

砂姜黑土中微量元素含量 及微肥增产效应研究*

丁维新

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要 分析结果表明, 砂姜黑土中微量元素锰、锌、钼和硼的含量均低于全国平均值; 有效态微量元素锌、锰、硼和钼含量普遍较低, 施用微肥于砂姜黑土具有良好的增产效果。

关键词 微量元素 含量 微肥 产量 砂姜黑土

中图分类号 S143.7 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7091(1999)增刊-0135-06

砂姜黑土是我国古老的农作土壤, 分布区内地势平坦, 土层深厚, 土地资源较为丰富, 农业增产潜力较大。在 50 年代, 由于沟渠不配套, 加上砂姜黑土特有的胀缩性, 使其抗御自然灾害的能力十分脆弱, 易涝易旱, 作物产量低而不稳。近年来, 随着农田基本建设的进行和化肥用量的增加, 作物产量逐年提高, 伴随而至的是土壤微量元素不足和作物营养缺乏现象不断出现, 为此对砂姜黑土中微量元素的现状进行了研究。

1 砂姜黑土的区域分布及研究方法

1.1 区域分布

据初步统计, 我国拥有 360 余万 hm^2 砂姜黑土^[1], 主要分布于安徽、河南两省的淮北平原, 山东胶莱平原及沂沭河平原和江苏的徐淮连平原, 此外, 河南的南阳盆地亦有分布。以安徽省的砂姜黑土面积最大, 达 164.7 万 hm^2 ; 河南次之, 为 100 万 hm^2 ; 山东省为 73 万 hm^2 , 江苏面积最小, 仅 24.59 万 hm^2 ^[2]。

1.2 研究方法

土壤样品按微量元素分析方法要求采集、风干、粉碎、过筛和贮备供分析用。

微量元素全量的分析方法: 土壤全锰、锌和铜用 HF 法, 消化物用盐酸溶解, 原子吸收分光光度法测定; 全钼用酸溶法处理土样, 极谱法测定; 全硼用王水-高氯酸消解土样。消化物以硝酸溶解, 姜黄素比色法测定。

微量元素有效态含量分析: 有效态锰、锌、铜和铁用 DTPA 浸提, 原子吸收分光光度法测定; 钼用 Tamm 溶液浸提, 极谱法测定; 硼用沸水浸提, 姜黄素比色法测定。

1998-08-29 收稿。

本文为国家“八五”攻关课题黄淮海平原综合开发研究内容的一部分。

作者简介: 丁维新, 男, 1963 年生, 副研究员, 农学硕士, 主要从事土壤植物营养研究工作。

2 结果与讨论

2.1 砂姜黑土中微量元素总量

砂姜黑土中微量元素的含量列于表 1。

2.1.1 锰 砂姜黑土中锰的含量介于 198.00~1219.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均含量为 523.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,不仅低于世界土壤平均值 810 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,而且也低于我国土壤平均值 710 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ [3],在我国主要土类中属低锰含量的土壤。

2.1.2 锌 砂姜黑土中锌的含量范围是 27.80~194.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,平均含量是 72.70 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,并且各省间存在一定的差异,其中河南省的砂姜黑土锌含量远高于江苏、安徽和山东的砂姜黑土。

2.1.3 铜 砂姜黑土中铜的平均含量为 24.40 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,含量范围为 8.60~43.80 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,是微量元素中唯一含量略高于全国平均值的元素,并且各省间的差异不明显。

2.1.4 硼 砂姜黑土中硼的含量在 21.20~135.20 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均为 57.63 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,低于全国平均含量 64.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。各省间也有一定差别,江苏省砂姜黑土含硼量高于山东、安徽和河南省的砂姜黑土。

2.1.5 钼 砂姜黑土中钼的含量较低,变动于 0.10~1.77 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均 1.14 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,略低于全国平均 1.17 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在各省间,江苏、安徽和山东省砂姜黑土钼含量略高于河南省砂姜黑土。

综上所述,砂姜黑土中微量元素的含量普遍较低,其中河南砂姜黑土中阳离子型微量元素的含量高于江苏、安徽和山东省的砂姜黑土,而阴离子型微量元素则相反。因此,就微量元素而言,江苏、安徽和山东省的砂姜黑土在成土母质、成土过程和所受人类耕种、施肥等影响方面较河南砂姜黑土更具有相似性。

表 1 砂姜黑土中微量元素含量 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

地 点	样本数	Mn	Zn	Cu	B	Mo
江苏	30	198.60~514.00	38.82~101.51	18.53~31.53	91.60~135.20	1.13~1.77
		353.04	55.19	24.63	109.35	1.59
河南	91	243.00~1219.00	27.80~194.00	8.60~43.80	21.20~69.90	0.10~1.50
		573.09	94.30	25.50	42.80	0.65
山东	77	406.00~463.00	44.00~71.00	21.00~27.80	44.00~62.00	1.13~1.76
安徽		539.00	54.00	23.00	55.00	1.54
四省平均	198	198.60~1219.00	27.80~194.00	8.60~43.80	21.20~135.20	0.10~1.77
		523.00	72.70	24.40	57.63	1.14

注:①分子为含量范围,分母为平均值;②部分资料引自参考文献[2]。

2.2 砂姜黑土中微量元素的有效性

土壤中微量元素缺乏或供给不足的原因有二,其一,微量元素全量较低,其二,土壤条件不利于微量元素以植物易吸收的形态存在。从砂姜黑土微量元素含量分析结果可知,砂姜黑土中微量元素含量普遍较低,是导致微量元素供给不足的重要因素之一,然而,单微量元素全量一般不能完全反映土壤供给微量元素的实际情况,还必须用有效态来衡量。

2.2.1 锌 砂姜黑土有效态锌的含量为 $0.06 \sim 5.94 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 平均 $0.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 与该元素缺乏的临界值相同。然而分级统计表明, 低于缺乏临界值的土壤样本大于 50%, 处于缺乏边缘值 $0.50 \sim 1.00 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 的土壤有 34%, 说明绝大部分砂姜黑土处于严重缺锌、缺锌或潜在缺锌状态, 在砂姜黑土上使用锌肥来提高作物产量和改善作物品质将是行之有效的, 尤其是当前大量施用磷肥的情况下, 合理配施锌肥显得特别重要, 因为锌磷间存在着显著的拮抗作用, 磷具有抑制锌吸收的作用^[3]。

表 2 砂姜黑土有效态微量元素含量

地 点	Mo	B	Zn	Cu	Mn	Fe
江苏	Tr~0.10 0.04(84)	Tr~0.43 0.21(91)	0.12~1.22 0.41(88)	0.50~2.20 1.36(88)	2.80~32.60 15.90(88)	2.00~26.80 10.02(91)
河南	0.03~0.15 0.08(14)	0.03~0.31 0.18(14)	0.06~0.67 0.21(14)	0.07~1.36 0.74(14)	1.40~21.60 10.10(14)	2.80~27.60 10.40(14)
山东	0.02~0.37	0.23~1.03	0.07~5.94	0.32~23.09	0.70~21.70	3.40~53.60
安徽	0.17(30)	0.57(64)	0.69(64)	2.26(64)	7.05(30)	21.00(64)
四省平均	Tr~0.37 0.08(128)	Tr~1.03 0.33(169)	0.06~5.94 0.50(166)	0.07~23.09 1.65(166)	0.70~32.60 13.27(132)	2.00~53.60 14.31(169)
缺乏临界值	0.15	0.50	0.50	0.20	7.00	5.00

注:①分子为含量范围,分母为平均值,括号内为样本数;②部分资料引自参考文献[2]。

表 3 砂姜黑土中有效态微量元素含量的分级标准及分布频率

元素	微量元素含量分级标准($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)					分布频率(%)				
	很低	低	中等	高	很高	很低	低	中等	高	很高
B	<0.25	0.25~0.50	0.51~1.00	1.01~2.00	>2.00	43.94	29.88	25.18	-	-
Mo	<0.10	0.10~0.15	0.16~0.20	0.21~0.30	>0.30	73.68	8.77	14.91	1.76	0.88
Zn	<0.50	0.50~1.00	1.01~2.00	2.01~5.00	>5.00	56.89	33.56	7.52	1.35	0.68
Cu	<0.10	0.10~0.20	0.21~1.00	1.01~1.80	>1.80	-	4.10	57.56	4.78	33.56
Mn	<5.00	5.00~7.00	7.01~10.00	10.01~15.00	>15.00	17.80	9.32	18.64	16.10	38.14
Fe	<2.50	2.50~5.00	5.01~10.00	10.01~15.00	>15.00	1.94	2.58	38.06	25.81	31.61

2.2.2 锰 砂姜黑土中有效态锰的含量波动在 $0.70 \sim 32.60 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间, 平均为 $7.05 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 略高于该元素的缺乏临界值 $7.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 处于缺乏边缘。在所分析的土壤样品中, 大约 27% 的土壤处在缺锰和严重缺锰状态, 还有 19% 的土壤存在缺锰的可能性, 但总体而言, 砂姜黑土缺锰状况略好于缺锌。

2.2.3 铜 砂姜黑土有效态铜的含量较为丰富, 变化在 $0.07 \sim 23.09 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间, 平均为 $1.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 高出缺乏临界指标 8 倍多。在所分析的土壤样品中, 低于缺乏临界值的土壤仅占 4.1%, 并且主要分布在山东和安徽境内, 砂姜黑土因缺铜影响作物生长的可能性较小。

2.2.4 铁 砂姜黑土有效态铁的含量为 $2.00 \sim 53.60 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 变化区间较大, 平均含量为 $14.31 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 其中江苏砂姜黑土高于其它省份, 可能与该省近年大力推广旱改水措施有关。所分析样本中, 近 60% 的土壤铁供应充足, 只有 4% 的土壤处于缺乏状态。当土壤缺铁时, 宜依据作物种类来施用铁肥, 如果树和豆科作物较禾本科作物更需要铁肥。

2.2.5 硼 砂姜黑土水溶态硼的含量为痕量到 $1.03 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 平均含量是 $0.33 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 低于缺乏临界值, 其中安徽、山东和河南又较江苏严重。在砂姜黑土中, 44% 和 30% 的土壤分别处

于严重缺硼和缺硼状态,尚有 25% 的土壤处于潜在缺硼状态,换言之,砂姜黑土几乎所有土壤均存在着缺硼的可能性。

2.2.6 钼 砂姜黑土有效态钼的含量很低,分布范围从痕量到 $0.37\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,平均仅为 $0.08\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,较缺乏临界值低近 1 倍,其中江苏土壤略高于其它省份土壤,钼在砂姜黑土中十分匮乏,80% 以上的土壤处于缺乏和严重缺乏状态,而供应充足的土壤不到 3%。

据以上分析,砂姜黑土微量元素除铜和铁外,其余均处于供给不足或极度不足状态,按缺乏的普遍性和严重性可排序为:钼>硼>锌>锰>铁>铜。喜硼、钼的豆科和十字花科作物应特别关注硼、钼肥的使用,而锌锰肥则具有普遍性,宜施于所有作物。

2.3 微肥增产效果

对砂姜黑土中微量元素的分析研究,旨在指导农业生产。由上可知,砂姜黑土中微量元素锌、锰、钼、硼的缺乏或供应不足是具有一定普遍性的。为此在前人工作基础上^[2],继续对微量元素的增产效果进行了验证和评估。试验小区面积为 30m^2 ,各处理重复 3 次,每个试验的处理数视试验目的而定,所有小区随机排列。所获田间试验结果列于表 4。

2.3.1 微肥增产效果 从表 4 可知,在微量元素供应不足的土壤上施用微肥均能获得一定的增产效果,增产幅度视土壤有效态微量元素含量、作物种类、微肥种类和施用方法等而定,豆科作物施用硼、钼肥的增产效果优于锌、锰肥,禾本科作物则反之。

表 4 微肥增产效应

作物种类	微肥种类	施肥方法	施肥量 (kg/hm^2)	试验次数	有效态微量元素含量 ($\mu\text{g}/\text{g}$)	作物产量(kg/hm^2)		增产率 (%)
						对 照	处 理	
大豆	硫酸锌	基施	15	3	0.21(Zn)	1180.00	1290.92	9.40*
大豆	硫酸锌	基施	15	3	0.28(Zn)	1368.3	1446.98	5.75
大豆	硫酸锌	基施	15	3	0.38(Zn)	1180.00	1225.00	3.80
大豆	硫酸锌	基施	15	1	0.80(Zn)	1925.00	1908.00	-0.88
大豆	钼酸铵	喷施	-	1	0.02(Mo)	1980.00	2175.00	9.80*
大豆	钼酸铵	喷施	-	1	<0.20(Mo)	1369.50	1560.00	14.00*
大豆	钼酸铵	拌种	-	1	0.05(Mo)	1473.00	1725.00	17.20*
大豆	硼 砂	喷施	-	1	<0.50(B)	1102.50	1263.00	14.50*
小麦	硫酸锌	基施	15	1	0.28(Zn)	2704.95	3444.30	27.33**
小麦	硫酸锌	基施	45	1	0.28(Zn)	2704.95	2959.35	9.40*
小麦	硫酸锌	喷施	-	1	0.40(Zn)	5272.50	5932.50	12.50*
小麦	硫酸锌	基施	15	1	0.45(Mn)	2704.95	3573.90	32.12**
小麦	硫酸锰	基施	15	1	0.45(Mn)	2704.95	3100.65	14.63*
小麦	硫酸铜	喷施	-	1	0.40(Zn)	5272.50	5745.00	9.00*
水稻	硫酸锌	基施	15	1	1.096(Zn)	7343.37	7530.04	2.54
水稻	硫酸锌	基施	45	1	1.096(Zn)	7343.37	6966.70	-5.13
花生	钼酸铵	喷施	-	1	<0.20(Mo)	3675.00	3900.00	6.12
花生	硼 砂	喷施	-	2	<0.50(B)	1102.50	1263.00	14.50*
油菜	硫酸锌	基施	15	3	0.45(Zn)	2821.95	2953.35	4.66

注:* 和 ** 分别表示差异达到显著水平和极显著水平。

2.3.2 土壤有效态微量元素丰度与微量增产效果 农作物施用微肥的增产效果与土壤有效

态微量元素丰度密切相关。由表 4 可知,一旦有效态微量元素含量小于通用的临界指标,微肥均有一定的增产效果。由图 1 可见,随着砂姜黑土有效态锌含量的不断提高,锌肥的增产效果逐渐降低,两者呈极显著的负相关($y = -2.86 - 16.87 \lg x$, $r = -0.986^{**}$, $n = 4$),并且当有效态锌含量大于 $0.676 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 时,锌肥在大豆上的增产效果很弱,因此微肥宜施在最缺的土壤上。

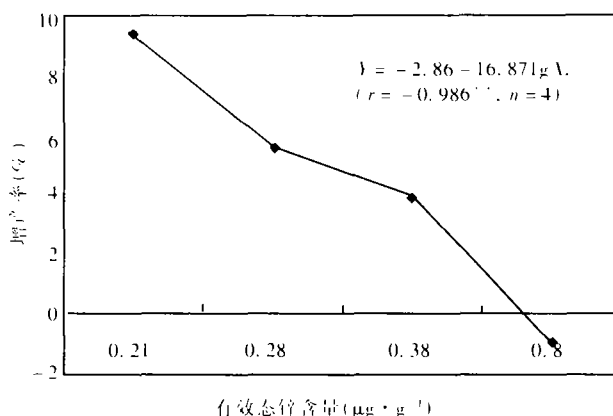


图 1 砂姜黑土有效态锌含量与锌肥增产效应关系

2.3.3 微肥用量与增产效果 从表 4 可知,在同等条件下,并非微肥用量越大,获取的作物产量就越高,有时反而降低了作物的产量。因此在目前施肥水平和生产条件下,锌、锰肥的用量宜控制在 $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-1}$ 为佳。

2.3.4 微肥施用方法与增产效果 在试验条件相同的情况下,钼酸铵在大豆上的增产效果是拌种(17.20%)优于喷施(9.80%);硫酸锌在大豆上的增产效果则以喷施(12.50%)为佳,基施效果较差,这可能与砂姜黑土富含固定外源微量元素的组分有关。

3 结论

砂姜黑土中硼、钼、锌和锰的全量小于全国平均含量,铜则略高于全国平均含量。

砂姜黑土中有效态钼、硼和锌处于严重缺乏状态,有效态锰略好于上述三元素,铜和铁的供应充足。

砂姜黑土施用锌锰钼硼肥都具有良好的增产效果,且与土壤有效态微量元素丰度、肥料种类和施肥方法有关。微肥宜施于微量元素有效丰度低于临界值的土壤上。

参 考 文 献

- 1 熊毅,李庆逵. 中国土壤. 北京:科学出版社,1987
- 2 张俊民. 砂姜黑土综合治理研究. 合肥:安徽科学技术出版社,1988
- 3 刘铮. 微量元素的农业化学. 北京:农业出版社,1991

Contents of Trace Elements in Lime Concretion Fluvo-aquic Soils and Effect of Trace Element Fertilizers on Crop Yield

Ding Weixin

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008)

Abstract In the paper the total and available contents of trace elements in lime concretion fluvo-aquic soils and effect of trace element fertilizers on crop yield were dealt with. The results showed that the total contents of Mn, Zn, B and Mo were lower than the average of soils in China and the contents of available Zn, Mn, B, Mo were also low, so trace element fertilizers could remarkably raise the crop yields in lime concretion fluvo-aquic soils which the contents of available trace elements were lower than the critical values.

Key words: Trace elements; Content; Trace element fertilizer; Crop yield; Lime concretion fluvo-aquic soil