

文章编号: 1005-0906(2007)03-0118-04

甘肃省红粘土营养诊断与玉米平衡施肥研究

崔云玲, 郭天文

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 兰州 730070)

摘要: 温室盆栽与田间试验研究甘肃省临夏积石山红粘土营养状况。结果表明, 盆栽红粘土缺 N、P、K、S、Cu、Mn 和 Zn, 未表现缺 Mo; Fe 和 B 元素充足。减 N、P、K、S、Cu、Mn 和 Zn 处理的作物相对产量分别为 53.2%、39.5%、89.4%、84.4%、82.5%、83.5% 和 95.2%。土壤养分亏缺顺序为 $P > N > Cu > Mn > S > K > Zn$; N、P 和 Zn 肥为大田该红粘土主要限制因子, 其次为 S、Cu 和 K, 土壤中不缺 Mo, OPT 中氮量适中。与 OPT 相比, 减 N、P、Zn 和 Cu 玉米分别减产 52.0%、21.2%、22.3% 和 17.3%, 增加 N 用量产量降低 8.4%。推荐施肥配方为 N 210 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²、S 90 kg/hm²、Cu 3.75 kg/hm² 和 Zn 1.5 kg/hm²。

关键词: 红粘土; 营养诊断; 玉米; 平衡施肥

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Study on Nutrition Diagnosis and Balancing Fertilizer in Red Clay of Gansu Province

CUI Yun-ling, GUO Tian-wen

(Institute of Soil and Fertilizer, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In this paper, with the pot experiment and field experiment, the nutrients status of red clay at Jishishan county in gansu province was studied. The results showed that N, P, K, S, Cu, Mn and Zn were deficient, Mo was not deficient, Fe and B were sufficient in red clay. The relative yields of sorghum from the soils non applied with N, P, K, S, Cu, Mn and Zn were 53.2 %, 39.5%, 89.4%, 84.4%, 82.5%, 83.5% and 95.2% respectively. The nutrient deficit order was $P > N > Cu > Mn > S > K > Zn$. In field experiment, the main limiting factors nutrients were N, P and Zn fertilizers, secondly were S, Cu and K, the soil had enough amount Mo, OPT were suitable of N. Based on the treatment of OPT. Non application of N, P, Zn and Cu fertilizers could reduce the yield of maize prominently and the decreasing amplitudes were 52.0%, 21.2%, 22.3% and 17.3% respectively. While increased the N application, the yield will be decreased and the decreasing amplitude was 8.4%. The recommendatory fertilizer dosage of red clay were N 210 kg/ha, P₂O₅ 120 kg/ha, K₂O 60 kg/ha, S 90 kg/ha, Cu 3.75 kg/ha and Zn 1.5 kg/ha respectively.

Key words: Red clay; Nutrition diagnosis; Maize; Balancing fertilizer

土壤肥力是衡量土壤生产力的综合指标, 土壤养分状况是土壤肥力的基础^[1,2]。农作物产量是土壤肥力、施肥效应、降雨、气温等因素综合作用的结果, 科学施肥是提高作物产量的重要措施^[3]。营养元素是作物生长所必需的, 对作物的生长发育都是同等重要而不可缺少的, 它们各自所起的作用不能相互代替。作物产量的高低受供给作物最少的养分所决

定(最小养分率)。在一定程度上, 作物产量随这种元素的增减而相应增减, 只有增加最小养分的供应量, 作物产量才能提高, 因此确定土壤养分限制因子, 进行平衡施肥是必要和可行的。农业化肥施用量的不断增加使土壤污染严重和农产品质量下降, 且单纯提高 N、P 肥施用量并不能全部消除植物营养限制因子。本研究对甘肃省高寒阴湿区主要农田红粘土养分特点进行诊断分析, 为农田红粘土平衡施肥提供理论依据。

1 材料与方法

试验设盆栽和大田试验, 供试土壤为甘肃省积

收稿日期: 2006-11-13

基金项目: PPI/PPIC 项目

作者简介: 崔云玲(1972-)女, 助理研究员, 主要从事植物营养与土壤肥料方面的研究工作。E-mail: tfscyl@163.com

石山县红粘土,取多点 0 ~ 20 cm 耕层土样 70 kg 风干混匀后过 2 mm 筛,取 1.0 kg 土样于中国农业科学院土壤肥料研究所中-加合作土壤植物实验室

按 ASI 法进行常规分析及吸附研究,并根据室内分析结果与各元素养分亏缺临界值确定盆栽所需肥料加入量^[4,5](表 1)。

表 1 供试土壤营养元素含量及温室盆栽推荐加入量

Table 1 Content of nutrient elements of soil and recommend added amount in pot experiment

项目 Items	pH	有机质(g/kg)	养分含量(mg/kg) Nutrient contents										
		Organic matter	Ca	Mg	K	N	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
红粘土养分	8.2	4.0	2 813.75	234.95	154.5	21.1	17.65	36.25	11.1	0.95	27.55	8.20	1.35
盆栽推荐用量	-	-	0	0	0.0	50.0	44.01	11.53	0.0	1.06	0.00	166.61	7.18
养分亏缺临界值	-	-	-	-	78.0	50.0	14.00	14.00	0.3	1.00	10.00	5.00	2.00

注:表中数值均为折纯量。

Note: The numerical value in table were equivalent pure volume.

盆栽试验在甘肃省农业科学院土壤肥料研究所温室进行,供试作物为高粱,试验盆钵采用塑料小花盆,每盆装红粘土 400 mL,试验严格按加拿大钾磷肥研究所提供的方法完成^[6,7]。试验设计各处理时先按经验确定适于一般作物的养分含量临界值,并通过吸附曲线查出使土壤各养分含量达到临界值 2 ~ 3 倍所需肥料施入量,以此作为最佳处理的肥料施用量,再由最佳处理配方中除去(理论缺乏)或加入(理论充足)某一元素构成元素的丰缺诊断指标^[8]。

温室盆栽试验设计 12 个处理,分别为 OPT(最佳处理)(I)、-N(II)、-P(III)、-K(IV)、-S(V)、+B(VI)、-Cu(VII)、+Fe(VIII)、-Mn(IX)、+Mo(X)、-Zn(XI)和 CK(XII),因该土壤缺 N、P、K、S 和 Cu 等元素,故最佳处理(I)中均加入该几种元素,而 -N(II)、-P(III)、-K(IV)、-S(V)和 -Cu(VII)等处理是从最佳处理(I)中分

别减去该几种元素后的处理,以验证这几种元素的缺乏程度。

各处理重复 4 次。高粱播种 50 d 后(即植株接近最大生长量时)收获地上部分,并置 105℃下杀青,80℃下烘干至恒重,称取干物质量为产量指标。大田试验在积石山县关家川乡何家村同等肥力地块进行,供试作物为春玉米,品种中单 2 号,试验设 10 个处理,重复 4 次,施肥量以盆栽试验结果中的养分限制因子及该因子在大田生产最佳用量而定,各处理养分用量见表 2。每个小区面积为 20 m²,随机区组排列,春玉米收获后按各小区测产。供试肥料品种为尿素(N 46%)、重钙(P₂O₅ 46%,S6%)、KCl(K₂O 60%)、硫磺(S 100%)、氯化锌(Zn 48%)、氯化铜(Cu 47%)、钼酸钠(Mo 56%)。

表 2 大田各处理养分施用量

Table 2 Application amount of pure nutrient in different treatments

处 理 Treatments	养分用量(kg/hm ²) Pure nutrient amount						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Zn	Cu	Mo
OPT(I)	210	120	0	90	1.5	3.75	3.75
-N(II)	0	120	0	90	1.5	3.75	3.75
-P(III)	210	0	0	90	1.5	3.75	3.75
-S(IV)	210	120	0	0	1.5	3.75	3.75
-Zn(V)	210	120	0	90	0.0	3.75	3.75
-Cu(VI)	210	120	0	90	1.5	0.00	3.75
-Mo(VII)	210	120	0	90	1.5	3.75	0.00
+N(VIII)	225	120	0	90	1.5	3.75	3.75
+K(IX)	210	120	60	90	1.5	3.75	3.75
CK(X)	0	0	0	0	0.0	0.00	0.00

2 结果与分析

2.1 红粘土养分特点及对主要元素吸附趋势

表 1 表明,积石山县红粘土 N、Cu 与 Zn 含量低于养分亏缺临界值,为限制作物生长的主要因子;P、K、S、Fe、Mn 含量虽然高于临界亏缺值,但是均低

于 3 倍的临界值,将成为潜在的限制因子;Ca、Mg、B 含量高,不会影响作物的生长。表 3 表明,供试土壤对 S 的吸附固定能力很弱, 吸附梯度为 1.235 8;对 Zn 的吸附固定能力较弱,吸附梯度为 0.827 6;对 P 和 Cu 的吸附固定能力居中,吸附梯度为 0.756 5 和 0.777 2;对 K 的吸附能力较强,吸附梯度为 0.383 8;

对 Mn 的吸附特殊,表现为在低用量(Mn 加入量 <20 mg/kg)时的吸附很强,吸附梯度为 -0.059 6,当 Mn 的加入量 20 mg/kg 时吸附迅速减弱, 吸附梯度为 1.167 1,且其相关系数达显著或极显著。土壤供肥能力依次为 S>Mn($X \geq 20$)>Zn>Cu>P>K>Mn($X < 20$)。

表 3 红粘土吸附特征直线回归
Table 3 Parameters of linear regression to red clay absorption characterizes

项 目 Items	元素 Elements						
	P	K	S	Cu	Mn		Zn
					$X < 20$	$X \geq 20$	
A	12.766 0	133.470 0	32.950 0	2.184 3	8.734 0	-19.100 0	2.095 8
B	0.756 5	0.383 8	1.235 8	0.777 2	-0.059 6	1.167 1	0.827 6
r	0.999 3	0.998 6	0.988 1	0.999 1	0.914 7	0.991 9	0.997 5

注: $Y = A + B \times X$

表 3 所列数据为红粘土吸附特征直线回归: $Y = A + B \times X$,从表中所列数据就可以看出该土壤对各元素的吸附状况。 X 表示各元素在土壤中的加入量($X \geq 0$), Y 为浸提量, A 为空白浸提量, B 为吸附梯度, r 为相关系数。

2.2 盆栽红粘土不同施肥处理对作物相对产量的影响

表 4 表明,盆栽红粘土营养元素主要缺 N 和 P,其次缺 K、S、Cu 和 Mn。从最佳处理(I)中减少 N 和

P 肥施用量后作物干物质质量分别下降 46.8%和 60.5%,减少 K、S、Cu、Mn 和 Zn 肥施用量后作物干物质质量则分别下降 10.6%、15.6%、17.5%、16.5%和 4.8%,经方差分析差异除减少 Zn 未显著外其它均达极显著水平。红粘土未表现缺 Zn 和 Mo,Fe 和 B 元素充足,增施 Fe 和 B 肥处理与最佳处理(I)相比干物质降幅依次为 11.3%、19.7%,若再进一步增加用量可能会产生毒害作用,故积石山红粘土养分亏缺顺序为 $P > N > Cu > Mn > S > K > Zn$ 。

表 4 各处理作物干物质质量与相对产量比较(盆栽)
Table 4 The dry matter weight and relative yield in different treatments of pot experiment

项 目 Items		处 理 Treatments											
		OPT	-N	-P	-K	-S	+B	-Cu	+Fe	-Mn	+Mo	-Zn	CK
干物质质量(g/ 盆)	I	2.70	1.24	0.77	2.02	2.35	2.12	2.23	2.31	2.68	2.42	2.62	0.59
	II	2.47	1.38	0.96	2.33	1.69	1.87	1.87	2.29	1.90	2.85	2.28	0.41
	III	2.34	1.38	1.34	2.23	2.15	1.96	2.02	1.92	2.37	2.38	2.40	0.61
	IV	2.44	1.30	0.85	2.31	2.21	2.04	2.09	2.30	1.36	2.55	2.17	0.61
	平均	2.49	1.32	0.98	2.22	2.10	2.00	2.05	2.21	2.08	2.55	2.37	0.56
相对产量(%)		100	53.2	39.5	89.4	84.4	80.3	82.5	88.7	83.5	102.5	95.2	22.3

2.3 大田红粘土不同施肥处理对玉米产量的影响

由表 5 可知,大田试验红粘土在补足 N、P、S、Zn、Cu 和 Mo 等元素(即 OPT)基础上,增施 N 肥(IX)N 肥(VIII)减产(8.4%),增施 K 肥(IX)处理增产(7.3%),故大田试验最佳处理(I)的 N 肥用量适中,土壤中 K 不足,施 K 肥则可增加玉米产量,改善其品质。与大田试验最佳处理(I)相比,减 N(II)、减 P(III)、减 S(IV)、减 Zn(V)和减 Cu(VI)肥处理玉米产量均降低,其中减 N、减 P、减 Zn 和减 Cu 处理玉米产量显著降

低,减幅分别为 52.0%、21.2%、22.3%和 17.3%,减 S 肥虽有减产但不明显,减幅为 7.8%,减 Mo(VII)肥表现为增产(6.1%)。经方差分析,-N、-P、-Zn 和 -Cu 处理与 OPT 间均达差异极显著水平,-S、+N 和 +K 与 OPT 间差异显著,-Mo 与 OPT 间差异不显著。积石山红粘土肥力主要表现为极缺 N、P 和 Zn,缺 S、Cu、K,OPT 中氮量合适,土壤中不缺 Mo,推荐施肥配方为 OPT-Mo+K 即 N 210 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 60 kg/hm²、S 90 kg/hm²、Cu 3.75 kg/hm² 和 Zn 1.5 kg/hm²。

表 5 大田红粘土不同施肥处理对玉米产量的影响

Table 5 Effects of different fertilization treatments on yield of maize

处 理 Treatments	玉米产量(kg/ 区) Yield of maize					产量(kg/hm ²) Yield	相对产量(%) Relative production
	重复 1	重复 2	重复 3	重复 4	平均值		
	Iterance 1	Iterance 2	Iterance 3	Iterance 4	Average value		
OPT(I)	18.9	18.3	17.1	17.3	17.9	8 950.0	
-N (II)	9.1	8.9	7.9	8.6	8.6	4 312.5	48.0
-P (III)	13.9	13.3	14.6	14.7	14.1	7 062.5	78.8
-S (IV)	17.4	16.7	15.6	16.3	16.5	8 250.0	92.2
-Zn(V)	14.9	14.3	12.9	13.3	13.9	6 925.0	77.7
-Cu(VI)	15.6	12.8	13.1	17.6	14.8	7 387.5	82.7
-Mo(VII)	19.8	18.9	18.3	19.0	19.0	9 500.0	106.1
+N (VIII)	17.3	16.3	15.1	16.7	16.4	8 175.0	91.6
+K (IX)	20.1	18.6	18.3	19.9	19.2	9 612.5	107.3
CK (X)	7.9	7.9	7.3	7.0	7.5	3 762.5	41.9

3 结 论

盆栽试验红粘土养分亏缺顺序为 N>P>Cu>Mn>S>K>Zn,与盆栽试验最佳处理(I)相比未施这些元素处理相对产量依次为 53.2%、39.5%、89.4%、84.4%、82.5%、83.5%和 95.2%,红粘土壤未表现缺 Mo、Fe 和 B 元素充足。大田试验最佳处理(I)若再增施 N 肥则玉米产量下降,减幅 8.4%,减 N、减 P、减 Zn 和减 Cu 肥处理则极显著降低玉米产量,减幅依次为 52.0%、21.2%、22.3%和 17.3%,减 S 肥虽有减产但不明显,减幅为 7.8%。积石山红粘土中应注重增施 N、Zn 和 P 肥,尤其是 N 肥,并适量施用 Cu、S 和 K 肥。

参考文献:

[1] 郑立臣,宇万太,马 强,等.农田土壤肥力综合评价研究进展[J].生态学杂志,2004,23(5):156-161.

[2] 洛东奇,白 洁,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法[J].土壤与

环境,2002,11(2):202-205.

[3] 张 颖.玉米高产效益施肥技术研究[J].土壤肥料,1996(4):13-17.

[4] Dowdle S, Portch S. Asystemic approach for determining soil nutrient constrains and establishing balanced fertilizer recommendation for sustained high yields[J]. Proceedings of the International Symposium on Balanced Fertilization. 1988: 243-251.

[5] Hunter A H. Laboratory and greenhouse techniques for nutrient survey to determine the soil amendments required for potimun plant growth. Mimeograph[M]. Florida, USA: Agro Service International, 1980.

[6] Proth S. Greenhouse/ screenhouse soil nutrient survey procedures[M]. Mimeograph. Hong Kong: Potash and Phosphate Institute, 1988.

[7] JIN J Y, Porth S. Summmery of greenhouse plant nutrient survey studies of Chinese soils[J]. International Symposium on the Role Sulphur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Palant Nutrient. 1991, 209-215.

[8] 金继运.土壤养分系统研究法及其在我国的初步应用[M].加拿大钾磷研究所北京办事处编.土壤养分系统研究法.北京:中国农业科技出版社,1992.

(责任编辑:李万良)