

26-30

第25卷 第1期
1997年2月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 25 No. 1
Feb. 1997⑤
土壤养分限制因子的系统诊断研究*张树兰 吕殿青[✓]李 瑛

(陕西省土壤肥料研究所, 陕西杨陵 712100)

A
摘 要 应用温网室研究方法, 对陕西省4种主要农田土壤的养分状况进行了实验室分析、吸附试验和温室盆栽试验, 结果表明, 黄绵土养分缺乏顺序为 $P > N$, 塿土的养分限制因子为 $P > N > Zn > Mg$, S 和 Mo 的供应亦不足, 潮土主要缺磷, 其次是 Mn、Zn 和 Cu, 黄褐土的主要障碍因子是 N、P、Mo 和 S 也显示不足, 其它元素可满足作物生长需要。上述方法能较好地用来评价土壤养分状况并能迅速准确地确定土壤养分的限制因子及其缺乏程度。

关键词 土壤养分, 限制因子, 温网室研究

中图分类号 S158.3

土壤养分状况与作物生长发育密切相关, 不同类型土壤养分状况差异较大, 由于诸多因子的影响而又使土壤植物营养体系更加复杂。因而关于诊断土壤养分限制因子的方法, 是农业科技工作者长期以来研究的重要课题之一。以往缺素研究多采用个体因子或少数因子配合的研究手段, 对诸多营养元素间的平衡和相对丰缺状况缺乏系统研究。Hunter (1980) 首次提出了土壤养分状况的系统调查法——温室调查法^[1], Portch (1980) 对其进行补充完善^[2], 已在一些国家推广应用^[3]。该方法主要包括土壤的常规分析、养分吸附试验和指示作物盆栽试验3个主要部分。本文以 Portch (1988) 的修正法为依据, 对陕西省4种较为重要的土壤类型(黄绵土、塿土、潮土和黄褐土)的养分状况进行系统诊断研究。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集和分析

试验于1993年在陕西省农科院盆栽场进行。供试土壤分别为采自陕北米脂的黄绵土、关中宝鸡县的塿土、宝鸡县的潮土和陕南汉中的黄褐土。每种土壤取耕层(0~20 cm)样品约70 kg, 自然风干。各土样送500 g干样本至北京中加合作试验室, 按ASI法进行常规分析^[4]。分析项目包括pH、有机质(O.M.)、 NH_4-N 、活性Ca、Mg(1 mol/L KCl浸提)、速效P、速效K、速效Cu、活性Fe、速效Mn和速效Zn(ASI浸提剂提取)、速效S和速效B(0.08 mol/L $CaH_2(PO_4)_2$ 提取)。其余样品做吸附实验及盆栽用。

1.2 吸附试验

根据ASI确定的各营养元素亏缺临界值, 凡测定值低于3倍临界值的元素均进行土壤吸附试验。本研究进行吸附试验的元素有K、P、S、B、Cu、Mn和Zn。方法是将事前配制好的不同浓度待测元素的溶液, 加入一定量的土壤中, 拌匀后于无尘室内静置3~6 d,

收稿日期: 1996-05-24

* 农业部重点课题资助项目

风干后用 ASI 法浸提,测定土壤中各元素的有效含量。绘制吸附曲线,方法用文献[2]。

1.3 盆栽试验

1.3.1 试验处理的确定 结合化学分析值和吸附试验结果,可确定最佳处理,其基本原则是保证各营养元素的均衡供应。若土壤中某元素化学分析值 OPT 高于 3 倍临界值,在 OPT 中不再施加;当低于 3 倍临界值时,结合其吸附曲线使在 OPT 中的量达到其 3 倍临界值。从 OPT 配方中除去或加入某一元素,构成元素的丰缺诊断处理。4 种土壤的盆栽试验处理见表 1。

表 1 盆栽试验处理

土 壤	处 理
黄绵土	OPT -Mg -N -P -K -S +B -Cu -Fe -Mn +Mo -Zn +2P CK
埭 土	OPT -Mg -N -P -K +S +B -Cu -Fe -Mn +Mo -Zn +1/2K +1/2Mn CK
潮 土	OPT -N -P +K -S +B -Cu -Fe -Mn +Mo -Zn +1/2Cu +1/2Mn CK
黄褐土	OPT -N -P -K +S -B -Cu -Fe -Mn +Mo -Zn +1/2P +1/2K +1/4K +1/2Cu CK

注:—,在 OPT 中减去该元素;+,在 OPT 中加入该元素;1/2,在 OPT 中加入应加入量的一半;1/4,在 OPT 中加入应加入量的四分之一。

1.3.2 盆栽试验的设计与管理 用 500 mL 黄色塑料钵,先将各待加入的养分元素配成溶液,一次性加入风干土中,室内放置阴干后充分拌匀,每钵装土 400 mL,重复 4 次。将一根长约 12 cm 的过滤烟嘴从盆钵底部圆孔插入装土,留出一部分与灌溉液相连,利用毛细管原理灌溉。缺 N 和 CK 处理用蒸馏水,其他处理用 0.3 g/L NH_4NO_3 溶液作灌溉液。

以高粱(沈杂 5 号)作指示作物,种子经过 24 h 催芽,然后播入 1 cm 土壤深处,每钵播 15 粒,出苗后 2 d 定苗,每钵 10 株。生长 35 d 左右收获地上部分,烘干称重。以最佳处理的生物产量为 100,计算各处理的相对产量。

2 结果与讨论

2.1 供试土壤养分状况的评价

通过对原始土壤的化学分析,可大致明确土壤养分的丰缺状况及作物生长的限制因子。4 种土壤的分析结果(表 2)表明,N,P,Cu,Fe 和 Zn 各土壤均缺乏;黄绵土中的 K,S 和 Mn,埭土中的 K 和 Mn,潮土中的 S 和 Mn 及黄褐土中的 K 和 B 也呈现不足。由于土壤-作物之间关系的复杂性,土壤常规分析只能用于定性判别养分障碍因子存在的可能性,而障碍因子的亏缺程度及顺次如何,尚需生物试验验证。

表 2 供试 4 种土壤常规分析结果

土 壤	pH	O. M. (%)	Ca	Mg	K	Ca/Mg Mg/K		N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			(μg/mL)												
黄绵土	8.6	0.25	1400	180	105	7.1	3.6	13.7	15.6	0	0.67	0.62	4.2	7.13	1.39
埭 土	8.3	1.08	3840	128	82	17.9	5.1	9.6	10.6	41.7	0.64	1.36	4.6	5.95	0.78
潮 土	8.3	0.30	2980	491	281	3.6	5.7	11.5	34.2	34.9	1.23	1.67	6.7	4.05	2.27
黄褐土	7.4	0.44	4840	798	90	3.6	28.9	8.6	3.6	57.4	0.16	1.17	4.2	61.97	2.73
临界值					78	1.2~ 6.2	1.6~ 14		14	14	0.20	1.00	10	5	2

2.2 4 种土壤对营养元素的吸附能力

供试土壤几种元素的吸附试验表明, 塋土、潮土、黄褐土中加入的肥料 P 有 50% 以上转化成不可提取的形态, 黄绵土亦达 30% 以上; 4 种土壤中, 黄褐土对 P 的吸附及固定作用最强, 塋土和潮土次之, 黄绵土相对较弱(图 1)。对 K 的吸附及固定(图 2), 黄褐土 > 塋土 > 黄绵土, 这与 3 种土壤的粘土矿物含量有关。S 的吸附(图 3)在黄绵土和潮土中出现, 黄绵土的吸附及固定大于潮土, 这是由于前者含 S 量极微。B 的吸附只在黄褐土中出现, 有 50% 以上转化成为不可提取形态(图 4)。4 种土壤 Cu 的吸附及固定表现为黄褐土和塋土差异不大, 潮土和黄绵土相近。前两种土壤的吸附大于后两种(图 5)。供试土壤对 Mn 的吸附较强(图 6), 特别是塋土和潮土尤为突出, 这与土壤本身的 Mn 不足有关。黄绵土吸附力较弱, 尽管土壤 Mn 含量不高, 这与其质地有关。Zn 的吸附(图 7), 黄褐土和塋土曲线重合, 潮土与黄绵土吸附力相近, 其顺序为黄褐土 ≥ 塋土 > 潮土 > 黄绵土。

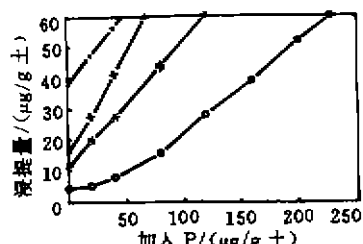


图 1 P 的吸附曲线

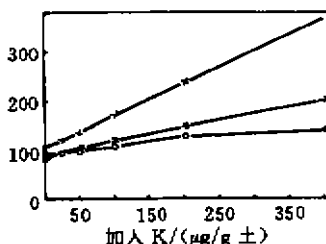


图 2 K 的吸附曲线

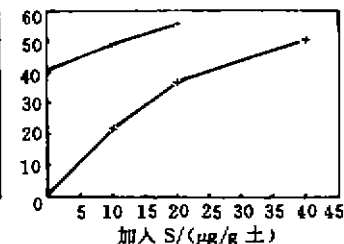


图 3 S 的吸附曲线

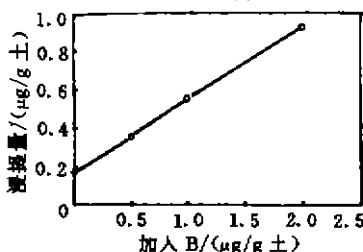


图 4 B 的吸附曲线

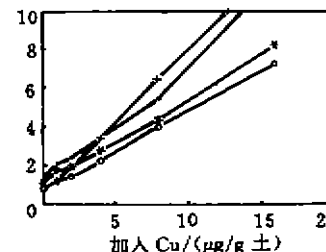


图 5 Cu 的吸附曲线

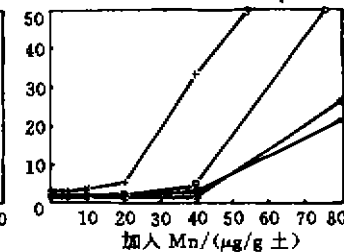


图 6 Mn 的吸附曲线

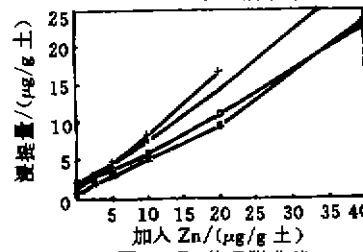


图 7 Zn 的吸附曲线

—●—●— 潮土
—+—+— 黄绵土
—*—*— 塋土
—○—○— 黄褐土

2.3 土壤中作物养分丰缺顺序

在常规分析和吸附试验的基础上进行了盆栽生物试验, 以便进一步确定各种养分的丰缺程度。对 4 种土壤的盆栽结果进行了方差分析, 各土壤处理间差异显著, 多重比较表明黄绵土(表 3)缺 P 严重, 不施该元素减产 83%, 缺氮减产 32%, 均达到 LSD(0.01)显著水平。减 K 和减 Zn 处理较 OPT 反增产显著, 可能是推荐处理中 K 和 Zn 估计不足, 其它元素供应充裕。黄绵土的主要养分障碍因子及丰缺顺序为 P > N。

塋土(表 3)的养分限制因子是 N, P, S, Cu, Fe, Mo, Zn 和 Mg, 缺乏程度为 P > N > Zn

$>Cu>Fe>Mg$, OPT 处理产量低于+Mo 和+S 处理,重复试验则应调整 OPT 处理中 S 和 Mo 的用量至+S 和+Mo 处理的用量。K, Mn 和 B 供应充足,加 1/2K 对产量无影响,加 1/2Mn 却导致明显减产,这是大量元素与微量元素的不同之处。

表3 供试土壤盆栽试验结果

土 壤	处 理	生物量 (g/盆)	相对产量 (%)	土 壤	处 理	生物量 (g/盆)	相对产量 (%)
黄绵土	OPT	2.866	100	壤 土	OPT	9.483	100
	-Mg	2.924	102		-Mg	10.052*	106
	-N	1.935**	68		-N	1.847**	19
	-P	0.486**	17		-P	1.750**	18
	-K	3.464**	121		-K	11.222***	118
	-S	3.20	112		+S	11.001**	116
	+B	2.803	98		+B	9.292	98
	-Cu	3.204	112		-Cu	10.642**	112
	-Fe	2.845	99		-Fe	10.363**	109
	-Mn	2.927	102		-Mn	9.501	100
	+Mo	1.803**	63		+Mo	10.586**	112
	-Zn	3.874**	135		-Zn	6.432**	68
	2P	3.312*	116		1/2K	9.827	104
	CK	0.507**	18		1/2Mn	8.736**	92
					CK	2.17**	23
				黄褐土	OPT	2.548	100
潮 土	OPT	3.634	100		-N	1.04**	41
	-N	4.101	113		-P	0.912**	36
	-P	1.959**	54		-K	2.753	108
	+K	3.323	91		+S	4.014**	158
	-S	4.292**	118		-B	2.736	107
	+B	2.751**	76		-Cu	2.483	94
	-Cu	3.075*	85		-Fe	2.283	90
	-Fe	3.266	90		+Mn	1.94**	76
	-Mn	3.008*	83		+Mo	3.028**	119
	+Mo	3.321	91		-Zn	2.559	100
	-Zn	3.064*	84		1/2P	3.859*	112
	1/2Cu	3.384	93		1/2K	2.722	109
	1/2Mn	3.29	90		1/4K	2.943**	116
	CK	2.344**	64		1/2Cu	4.244**	167
					CK	0.966**	38

注:黄绵土 $F=55.62^{**}$, * $LSD(0.05)=0.394$, ** $LSD(0.01)=0.527$;壤土 $F=534.62^{**}$, * $LSD(0.05)=0.535$, ** $LSD(0.01)=0.714$;潮土 $F=10.98^{**}$, * $LSD(0.05)=0.507$, ** $LSD(0.01)=0.678$;黄褐土 $F=36.56^{**}$, * $LSD(0.05)=0.287$, ** $LSD(0.01)=0.381$ 。

潮土(表3)P严重不足,Cu, Mn 和 Zn 亦不丰,缺乏程度为 $P>Mn>Zn>Cu$, Cu 和 Mn 的使用量为推荐量的一半即可满足作物需要。N, K, S, B, Fe 和 Mo 供应充足。黄褐土(表3)在4种土壤中肥力水平最差,产量最低。B, Fe 和 Zn 可满足作物生长需要, N, P, S, Mo, K 和 Cu 不足,其亏缺顺序为 $P>N>S>Mo>Cu>K$, 其中 P, K 和 Cu 的用量在重复试验中应调整。黄褐土中 S 的含量大于3倍临界值,但仍不能满足作物生长需要。

上述的温网室研究方法集土壤常规分析、吸附试验和指示作物盆栽于一体,对土壤养

分丰缺的判断有较高的准确性和系统性。这为肥料田间试验的设计提供了重要依据,也被认为是建立最高产量研究的前提^[5]。在本文盆栽试验中出现了 OPT 处理与结果不相符的现象。原因是不同土壤间的差异及营养元素的反应复杂多变;此外,种植制度、耕作方式及气候条件对养分状况也有显著影响。对此,应结合实际开展大量的室内和田间验证工作,对 ASI 土壤测试方法和指标做具体的改进和修正,使研究结果能真实地反应土壤养分状况。

3 结 论

陕西省 4 种土壤缺 P 严重,P 是土壤养分的第一限制因子。针对陕西省 4 种土壤的温网室研究结果,应侧重对黄绵土的 N,P,K 和 Zn,瘠土的 N,P,K,S,Mn 和 Cu,潮土的 N,P,Mn 和 Cu,黄褐土的 N,P,S,Mn 和 Cu 开展单因子或交互作用的田间重点研究。

参 考 文 献

- 1 Hunter A H. Laboratory and greenhouse technique for nutrient survey to determine the soil amendment required optimum plant growth. Agro Services International Inc. USA, 1980
- 2 Portch S. Greenhouse/screenhouse soil nutrient survey procedures. Potash and Phosphate Institute, Hongkong, 1988
- 3 Stephon F D, Sam P. 测定土壤养分障碍并建立持续高产的平衡施肥推荐的系统方法. 见: 国际平衡施肥学术讨论会论文集, 北京: 农业出版社, 1989
- 4 Hunter A H. ASI soil analysis for P, K, Cu, Fe, Mn and by ASI extracting solution. Agro Services Inc. USA, 1983
- 5 Portch S. *et al.* Identifying soil fertility constraints: A prerequisite for establishing Maximum Yield Research in china. In: Proceedings of Symposium on Maximum Yield Research A satellite symposium of the 14 th International Congress of Soil Science, Japan, 1990

Systematic Diagnosis on Soil Nutrient as Limitation Factors

Zhang Shulan Lu Dianqing Li Ying

(Shaanxi Institute of Soil and Fertilizer, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract With the greenhouse/screenhouse technique, the nutrient survey on four main farmland soil types in Shaanxi are conducted through laboratory analysis, sorption study and greenhouse planting experiment. The result showed that in yellow cotton soil the degree of nutrient-deficiency was $P > N$; in Lou soil, plant nutrients with limiting effects were $P > N > Zn > Mg$, and S and Mo were also insufficient; in Chao soil, $P > Mn > Zn > Cu$. While in yellow cinnamon soil, N and P were the two major limiting factors, and Mo and S were not also enough for plants; the other elements were not deficient. The method above can be used to determine the limiting factors and their deficiency degrees, and evaluate nutrient states in soil.

Key words soil nutrient, limiting factors, screenhouse study