

### 参 考 文 献

- [1] 张乃凤等, 1980: 山东省土壤速效锌普查和锌肥肥效试验。土壤肥料, 第 2—3 期。
- [2] 杨国治等, 1980: 土壤背景值的频数分布与统计方法。环境科学, 第 3 期, 20—25 页。
- [3] 上海第一医学院统计学教研组, 1979: 医学统计方法。上海科学技术出版社。
- [4] 中国农业科学院土壤肥料研究所编译, 1983: 农业中的微量营养元素。科学出版社。
- [5] 林玉锁、薛家骅, 1987: 锌在石灰性土壤中的吸附。土壤学报, 第 24 卷 2 期, 135—140 页。
- [6] 袁可能编著, 1983: 植物营养元素的土壤化学。科学出版社。