

石灰性土壤中锰素营养的研究

I. 小麦对锰肥的吸收与锰肥肥效

张维理 张乃凤

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

近年来研究人员在江苏^[1]、山西^[2]、河南^[3]、陕西^[2]、河北^[2]、安徽^[3]、吉林^[4]等省所做的田间试验初步表明:在我国北方广泛分布的石灰性土壤上施用锰肥后对多种作物尤其是小麦有良好作用,一般可增产10%。上述省份的试验地区虽未观察到作物有很显著的缺锰症状,但是施锰后作物的肥效反应似已显示出此类土壤作物的锰素营养水平可能较低,施锰后改善了作物的锰素营养状况从而提高了产量。为了考察石灰性土壤上小麦对锰肥的吸收利用情况,了解小麦的锰素营养水平对其生长的影响,以进一步探明石灰性土壤上的锰肥肥效,笔者于1981年在三种石灰性土壤上进行了五种锰肥处理的小麦盆栽试验。

一、材料和方法

1. 供试土壤:供试土壤于1980年11月分别从江苏铜山、山西太谷、北京大兴采回,其基本理化性状参见表1。

2. 盆栽试验:春小麦“7714”的网室盆栽试验:用口径23厘米的瓦盆,内衬聚乙烯薄膜。每盆装风干土4公斤,每公斤土加入 NH_4NO_3 0.5克, KH_2PO_4 0.2克, K_2SO_4 0.15克。3月12日播种,4月15日拔节始期(网室盆栽35天)及5月4日孕穗期(网室盆栽53天)采集植株地上部样本进行分析测定。三种土壤上锰肥用量各为五个水平:0、0.01、0.02、0.04、0.08克 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ /千克土。重复三次,随机区组排列,培养期间全部浇以去离子水。

冬小麦“农大139”的温室盆栽试验:试验设置在4月15日收过春小麦的45个钵钵中。播种前施入 NH_4NO_3 0.05克/千克土。10月19日播种,12月9日(温室盆栽51天)采集植株地上部样本进行分析测定。三种土壤上锰肥用量为:在曾施入0、0.01、0.02、0.04、0.08克 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ /千克土的各处理中依序施入0、浸种加喷施、0.06、0.12、0.24克 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ /千克土。浸种加喷施的处理为将种子以0.1% MnSO_4 溶液浸36小时并在11月15日、12月2日两次喷施0.2% MnSO_4 溶液。重复三次,随机区组排列,培养期间全部浇以去离子水。

3. 植株含锰量的测定:湿灰化法消化植株样本,用原子吸收分光光度计测定。

- 1) 河南省安阳地区农科所,1978:微量元素肥效试验总结。
- 2) 河北省廊坊地区农业局土肥站,1980:微量元素对小麦玉米的增产作用。
- 3) 安徽省宿县地区农业局及农科所,1980:几种作物施钼锰肥的增产效果。
- 4) 吉林省农科院土肥所,1981:大豆施用 MnSO_4 肥效试验报告。

表 1 盆栽土壤

Table 1 Chemical and physical

土壤 Soils	取土地点 Locality	母质 Parent material	pH	有机质 (%) O. M.	粘粒 ($<0.001\text{mm}$) (%) Clay	CaCO ₃ (%)
黄潮土	江苏铜山	黄河冲积物	8.30	1.11	11.43	10.13
黄潮土	山西太谷	汾河冲积物	8.38	1.72	12.31	7.60
黄潮土	北京大兴	永定河冲积物	8.60	0.54	9.5	8.22

注: 据山西省农科院测定, 山西太谷地区土壤易还原态 Mn 为 100—190ppm。据刘铮等人报道, 江苏徐淮地区郊县一带永定河冲积物形成土壤上的土壤样本, 其易还原态 Mn 为 80—120ppm, 代换态 Mn 为 0.2—

二、结果与讨论

(一) 施用锰肥后小麦植株含锰量变化与小麦对锰肥的利用率

试验结果表明(表 2): 施用锰肥后植株地上部含锰量随着施锰量的增加显著提高。只是虽然锰肥的施用量很高, 植株含锰量增加的幅度却不大。铜山及大兴的土壤上当施锰量为 0.01 克 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ /千克土时, 植株地上部含锰量略低于对照。不过由于此时植株地上部干物质重较对照增加, 因而植株的总吸锰量仍高于对照。

从施锰量与植株含锰量的回归分析(图 1)可以看出: 石灰性土壤上作物对锰肥的吸收利用因土壤条件而异。铜山的土壤, 无论是春麦网室盆栽还是冬麦温室盆栽回归系数皆为最低(回归系数在此表示土壤施入相当于 1ppm 的锰引起植株含锰量增加的 ppm 数)。该土壤 CaCO₃ 含量高, 对施入的 MnSO_4 可能有较强的固定作用, 使得小麦对锰肥的利用率较低。

从表 2 还可以看出: 浸种加喷施的施用方法可以有效的提高植株的锰素营养水平, 其作用大约相当于 0.12 克 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ /千克土的土壤施锰量。

(二) 施锰后小麦地上部生长及其与植株含锰量之间的关系

如表 2 所示, 大兴土壤上施锰后显著提高“7714”及“农大 139”植株地上部干物质重。铜山土壤上“7714”网室盆栽施锰对小麦生长有显著作用, “农大 139”温室盆栽效果不明显。而在太谷土壤上两次盆栽试验中各处理间均无显著差异。对小麦的生长情况进行调查时发现: 生长在三种土壤上的春麦或冬麦都没有显示出缺锰症或锰害症, 但在大兴土壤上施锰后小麦旗叶的展开较对照提前。

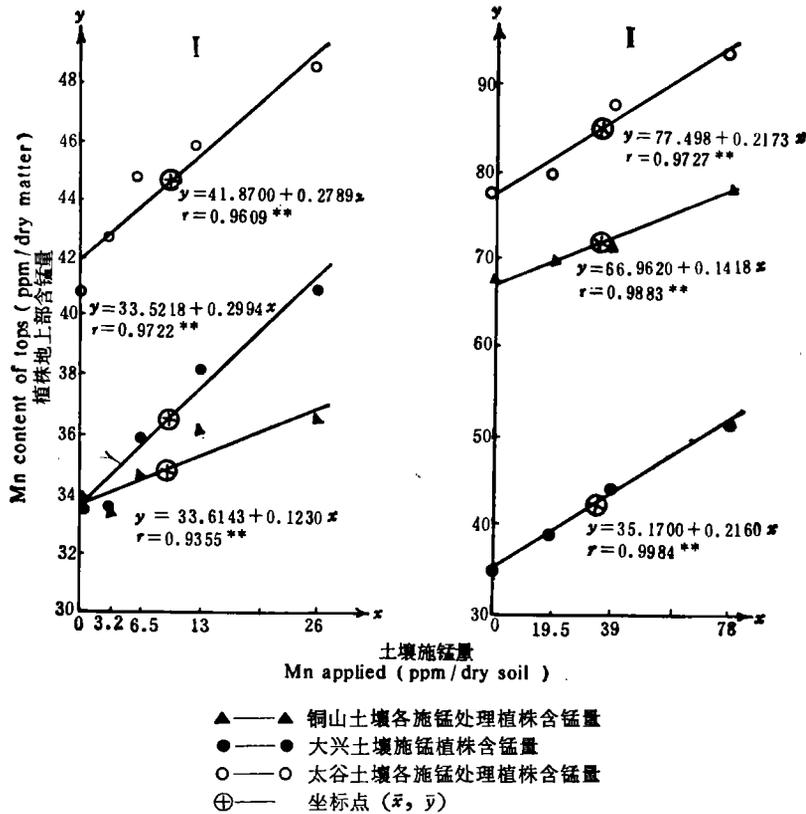
三种石灰性土壤上施入锰肥后小麦植株含锰量与地上部干物质重变化曲线(图 2)分别处于 Brown^[5] 所构造的随着养分供应的增加作物产量与植株养分浓度变化曲线(图 3)上的某一段。图 2(“7714”)之 III, 图 2(“农大 139”)之 II、III 中的实曲线处于 Brown 产量曲线上最佳产量偏右侧, 属于奢侈吸收的区域, 施入锰后随着小麦植株含锰量的增加植株地上部干物质重并不增加。而图 2(“7714”)之 I、II, 图 2(“农大 139”)之 I 中的实曲线则处于最佳产量偏左侧, 属于养分不足需要施肥的区域。根据盆栽试验, “7714”和“农大 139”的临界含锰量分别为 36ppm 和 44ppm。从图 2 可以看出, 当小麦植株含锰

的理化性状

properties of soils in pot experiments

阳离子代换量 (meq/100g soil) CEC	全 N (%) Total N	速效 P (ppm) Available P	速效 K (ppm) Available K	全 Mn (ppm) Total Mn	易还原态 Mn (ppm) Easily reducible Mn	代换态 Mn (ppm) Exchangeble Mn
8.27	0.0550	7.0	87	560	144	痕迹
10.03	0.0739	10.6	153	603	128	0.1
6.10	0.0267	6.4	74	475	85	0.2

土壤易还原态 Mn 为 15—292ppm, 代换态 Mn 为 0—8.4ppm。笔者测定了 7 个采自河北省固安县、北京市大兴 0.8ppm。



注: 左 I 为“7714”网室盆栽 53 天; 右 II 为“农大 139”温室盆栽 51 天

图 1 植株含锰量与施锰量的关系

Fig. 1 Relationship between Mn content of wheat plant and Mn applied in soils

量低于这两个界限时, 施锰后随着小麦锰素营养水平的提高植株地上部干物质增加。

(三) P、K 肥料的配合施用与锰肥效益

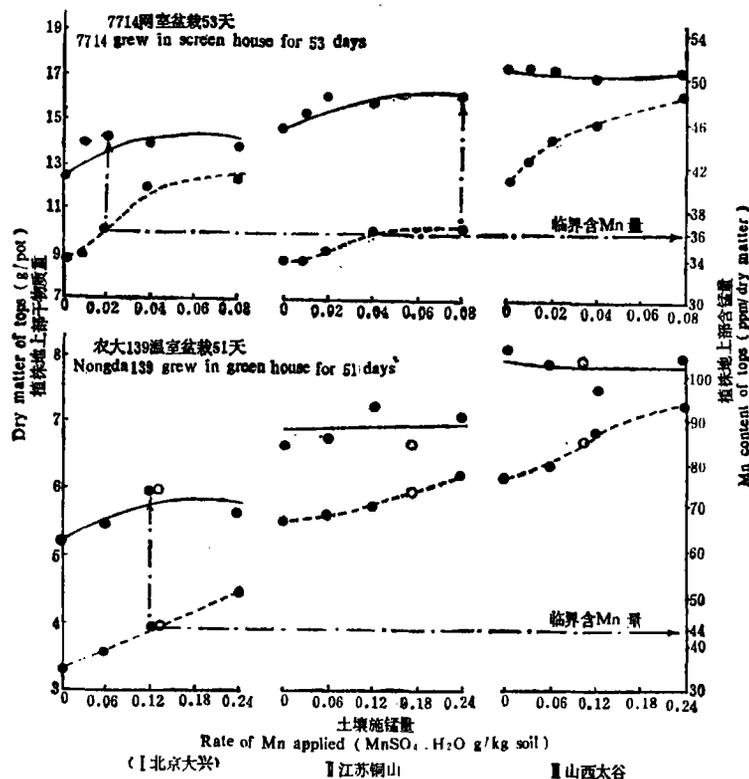
毫无疑问, 缺锰土壤上产量的增加要受到锰素供应的影响, 但在满足作物锰营养需要的同时必须考虑影响作物生长的其他营养条件的改善才能发挥锰肥的增产效益。鉴于我国有效锰不足的石灰性土壤往往又是肥力较低, 而且 P、K 肥及有机肥用量也较少的土

表2 小麦盆栽试验植株含锰量及干物质重

Table 2 Mn contents and dry matter of wheat plants in pot experiment

采土地点 Locality	“7714”网室盆栽53天 “7714” grew in screen house for 53 days					“农大139”温室盆栽51天 “Nongda 139” grew in green house for 51 days				
	施锰量 (g/kg soil) MnSO ₄ H ₂ O Mn applied	地上部 含锰量 (ppm/ D.M.) Mn content of tops	多重比较 Duncan's multiple- range test	较对照增加或 减少的% Increase or decrease compared with control (%)	地上部干 物质重 (g/pot) D.M. of tops	多重比较 Duncan's multiple- range test	较对照增加或 减少的% Increase or decrease compared with control (%)	地上部干 物质重 (g/pot) D.M. of tops	多重比较 Duncan's multiple- range test	较对照增加或 减少的% Increase or decrease compared with control (%)
北京大兴	0	33.72	a	-0.9	12.63	a	+10.6	5.24	a	+4.8
	0.01	33.43	a	+6.4	13.97	b	+12.5	5.49	ab	+14.1
	0.02	35.93	a	+13.3	14.21	ab	+8.0	5.98	b	+5.3
	0.04	38.21	ab	+21.4	13.64	ab	+6.7	5.52	ab	+14.5
	0.08	40.93	b	+10.1	13.48	ab	+9.4	6.00	b	+9.7
	平均值	36.54	F = 4.54*		13.65	F = 4.11*		5.65	F = 4.55*	
江苏铜山	0	33.59	a	-0.6	14.73	a	+4.2	6.68	a	+1.2
	0.01	33.37	a	+2.6	15.35	ab	+8.4	6.76	a	+8.8
	0.02	34.47	ab	+7.2	15.97	b	+7.1	7.27	ab	+6.4
	0.04	36.02	b	+8.7	16.77	b	+11.0	7.11	C	-0.6
	0.08	36.52	b	+4.5	16.23	b	+7.7	6.64	bc	+4.0
	平均值	34.79	F = 5.15*		15.61	F = 5.48*		6.89	F = 0.75	
山西太谷	0	40.87	a	+4.5	17.44	a	-1.1	8.12	a	-3.3
	0.01	42.71	ab	+9.6	17.42	ab	-1.1	7.85	a	-8.4
	0.02	44.80	bc	+12.4	17.24	bc	-2.7	7.44	ab	-1.7
	0.04	45.96	cd	+19.0	16.97	cd	-0.7	7.98	b	-2.5
	0.08	48.62	dc	+11.4	17.31	dc	-1.4	7.92	ab	-4.0
	平均值	44.59	F = 10.86**		17.28	F = 0.08		7.88	F = 1.15	

注: 大写字母不同表示多重比较0.01水平差异显著,小写字母不同表示多重比较0.05水平差异显著, **为F检验0.01水平差异显著, *为F检验0.05水平差异显著。(本文以下凡应用同类标记不再赘注)



注: 1. 每一坐标点为三次重复的平均值; 2. 虚线及其所连各坐标点表示随着施锰量的增加植株地上部含锰量变化, 其中虚点为浸种+喷施的施锰处理植株地上部含锰量(使其处于含锰量曲线上); 3. 实线及其所连各坐标点表示随着施锰量的增加植株地上部干物质重变化, 其中虚点为浸种+喷施的施锰处理植株地上部干物质重(其横坐标与该处理植株含锰量的横坐标相同)。

图2 施用锰肥后植株地上部含锰量与干物质重变化

Fig. 2 Variation of Mn concentration and dry matter of wheat tops after application of Mn

壤, 因此对于这种土壤施用锰肥时需要特别注意与 P、K 肥料的配合施用。笔者在大兴土壤上进行了另一次盆栽试验, 结果参见表 3。可以看出, 在只施以 N 肥的情况下施用锰肥并不促进作物的生长。在这些只施以 N、Mn 肥的盆钵中小麦生长缓慢, 植株出现明显的缺磷症状。而同时配以施用 P、K 肥料则提高了小麦地上部鲜重。

(四) 其他因素的影响与锰肥肥效

试验结果还表明(表 2), 即使对同一土壤来说锰肥效益也因作物品种和栽培条件而异。铜山土壤上“7714”网室盆栽施锰有一定效果, “农大 139”温室盆栽施锰效果不明显。一般说来冬小麦对锰的需要量较大, 因而对锰肥的反应较春小麦也更为敏感^[4], 故此这里可以认为温度的差异是造成锰肥效益不同的主要原因。温室条件下温度高, 土壤中锰的有效性提高^[6], 作物对锰的吸收增强, 不易出现锰素供应不足的问题。还应当指出: 大兴

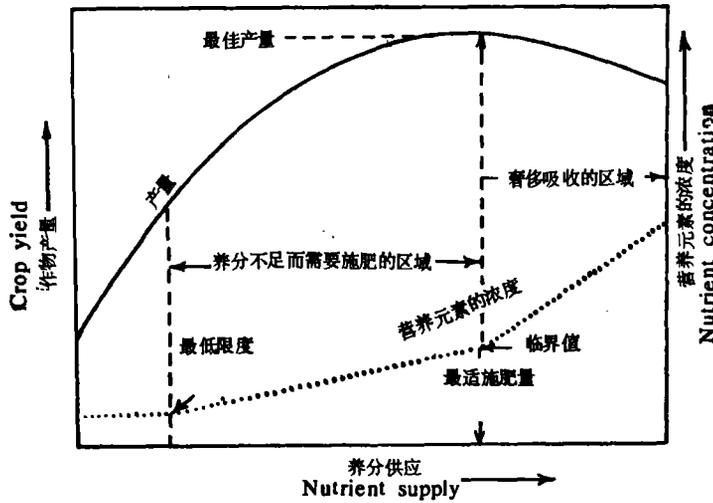


图 3 随着养分供应的增加作物产量与植株养分浓度变化的模式

Fig. 3 Schematic graph of the manner in which nutrient concentration and crop yield varies with the supply of the nutrient

表 3 锰肥同 P、K 肥料的配合施用与锰肥肥效

Table 3 The effect of application of Mn combined with P and K

N, P, K 施用量 (g/kg soil) N, P, K applied		NH ₄ NO ₃ : 0.5 KH ₂ PO ₄ : 0.2 K ₂ SO ₄ : 0.15			NH ₄ NO ₃ : 0.5 KH ₂ PO ₄ : 0 K ₂ SO ₄ : 0		
施锰量 MnSO ₄ ·H ₂ O (g/kg soil) Mn applied	植株地上部鲜重 (g/pot) Fresh tops	多重比较 Duncan's multiple-range test	较对照增加或减少的% Increase or decrease compared with control (%)	植株地上部鲜重 (g/pot) Fresh tops	多重比较 Duncan's multiple-range test	较对照增加或减少的% Increase or decrease compared with control (%)	
0	12.1	a		3.8			
0.06	13.0	a	+7.4	3.4		-10.5	
0.12	13.1	a	+8.3	3.7		-2.6	
0.24	15.5	b	+28.1	3.0		-21.6	
浸种加喷施	13.0	a	+7.4	3.8		0	
平均值	13.3	F = 6.38*	+12.8	3.6	F = 2.19	-8.7	

注: 供试小麦“农大 139”9 月 20 日播种, 12 月 9 日采集地上部植株。重复 3 次, 随机区组排列。

土壤上不同栽培条件下小麦含锰量都较低, “7714”网室盆栽和“农大 139”温室盆栽的对照盆钵中小麦植株含锰量分别为 33.72 和 35.17ppm, 两者的比值约为 1:1, 两次盆栽中该土壤施锰后都有一定效果。而铜山土壤上栽培条件、品种不同时作物对锰的吸收显示出较大的差异。两次试验对照盆钵中的小麦植株含锰量分别为 33.59 和 67.67ppm, 其比值约为 1:2, 施用锰肥的效益也因此而异。上述分析说明: 对不同的土壤来说作物对锰肥的吸收受到栽培条件及品种差异影响的程度不同。所以, 不同土壤上因栽培条件和品种差异对锰肥肥效的影响而导致的结果也不尽一致。

三、小 结

1. 石灰性土壤上施入锰肥后小麦的含锰量提高, 土壤 CaCO_3 含量、施肥方法的不同直接影响作物对锰肥的吸收。

2. 小麦盆栽试验中“7714”(网室盆栽 53 天)、“农大 139”(温室盆栽 51 天)的临界含锰量分别为 36ppm、44ppm。

3. 对有效锰不足的石灰性土壤来说, 当气温低, N、P、K 养分供应充足时施用锰肥有更为明显的增产效果。

参 考 文 献

- [1] 刘铮等, 1980: 土壤中的锰与锰肥的应用。中国科学院微量元素学术交流会汇刊, 136—145 页, 科学出版社。
- [2] 王学贵等, 1980: 锰肥在几种作物上的增产效果。中国科学院微量元素学术交流会汇刊, 146—153 页, 科学出版社。
- [3] 吴俊兰, 1980: 石灰性褐土微量元素的肥效, 土壤通报, 第 5 期, 24—27 页。
- [4] 李继云、汪锡彬, 1962: 土壤中的锰。中国科学院微量元素工作汇刊, 140—156 页, 科学出版社。
- [5] Brown, J. R., 1970: Plant Analysis. Missouri Agric. Exp. Sta. Bull., SB 881.
- [6] Tekale, R. R., 1978: Mn in soils of Parbham district. Journ. Maharashtra Agric. Univ., 2(3): 201—206.

STUDY ON THE NUTRITION OF Mn IN CALCAREOUS SOILS

Zhang Weili and Zhang Naifeng

(Institute of Soil and Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing)

Summary

Field experiments conducted recently in provinces of North China showed that in calcareous soil of loess parent material and fluvisol in the region of the Yellow and Huai rivers, Mn deficiency was becoming a problem in crop production. It seems that further study on Mn in calcareous soils and crops, effect of Mn-application and applicability of soil testing procedures for prediction of requirement of Mn by plant in the soil are of not only theoretical significance in micronutrient researches, but also of practical importance for improving yields. In order to achieve the objectives mentioned above, this study involves the following three parts:

I. Mn absorption of plants from applied Mn and crop response

In pot experiments, $MnSO_4$ was applied at 5 rates to three calcareous soils which were collected from different provinces of North China. While the amount of applied $MnSO_4$ was increased, Mn content of wheat plants increased correspondingly. The content of $CaCO_3$ and the applying methods directly affected the Mn absorbed by plants from the Mn applied.

For spring wheat "7714" which had grown in screen house for 53 days, the critical level of Mn was 36 ppm. For winter wheat which had grown in green house for 51 days, the critical level of Mn was 44 ppm.

It has been found that in calcareous soils deficient in available Mn, under the conditions of low temperature and adequate supply of N, P, K, the application of Mn is more effective.