

桑植县旱地与水田土壤养分限制因子的差异分析

尹力初¹, 罗兰芳¹, 彭宇², 周曙光², 罗建新¹

(1.湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南中烟工业有限责任公司 技术中心, 湖南 长沙 410014)

摘要: 以高粱为指示作物, 采用土壤养分测试、吸附试验和温网室生物盆栽试验相结合的方法, 对张家界市桑植县旱地与水田土壤的养分限制因子进行了系统诊断. 结果表明, 桑植县旱地和水田土壤中有效 Ca、Fe、Mn、B 含量丰富, 且对 P 素养分的吸附固定能力强. 在生物盆栽试验中, 旱地土壤缺 N、P、S、Mg、Mo、Zn, 高粱生物量分别减少 81%、53%、45%、41%、31%、21%; 水田土壤缺 N、P、S、Zn, 高粱生物量分别减少 75%、68%、29%、19%. 旱地土壤的养分限制因子比水田相对多, 但它们的第 1、2、3 养分限制因子均为 N、P、S. 由此, 在桑植县的水田和旱地土壤施肥时要优先保证充足的 N、P、S、Zn 肥供应, 在旱地中还要供应适量的 Mg、Mo 肥.

关键词: 土壤养分; 旱地; 水田; 限制因子; 系统研究法; 湖南桑植

中图分类号: S158.3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)05-0594-04

Differences of limiting factors of soil nutrients between dry cropland and paddy soil in Sangzhi county of Hunan province

YIN Li-chu¹, LUO Lan-fang¹, PENG Yu², ZHOU Shu-guang², LUO Jian-xin¹

(1. College of Resources and Environment, HNAU, Changsha 410128, China; 2. Technical Center of Hunan Tobacco Industry Co. Ltd., Changsha 410014, China)

Abstract: The limiting factors of soil nutrient were identified by systematic application of indicator plant (grain sorghum) and diagnostic soil analysis (soil adsorption trial and pot experiment) in dry cropland and paddy soil in Sangzhi county of Zhangjiajie city in Hunan province. The results showed that the available Ca, Fe, Mn and B were sufficient in the soils, which holds a higher adsorption capacity for P compared to other nutrients. Compared with OPT treatment, biomass of grain sorghum plant growing under N, P, S, Mg, Mo, and Zn-lacked treatment decreased by 81%, 53%, 45%, 41%, 31% and 21% in the dry cropland, and it decreased by 75%, 68%, 29% and 19% under N, P, S and Zn, lacked treatment in the paddy soil. N, P and S was the first, second, and third nutrient limiting factor both in the dry cropland or paddy soil in the areas, but there were more nutrient limiting factors in the dry land compared to the paddy soil. So, enough N, P, S, Zn fertilizer should be applied in the dry cropland and paddy soil to ensure growth of the crop, and a reasonable amount of Mg and Mo fertilizer also should be applied in the dry cropland.

Key words: soil nutrient; dry cropland; paddy soil; limiting factor; systematic approach; Sangzhi in Hunan

作物生长需要充足、均衡的养分供应, 土壤养分障碍分析不仅需要大量考虑大量营养元素氮、磷、钾, 还需要考虑其他中、微量营养元素. 土壤养分

状况系统研究法(ASI法)^[1]将土壤化学分析与植株营养效应紧密结合, 充分考虑了土壤中各种大、中、微量元素的综合平衡和土壤对营养元素的吸附固

收稿日期: 2010-04-03

基金项目: 国家烟草专卖局项目(2008YC0003)

作者简介: 尹力初(1973—), 男, 湖南慈利人, 博士, 副教授, lcyin0418@sohu.com

定对施入肥料有效性的影响,是目前较全面评价土壤养分丰缺和科学推荐施肥的综合技术之一^[2-4]。中国已在多个省份开展了ASI法应用研究,对多种类型土壤及作物进行了养分诊断^[5-10]。大多数研究结果^[11-15]表明,ASI法在平衡施肥、测土施肥上有着良好的应用前景,但该方法在湖南省耕地土壤上的应用研究少见报道。为此,笔者应用ASI法,对湖南省桑植县旱地和水田的土壤养分限制因子进行了较系统研究,旨在为该地区科学平衡施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试土壤样品的采集与制备

供试作物为高粱(湘糯梁 11 号)。在湖南省张家界市桑植县官地坪镇分别选择有代表性的旱地(红壤)与水田(灰泥田),其母质均为石灰岩风化物。通过多点随机采样法(20~30 个点),各采集耕层土样约 80 kg。自然风干后过孔径为 2 mm 筛,充分混合后再从中多点随机取样,取 1.5 kg 土样供土壤有效养分状况分析及进行土壤对主要营养元素的吸附试验。其余土样用作盆栽试验。

1.2 土壤有效养分含量分析及吸附试验

供试土壤的有效养分含量分析及其吸附试验采用ASI分析测定方法^[3]。测定的指标包括pH、交换性Ca、交换性Mg、有效P、有效K、有效S、有效Fe、有效Mn、有效Cu、有效Zn、有效B。开展吸附试验的养分元素为P、K、S、Mn、Cu、Zn、B。

1.3 盆栽试验

盆栽试验在湖南农业大学资源环境学院玻璃温室进行。根据土壤有效养分含量和吸附试验结果,参照各养分适宜值标准^[3],确定土壤各养分的丰缺状况,制定盆栽试验方案。旱地与水田盆栽试

验设置处理相同,均设置了 15 个处理,分别为:OPT、-CaCO₃、+Ca、-Mg、-K、-N、-P、-S、+B、+Cu、+Fe、+Mn、-Zn、-Mo、CK,每处理重复 3 次。OPT为最佳处理,各养分的施入量根据实验室分析和吸附试验调到最适水平。元素前面的“+”和“-”表示该处理该元素“施”和“不施”,其他养分与最佳处理一致。在确定最佳处理时,除使各种养分调整到最适状态外,还要考虑土壤酸度,Ca/Mg, Mg/K的平衡,从最佳处理配方中加入或除去某一元素构成元素的丰缺诊断处理^[3]。

在各处理下,先将各种待加入的养分元素配成溶液,一次性加入足量风干土中,在室内阴干捻细后充分混匀,装入 250 mL 不透明塑料杯,每杯装土 150 mL,塑料杯置入高 8 cm 的周转箱内,2009 年 6 月 4 日播种高粱,出苗 4 d 后间苗,每塑料杯中定苗 10 株,7 月 4 日收获。每塑料杯底部钻有 3 个直径 1 mm 的小孔,在装土前垫入厚度 2 mm 的棉花用来保证植株水分的供应。在植株生长的过程中用自动供水瓶保持周转箱中灌溉液的液面高度为 2~3 mm,其中缺N和CK处理用蒸馏水,其他处理用 0.3 g/L NH₄NO₃溶液灌溉。收获时剪取高粱植株地上部分,烘干后计算单株质量,以最佳处理的单株生物量为 100%,计算各处理的相对产量。

1.4 数据处理

试验数据采用 SAS 8.1 统计软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 土壤基本养分状况分析

供试土壤的 ASI 法测定结果见表 1。旱地与水田的土壤均为酸性,pH 分别为 5.43、5.32,交换性酸分别为 0.22、0.30 cmol/L。参照 ASI 法的土壤养

表 1 土壤有效养分状况

Table 1 Analysis status of effective nutrient of tested soil

土壤	有效养分含量/(mg·L ⁻¹)									
	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Cu	Zn	S	B	P
旱地土壤	897	53	121	234	53.9	5.6	3.0	7.8	1.7	3.0
水田土壤	725	43	47	291	24.3	4.4	1.2	14.0	0.8	5.3
土壤养分适宜值	701	182	156	30	12.0	3.0	6.0	60.0	1.0	50.0

分适宜值标准,旱地和水田土壤有效养分中Ca、Fe、Mn、和Cu含量丰富,K、P、Mg、Zn和S缺乏,旱地土壤的有效B比水田丰富,这是由于在当前农业生产中普遍重视化肥(尤其是N、P、K化肥),忽视有机肥施用的条件下,耕地土壤中养分元素出现了不平衡,尤其是一些中、微量养分出现一定程度的亏缺^[16-17],从而给作物的生长带来了一定的影响。

2.2 土壤吸附特性

由表2(吸附曲线 $Y=AX+B$, A为吸附系数,吸附系数越大,土壤吸附能力越弱)可知,旱地和水田土壤对各养分的吸附固定能力大小依次为P、K、Cu、B、Zn、S、Mn。这是由于2种供试土壤都发育于石灰岩母质,土壤中含有大量的Ca,所以P素养分施入土壤后容易与Ca结合生成沉淀而被固定。

表2 土壤养分元素吸附特征曲线
Table 2 Curve of soil nutrient adsorption characteristic

元素	特征曲线	
	旱地土壤	水田土壤
P	$Y=0.325X - 3.044, r=0.980^{**}$	$Y=0.356X - 1.379, r=0.992^{**}$
K	$Y=0.699X+108.080, r=0.991^{**}$	$Y=0.755X+51.578, r=0.999^{**}$
S	$Y=9.629X - 9.082, r=0.884^{**}$	$Y=12.128X - 7.040, r=0.911^{**}$
B	$Y=1.988X - 2.021, r=0.887^{**}$	$Y=2.058X - 2.557, r=0.855^*$
Zn	$Y=4.680X - 5.202, r=0.918^{**}$	$Y=4.649X - 6.682, r=0.932^{**}$
Mn	$Y=13.864X+18.842, r=0.822^*$	$Y=13.410X - 3.237, r=0.901^{**}$
Cu	$Y=1.872X+2.018, r=0.879^{**}$	$Y=1.988X+0.613, r=0.916^{**}$

2.3 高粱生物量

由表3可知,与OPT处理相比较,旱地土壤缺N,使高粱生物量减少81%,缺P减少53%,缺S减少45%,缺Mg减少41%,缺Mo减少31%,缺Zn减少21%,加B有一定的负面效应,而是否施用其他养分没有不良影响,所以其养分限制因子分别为N、P、S、Mg、Mo、Zn等。水田土壤缺N,使高粱生物量减少75%,缺P减少68%,缺S减少29%,缺Zn减少19%,加Ca、Fe、Cu有一定的负面效应,其养分限制因子分别为N、P、S、Zn等。因此,桑植旱地和水田土壤的第1、2、3养分限制因子均为N、P、S,但旱地土壤的养分限制因子比水田更多。

对比土壤养分分析结果与盆栽试验结果,可以发现,两者的结果并不完全一致。土壤养分分析结果,2种土壤中都缺K,水田土壤还缺Mg,但盆栽试验结果却表明这些元素并不缺乏,说明单纯以土壤养分分析结果来判断土壤养分盈亏并不精确,必须开展相应的生物盆栽试验加以验证。这是因为土壤养分状况不是一个孤立因素,而是受土壤其他理化性状、气候、环境和作物营养特性等多种因素的综合影响^[13],其分析结果只能判断养分限制因子存在的可能性,而不能确定养分丰缺。

表3 供试土壤盆栽试验结果
Table 3 Results of pot trial of tested soil

处理	单株平均产量/mg		相对产量/%	
	旱地土壤	水田土壤	旱地土壤	水田土壤
OPT	478a	375a	100	100
- CaCO ₃	303e	367a	63	98
+Ca	409b	285c	85	76
- Mg	282f	372a	59	99
- K	428b	341ab	90	91
- N	90h	92de	19	25
- P	223g	119d	47	32
- S	262f	268c	55	71
+B	337d	324b	71	86
+Cu	468a	296bc	98	79
+Fe	461a	259c	96	69
+Mn	472a	350ab	99	93
- Zn	373c	303b	78	81
- Mo	330d	369a	69	98
CK	72h	77e	15	21

土壤养分测试与生物盆栽试验结果都证实桑植县水田与旱地土壤中某些中、微量养分缺乏。在今后的施肥中要注重中、微量元素化肥的施用,尤其是要注重有机肥的施用。

3 结 论

桑植县旱地或水田土壤中有效Ca、Fe、Mn、和B含量丰富,且对P素养分的吸附固定能力强。土壤养分分析结果与盆栽试验结果并不完全一致,单纯以土壤养分分析结果来判断土壤养分盈亏并不精确,必须开展相应的生物盆栽试验加以验证。生物盆栽试验结果表明,桑植旱地或水田土壤,其第1、2、3养分限制因子分别为N、P、S,但旱

地土壤的养分限制因子比水田相对更多。种植水稻后,桑植耕地土壤中需补充适量 N、P、S、Zn;种植旱地作物后,耕地中不仅需要补充以上养分,同时还要供应适量的 Mg、MO 肥。

参考文献:

- [1] Hunter A H . Laboratory and Greenhouse Techniques for Nutrient Survey to Determine the Soil Amendments Required for Optimum Plant Growth[M] . Florida : Mimeograph Agor Service International , 1980 : 54-72 .
- [2] 金继运,张宁,梁鸣早,等.土壤养分状况系统研究法在土壤肥力研究及测土施肥中的应用[C]//金继运.土壤养分状况系统研究法学术讨论会论文集.北京:中国农业科学技术出版社,1992:40-51.
- [3] 加拿大钾磷研究所北京办事处.土壤养分状况系统研究法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2005:1-10.
- [4] 阮云泽,孙桂芳,唐树梅.土壤养分状况系统研究法在菠菜平衡施肥上的应用[J].植物营养与肥料学报,2005,11(4):530-535.
- [5] 刘平,张仁绥,卢益武.土壤养分系统研究法的改进及应用[J].西南农业学报,2001,14(1):65-69.
- [6] 赵瑞芬,陈明昌,张强.山西省褐土土壤养分限制因子研究[J].山西农业科学,2003,31(3):35-39.
- [7] 章明清,彭嘉桂,杨杰.土壤养分状况系统研究法在花生平衡施肥上的应用研究[J].福建农业学报,2000,15(1):55-58.
- [8] 谭雪明,石庆华,潘晓华.江西省 4 种水稻土养分限制因子的初步研究[J].江西农业大学学报,1998,25(6):427-432.
- [9] 张学军,桂林国,王兴仁.宁夏扬黄新灌区春小麦产量的土壤养分限制因子的初步研究[J].土壤通报,2000,31(4):183-184.
- [10] 李娟,赵良菊,郭天文.土壤养分状况系统研究法在兰州灌淤土平衡施肥中的应用研究[J].甘肃农业研究,2002,17(6):39-41.
- [11] 张炎,王讲利,李磐.新疆棉田土壤养分限制因子的系统研究[J].水土保持学报,2005,37(6):57-60.
- [12] Ye X J, Wang H Y, Tu S H . Nutrient limiting factors in acidic vegetable soils[J] . Pedosphere, 2006, 16(5) : 624-633 .
- [13] 杨苞梅,李敏怀,姚丽贤,等.广东省香蕉主产区蕉园土壤的养分限制因子研究[J].云南农业大学学报,2008,23(6):818-825.
- [14] 吴志鹏,马友华,宋法龙,等.江淮丘陵地区水稻“颖壳不闭”土壤养分限制因子研究[J].中国农学通报,2008,24(7):288-293.
- [15] 妥德宝,段玉,赵沛义,等.土壤养分状况系统评价法及其在内蒙古旱作农业上的应用[J].内蒙古农业科技,2006,11(6):9-10.
- [16] 鄢一笑,张杨珠.湖南省水稻测土配方施肥指标体系研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(1):86-88.
- [17] 李卫,周冀衡,赵松义,等.湖南烟区土壤有效态微量元素分布特征及评价[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(4):373-377.

责任编辑:刘目前
英文编辑:罗文翠