

磷施用量对红壤中玉米生长的影响

官利兰¹, 陈锐浩², 程凤嫻¹, 杨依彬¹, 巫彬芳², 邓兰生^{2*}

(1. 广州一翔农业技术有限公司, 广东广州 510650; 2. 华南农业大学资源环境学院, 广东广州 510642)

摘要 [目的]探讨红壤上玉米适宜的磷肥施用量。[方法]通过盆栽试验,研究了0、60、120、180、240 kg/hm² 磷肥施用量对玉米生长、养分积累及红壤中全磷和有效磷含量变化的影响。[结果]磷肥施用量为120 kg/hm² 时,红壤中玉米株高、茎粗均优于其他处理,磷肥施用量为120、180 kg/hm² 时促进玉米生物量的积累,提高植株磷养分含量。土壤有效磷含量和全磷含量随着磷肥施用量的增加而增加。[结论]红壤中玉米的适宜磷用量为120 kg/hm²。
关键词 磷;红壤;玉米;生长发育;养分积累
中图分类号 S513;S143.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)25-0034-03

Effect of Phosphorus Fertilizer Rates on Corn Growth in Red Soil
GUAN Li-lan¹, CHEN Rui-hao², CHENG Feng-xian¹, DENG Lan-sheng^{2*} et al (1. Guangzhou Yixiang Agricultural Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510650; 2. College of Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

Abstract [Objective]The suitable phosphate fertilizer rates on corn in red soil were discussed. [Method]A pot experiment was conducted to investigate the effects of different phosphorous fertilizer rates (0, 60, 120, 180, 240 kg/hm²) on the maize growth, nutrient accumulation, soil total phosphorus and soil available phosphorus in red soil. [Result]The maize height and stem diameter were superior to other treatments when the phosphate fertilizer application rate was 120 kg/hm². It could improve corn biomass accumulation and plant phosphorous when the phosphorous fertilizer rates were 120 kg/hm² and 180 kg/hm². It was found that soil total phosphorus and soil available phosphorus were increased with increasing the phosphorous fertilizer. [Conclusion]Applying 120 kg/hm² phosphorus fertilizer is the most rational dosage.
Key words Phosphorus; Red soil; Corn; Growth and development; Nutrient accumulation

磷是植物生长必需的大量营养元素之一,是体内许多重要化合物的组分,其以多种途径参与新陈代谢,是玉米所需三大营养元素之一^[1-3]。施用磷肥不仅可以提高玉米光合生产率和产量,而且可以促进玉米对氮磷钾养分的吸收,改善玉米品质^[4-5]。但是,若大量施磷,则磷肥的增产效益和利用效率降低^[6]。我国南方高温多雨,土壤风化强烈,富铝化作用明显,大多数土壤呈酸性或强酸性^[7]。玉米是我国主要粮食作物之一,需肥量较大,是对磷肥较为敏感的作物。很多学者就有关玉米对磷的吸收机理、磷肥利用率等方面进行研究^[8-9],也有关于磷肥施用方式对玉米磷素吸收和产量影响的研究^[1,10-11],而针对红壤中磷肥施用量的研究鲜见报道。笔者通过盆栽试验研究不同梯度磷施用量对红壤玉米生长、磷元素吸收积累及土壤有效磷、全磷含量的影响,旨在探明红壤上玉米生长的适宜磷用量,为玉米养分管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地与材料 试验于2015年4—6月在华南农业大学资源环境学院温室进行。供试土壤为红壤,取自广东省湛江市,土壤pH为5.56,电导率为0.61 mS/cm,有机质含量为12.80 g/kg,碱解氮为72.30 mg/kg,速效磷含量为0.79 mg/kg,速效钾含量为110.00 mg/kg。供试作物为玉米,品种为郑单958。供试肥料为尿素(含N 46%)、磷酸二氢钾(含P₂O₅ 52%, K₂O 34%)、氯化钾(含K₂O 63%)。

1.2 试验设计与实施 试验在等氮、钾施肥量条件下,根据不同磷用量设置5个处理,每处理3次重复,各处理见表1。5个处理的氮、钾施用量相同。

表1 试验处理			
Table 1 Experiment treatments			kg/hm ²
处理 Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T ₁	200	0	180
T ₂	200	60	180
T ₃	200	120	180
T ₄	200	180	180
T ₅	200	240	180

于2015年4月17日播种,4月26日移苗定植,6月5日收获。施肥时将各处理肥料分成5等份共5次施用,施肥时间从移苗后的第5天开始,每7 d施肥1次,施肥方式为将肥料稀释100倍淋施。

1.3 测定项目及方法 株高:地表至植株最高点,测量3次取均值;茎粗:用游标卡尺测量距地10 cm处玉米直径;玉米植株生物量:样品收获后,将茎叶和根系剪断分开,在105℃下杀青30 min后,70~80℃烘干至恒重并称重;H₂SO₄-H₂O₂联合消煮后,采用钼锑抗比色法测定全磷和有效磷含量^[12]。

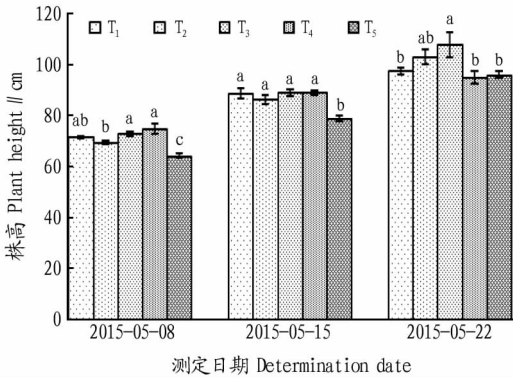
1.4 数据处理 该试验所有数据均用Excel 2003进行平均数和标准差计算,并且利用SAS9.0统计软件进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同磷施用量对玉米生长的影响

2.1.1 株高。由图1可知,第1次测定时T₅处理玉米的株高显著低于其他处理,T₃、T₄处理与T₂处理间差异显著。第2次测定时,T₅处理玉米的株高仍显著低于其他处理,T₁、T₂、

T₃、T₄ 处理间差异不显著。第 3 次测定时,T₃ 处理显著高于 T₁、T₄ 和 T₅ 处理,与 T₂ 处理间差异不显著。该研究表明在红壤上不同磷用量会对玉米株高产生一定影响,磷施用量为 120 kg/hm² 处理的效果优于其他处理,磷施用量过高时抑制玉米的生长。

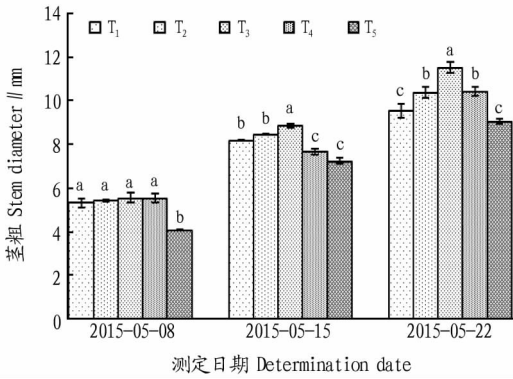


注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$)

图 1 不同磷施用量对玉米株高的影响

Fig.1 Effects of different phosphorus fertilizer rates on corn plant height

2.1.2 茎粗。由图 2 可知,第 1 次测定时 T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 处理茎粗显著大于 T₅ 处理。第 2 次测定时,玉米茎粗表现为 T₃ > T₂ (T₁) > T₄ (T₅), T₃ 处理玉米茎粗显著大于其他处理。第 3 次测定时,玉米茎粗表现为 T₃ > T₂ (T₄) > T₁ (T₅)。随着玉米的生长发育, T₃ 处理与其他处理间的差异越来越明显。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$)

图 2 不同磷施用量对玉米茎粗的影响

Fig.2 Effects of different phosphorus fertilizer rates on corn stem diameter

2.1.3 生物量。从表 2 可以看出,不同施磷量处理玉米茎叶、根系和整株生物量存在差异。T₂、T₃ 和 T₄ 处理茎叶干重显著高于 T₅ 和 T₁ 处理,T₅ 与 T₁ 处理间差异显著,其中 T₂、T₃、T₄ 处理茎叶干重分别是 T₁ 处理的 1.93 倍、1.93 倍、1.95 倍。T₄ 处理根系干重显著高于 T₁、T₂、T₃ 处理,与 T₅ 处理间差异不显著。玉米整株干重变化规律与茎叶干重一致,其中 T₂、T₃、T₄ 处理玉米整株干重分别比 T₁ 处理高 9.04、9.09、9.35 g。磷肥施用量为 60 ~ 120 kg/hm² 处理玉米单株生物量高于不施磷和

磷施用量过高的处理,为较适宜的磷肥施用量范围。

表 2 不同磷施用量对玉米单株生物量的影响

Table 2 Effects of different phosphorus fertilizer rates on corn biomass of single plant

处理 Treatment	茎叶干重 Dry weight of stem and leaf	根系干重 Dry weight of root	整株干重 Dry weight of the whole plant
T ₁	8.82 ± 0.70 c	1.15 ± 0.02 c	9.97 ± 0.71 c
T ₂	17.05 ± 0.87 a	1.96 ± 0.06 b	19.01 ± 0.87 a
T ₃	17.04 ± 0.25 a	2.02 ± 0.02 b	19.06 ± 0.26 a
T ₄	17.18 ± 0.16 a	2.14 ± 0.03 a	19.32 ± 0.12 a
T ₅	14.54 ± 0.73 b	2.04 ± 0.01 ab	16.58 ± 0.73 b

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P < 0.05$)

2.2 不同磷施用量对玉米磷养分含量的影响 从表 3 可以看出,茎叶中磷含量表现为 T₅ > T₄ > T₃ > T₂ > T₁, T₃、T₄、T₅ 处理茎叶磷含量分别是 T₁ 处理磷含量的 2.96 倍、3.12 倍和 3.80 倍。T₁ 处理根系中磷含量显著低于其他处理,其他各处理间差异不显著。说明在红壤中随着施磷量的增加,玉米植株中磷含量增加。

表 3 不同磷施用量对玉米磷养分含量的影响

Table 3 Effects of different phosphorus fertilizer rates on corn P content

处理 Treatment	茎叶 Stem and leaf	根系 Root
T ₁	0.25 ± 0.03 d	0.39 ± 0.04 b
T ₂	0.46 ± 0.04 c	0.69 ± 0.03 a
T ₃	0.74 ± 0.00 b	0.71 ± 0.05 a
T ₄	0.78 ± 0.03 b	0.71 ± 0.03 a
T ₅	0.95 ± 0.01 a	0.68 ± 0.06 a

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P < 0.05$)

2.3 不同磷施用量对红壤中土壤磷的影响 玉米盆栽试验后红壤中土壤磷状况因磷施用量不同而表现出一定的差异性。由表 4 可知,土壤有效磷含量表现为 T₅ > T₄ > T₃ > T₂ > T₁, T₅、T₄ 处理显著高于其他处理。T₅ 处理土壤全磷含量显著高于其他处理,T₄ 处理土壤全磷含量低于 T₅ 处理,但显著高于其余 3 个处理,T₃ 处理土壤全磷含量显著高于 T₁ 处理,与 T₂ 处理差异不显著。土壤有效磷的增幅高于土壤全磷增幅,如 T₅ 处理土壤有效磷和全磷含量的增幅分别为 T₁ 处理的 11.47 倍和 1.86 倍。结果表明,磷肥施用量的增加可以提高土壤有效磷和全磷含量,其中有效磷含量增加更为明显。

表 4 玉米盆栽试验后红壤中土壤磷的变化

Table 4 Changes of soil phosphorus content in red soil after corn pot experiment

处理 Treatment	有效磷 Available phosphorus // mg/kg	全磷 Total phosphorus // g/kg
T ₁	4.06 ± 0.52 d	0.44 ± 0.02 d
T ₂	20.86 ± 1.97 c	0.51 ± 0.02 cd
T ₃	36.52 ± 1.81 b	0.56 ± 0.02 c
T ₄	42.71 ± 0.82 a	0.70 ± 0.04 b
T ₅	46.55 ± 1.89 a	0.82 ± 0.01 a

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P < 0.05$)

3 结论与讨论

在红壤中进行玉米种植时,磷施用量不仅能促进玉米的生长发育和养分积累,还能增加土壤中有效磷和全磷含量,更适宜作物生长。该试验条件下,在红壤中,磷施用量为 120 kg/hm^2 效果最佳,玉米株高、茎粗均优于其他处理,生物量也较高,植株茎叶和根系中磷含量在适宜范围。玉米对磷存在“奢侈吸收”现象^[13],当磷施用量为 180 kg/hm^2 时,开始出现植株矮小的磷过量症状。研究表明在辽宁棕壤中玉米最高产施磷量为 $89 \sim 116 \text{ kg/hm}^2$ ^[6],在新疆灰漠土中施磷量为 $75 \sim 150 \text{ kg/hm}^2$ 时,玉米产量最高^[14];在河北潮土中磷肥施用量为 88.1 kg/hm^2 时,玉米产量最高^[15];我国磷肥推荐用量平均为 75 kg/hm^2 ^[16]。由于土壤和环境存在差异,不同土壤中玉米对磷元素的需求量不同,红壤中磷适宜施用量较棕壤和潮土高。因此,在玉米种植过程中应因地制宜施用适量的磷肥,保证满足玉米生长需求而不过量。研究表明,施用磷肥使土壤有效磷、全磷含量显著增加,与前人研究结果一致^[17-18]。

植物生长状况受气候、土壤、肥料种类、水肥管理措施等多因素的影响。当选择其他玉米品种或种植其他作物时,红壤中适宜的磷肥施用量有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 范秀艳,杨恒山,高聚林,等. 施磷方式对高产春玉米磷素吸收与磷肥利用的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2013,19(2):312-320.
- [2] 沙晓晴,王西志,魏新燕,等. 磷对不同玉米幼苗生长及根际磷素转化的影响[J]. 河北农业大学学报,2011,34(2):13-17.
- [3] 袁硕,李春俭,彭正萍,等. 磷对不同玉米品种生长、体内磷循环和分配

的影响[J]. 植物营养与肥科学报,2011,17(2):310-316.

- [4] IBRIKCI H, RYAN J, ULGER A C, et al. Maintenance of phosphorus fertilizer and residual phosphorus effect on corn production[J]. Nutrient cycling in agroecosystems, 2005, 72(3): 279-286.
- [5] BARBER S A, MACKAY A D. Root growth and phosphorus and potassium uptake by two corn genotypes in the field [J]. Fertilizer research, 1986, 10(3): 217-230.
- [6] 邢月华,汪仁,包红静,等. 不同磷肥用量对玉米产量·效益及养分吸收的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(32): 19834-19835, 19923.
- [7] 邱燕,张鼎华. 南方酸性土壤磷素化学研究进展[J]. 福建稻麦科技, 2003, 21(3): 14-17.
- [8] 曹敏建,戴俊英,贾方伟,等. 玉米苗期磷钾营养研究[J]. 土壤通报, 1992, 23(4): 165-167.
- [9] LI R G, BARBER S A. Effect of phosphorus and potassium fertilizer on crop response and soil fertility in a long-term experiment[J]. Fertilizer research, 1988, 15(2): 123-136.
- [10] 耿玉辉,曹国军,叶青,等. 磷肥不同施用方式对土壤速效磷及春玉米磷素吸收和产量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(4): 470-474.
- [11] 张国桥,王静,刘涛,等. 水肥一体化施磷对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2014, 20(5): 1103-1109.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000: 54-55.
- [13] 杜雄,边秀举,刘梦星,等. 磷素营养对青饲玉米产量品质形成与肥水利用效果的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2008, 14(3): 484-489.
- [14] 赵靓,侯振安,李水仙,等. 磷肥用量对土壤速效磷及玉米产量和养分吸收的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(2): 123-128.
- [15] 彭正萍,张家铜,袁硕,等. 不同供磷水平对玉米干物质和磷动态积累及分配的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 2009, 15(4): 793-798.
- [16] 吴良泉,武良,崔振岭,等. 中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究[J]. 土壤学报, 2015, 52(4): 802-817.
- [17] 赵靓. 氮、磷化肥用量对土壤养分和玉米产量的影响[D]. 石河子:石河子大学, 2014.
- [18] 柴颖. 氮磷钾肥对土壤速效养分及玉米产量的影响[D]. 石河子:石河子大学, 2015.

(上接第 33 页)

头叶尖的杂交组合, F_1 代均有双头叶尖植株出现, 平均比例为 3.12%; 桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中, 亲本无双头叶尖的杂交组合只有云桑 1 号 × 长果桑的 F_1 代出现双头叶尖植株, 比例为 4.75%。亲本材料只有农桑 8 号的枝条稍弯曲, 但在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中, 亲本无弯曲枝条的杂交组合 F_1 代出现弯曲枝条植株的平均比例分别为 26.83% 和 32.66%。亲本材料中只有澧桑 24 号的节间稍折曲, 但在长果桑 × 桑树栽培品种和桑树栽培品种 × 长果桑的杂交类型中, 亲本无折曲节间的杂交组合 F_1 代出现折曲节间植株的平均比例分别为 23.72% 和 18.28%。

长果桑在贵州的野生桑种中是农艺性状表现较好的桑种, 叶面、叶背无毛, 与其他野生桑种相比, 家蚕对其有较好的适口性, 可直接用于养蚕, 在与桑树栽培品种远缘杂交的 F_1 代中, 叶无毛的群体株系多, 易于选择综合性状较好的单株材料。此外, 长果桑的桑果口感好, 挂果量较高, 可直接作果用桑, 也可通过远缘杂交选育果、叶两用的桑树品种。

参考文献

- [1] 韩世玉, 周光萍, 王晓红, 等. 华桑与桑树栽培品种远缘杂交 F_1 代的植物学性状[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(11): 7-11.
- [2] 张香桂, 倪万潮, 沈新莲, 等. 新选育陆地型中绒棉品系性状分析

[J]. 中国种业, 2016(12): 58-60.

- [3] 冀丽霞, 郭宝德, 黄德兰, 等. 陆地棉与异常棉远缘杂交后代的杂种优势利用[J]. 中国棉花, 2016, 43(1): 24-26, 30.
- [4] 张锦芳, 郑本川, 李浩杰, 等. 甘白远缘杂交新材料的创建及后代株系鉴定[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2389-2394.
- [5] 丁晓六, 刘佳, 赵红霞, 等. 现代月季和玫瑰杂交后代的鉴定与评价[J]. 北京林业大学学报, 2014, 36(5): 123-130.
- [6] 林玲, 黄羽, 张瑛, 等. 野生毛葡萄及其远缘杂交后代栽培性状调查和评价[J]. 西南农业学报, 2012, 25(1): 223-227.
- [7] 刘素恩, 郭宝生, 王凯辉, 等. 棉花海岛型和陆地型远缘杂交后代性状比较研究[J]. 河北农业科学, 2010, 14(7): 60-62, 65.
- [8] 胡大有, 王爱云, 吴金华. 黑芥与诸葛菜远缘杂交研究[J]. 种子, 2008, 27(5): 10-13.
- [9] 吴才文, PHILLIP JACKSON, 范源洪, 等. 甘蔗割手密远缘杂交后代产量性状的遗传及分离[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 262-266.
- [10] 袁汉民, 王小亮, 陈东升, 等. 普通小麦远缘杂交 F_1 代表现型研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(4): 377-380.
- [11] 王子霞, 张跃强, 海热古力, 等. 小麦与小黑麦远缘杂交亲和性研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(S1): 44-45.
- [12] 赵凤梧, 李慧敏, 赵明, 等. 早稻 × 稗草远缘杂交研究[J]. 华北农学报, 2003, 18(S1): 76-80.
- [13] 杨成超, 别婉丽, 董雁, 等. 银白杨与白榆远缘杂交的研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 54-57.
- [14] 戴兴临, 程春明, 宋来强, 等. 油菜 × 蔊菜远缘杂交创新油菜种质资源研究[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(2): 242-244.
- [15] 陈仁芳, 陈龙清. 贵州地区桑属 (*Morus L.*) 植物的分布及区系特点[J]. 蚕业科学, 2008, 34(3): 486-489.
- [16] 韩世玉, 姜虹, 李尧方. 野生长果桑与桑树栽培品种远缘杂交育性研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14315-14316, 14319.
- [17] 韩世玉. 提高异缘四倍体桑获得率的杂交授粉方法比较试验[J]. 广西蚕业, 1994, 31(2): 25-28.