

增效磷肥在黑土区玉米上的应用效果研究

王学江¹, 石淏心², 刘昌春¹, 张宇¹, 冯国忠², 高强^{2*}

(1. 五洲丰农业科技有限公司, 山东 烟台 264000; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘要:为了探究增效磷肥在东北黑土区玉米上的应用效果,通过2年的田间定位试验,研究施用不同增效磷肥处理的玉米产量、磷素吸收量、磷肥农学效率和偏生产力。试验结果表明,与磷酸二铵相比,施用I、II、III号增效磷肥后玉米产量平均增加4.1%、4.8%、9.1%;磷肥利用率分别提高1.0、1.3、2.7个百分点;农学效率分别提高4.8、5.7、10.6 kg/kg。总体而言,与磷酸二铵相比,增效磷肥提高了玉米的产量和磷肥利用率,其中增效磷肥III号的玉米产量、磷肥利用率和农学效率提高幅度最大,应用效果最佳,具有较好的应用潜力。

关键词:黑土区;玉米;增效磷肥;磷肥利用率

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)06-0074-04

Studies on Application Effect of Synergistic Phosphorous Fertilizers in Maize in Black Soil

WANG Xuejiang¹, SHI Haoxin², LIU Changchun¹, ZHANG Yu¹, FENG Guozhong², GAO Qiang^{2*}

(1. Wuzhou Feng Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Yantai 264000; 2. College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to clarify the effect of synergistic phosphorous fertilizer application on spring maize production in black soil area, grain yield, P uptake and use efficiency of maize, agronomic efficiency, partial fertilizer productivity were measured in this study by conducting field experiment for 2 consecutive years containing conventional fertilization and different phosphorous fertilizer synergist treatments. The results showed that compared with conventional phosphate fertilizers, the application of I, II, and III synergistic phosphate fertilizers increased the grain yield by an average of 4.1%, 4.8%, and 9.1%; the utilization rate of phosphate fertilizer increased by 1.0, 1.3, and 2.7 percentage points, respectively. The agronomic efficiency increased by 4.8, 5.7, 10.6 kg/kg. In general, synergistic phosphate fertilizers have improved grain yield and fertilizer utilization. Among them, synergistic phosphate fertilizer type III has the largest increase in grain yield, phosphate utilization and agronomic efficiency. Hence, the synergistic phosphate fertilizer type III has cheerful prospect in application.

Key words: Black soil area; Maize; Synergistic phosphate fertilizer; Phosphorous efficiency

东北黑土区作为我国重要的商品粮生产基地,玉米产量占全国总量的30%,对于保障我国粮食安全具有重要意义^[1]。随着玉米种植业的发展,东北地区玉米单产不断提高,主要依赖玉米品种的更新、栽培新技术的逐步推广,其中肥料的贡献率高达50%~60%^[2]。磷素是植物生长发育过程中不可缺少的必要营养元素,由于其自身特点,施入土壤后大部分磷素以无效态残存在

土壤中^[3],只有小部分经过溶解作用能被植物吸收^[4],同时,在玉米种植过程中农户每年投入大量磷肥,调查发现,东北地区磷肥(P_2O_5)用量高达120~150 kg/hm²,平均为132 kg/hm²,远高于当前产量水平的磷素需求量与专家推荐量^[5],综合以上两方面原因,玉米当季磷肥吸收利用率较低,一般仅为10%~25%^[6-8]。尽管施用磷肥增加了土壤磷的供应能力,但是超过一定限度会危害水体生态安全^[9],因此,如何减少土壤磷的固定,提高磷肥的利用率是迫切要解决的技术难题。目前科研工作者已开展增效磷肥相关的研究,通过添加增效剂提高磷肥利用率,方红夏等发现腐殖酸可以促进玉米生长,增加玉米干物质质量,提高玉米

收稿日期:2019-10-15

基金项目:山东省自主创新成果转化专项(YHCX-SW-L-201702)

作者简介:王学江(1965-),男,高级农艺师,硕士,主要从事新型肥料及海洋低聚糖的研究。

通讯作者:高强,男,博士,教授,E-mail: gyt199962@163.com

吸磷量^[10];刘宝云等研究表明黄腐酸肥料可显著提高夏玉米产量、肥料利用率^[11];王海标等研究发现海藻酸肥料可提高地上部生物量 19.1%,增加植株磷素积累量 27.4%^[12];氨基酸富含氨基和羧基,与磷铵混合可能会提高磷的有效性,改善土壤中磷的营养状况^[13]。本文针对东北黑土区玉米连作体系,通过 2 年田间定位试验,系统研究了增效磷肥对玉米产量及其构成、磷素吸收利用等方面的影响,以期对东北黑土区玉米增效磷肥合理施用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验在吉林省四平市梨树县中国农业大学梨树实验站进行(43°16'N,124°26'E),该区属温带半湿润大陆性季风气候,2018 年玉米生育期内降水量 471.2 mm 为干旱年份,生育期积温 3 190°C·d,2019 年玉米生育期降水量 542 mm 为平水年,生育期积温 3 172°C·d。春玉米主要种植模式为连作。供试土壤类型为薄层黑土,土壤基本情况见表 1。

表 1 供试土壤基本情况

地点	土壤类型	pH 值	有机质(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
泉眼沟	薄层黑土	5.0	17.8	107.4	48.5	114.3

1.2 试验设计

试验时间为 2018~2019 年,试验设置 5 个处理:无磷肥(P0)、常规磷肥(Con)、增效磷肥 I 号、增效磷肥 II 号、增效磷肥 III 号,其中常规磷肥处理采用的是磷酸二铵(18-46-0),增效磷肥(14-28-0)为添加不同浓度和配比的腐殖酸、黄腐酸、氨基酸、海藻酸增效剂。所有处理氮磷钾肥投入量一致,分别为 180 kg/hm²、83 kg/hm²(以 P₂O₅ 计)和 90 kg/hm²(以 K₂O 计),氮肥采用基肥加追肥分次施用的方式,基肥与追肥的比例为 1:2,在玉米拔节期进行追肥,磷钾肥做基肥一次性施入。

试验小区面积为 40 m²,3 次重复,随机排列。种植的玉米品种为良玉 99,种植密度为 6.5 万株/hm²。播种后及时镇压并封闭除草。于 10 月初收获,玉米田间管理参照常规玉米田。

1.3 测定项目与方法

在成熟期,将试验小区两侧边行各 1 垄及小区两端各 0.8 m 去掉,其余部分作为收获区,面积为 22.8 m²。记录测产面积内的穗数和果穗总鲜

重,按平均单穗重取有代表性 10 穗(10 穗的平均单穗重应接近收获区的平均单穗重),称取鲜重带回实验室,考种后烘干至恒重,计算含水量,折算测产区域含水量为 14% 的玉米籽粒产量,得出每公顷产量。每个小区选取代表性植株 5 株,分为秸秆和籽粒,分别称其鲜重,烘干,称干重,全部粉碎,用四分法取出分析样。样品采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮-钒钼黄吸光光度法测定全磷。

1.4 数据处理

所有数据均采用 Excel 2010 处理后,用 SAS 9.0 软件单因素程序进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 增效磷肥对玉米产量及其构成因素的影响

分别对不同施肥处理玉米产量及产量构成进行综合分析(表 2),2018 年施磷肥处理产量均高于不施磷肥处理,与常规磷肥相比,增效磷肥 I、II 号无显著增产效果,增产率为 2.5%~5.1%,增效磷肥 III 号产量显著提高,增产率 8.0%。产量构成方面,各

表 2 2018~2019 年增效磷肥对玉米产量及其构成的影响

年份	处理	穗长(cm)	穗粒数(粒)	百粒重(g)	产量(kg/hm ²)	增产率(%)
2018	P0	15.5ab	510b	28.5b	8 206b	-
	Con	14.3a	507b	31.2a	8 407b	-
	I 号	15.8a	550ab	31.1a	8 839ab	5.1
	II 号	15.0ab	524ab	29.8ab	8 617b	2.5
	III 号	15.8a	570a	30.0ab	9 082a	8.0
2019	P0	15.3ab	501c	32.4c	10 201c	-
	Con	15.6ab	512bc	34.0bc	11 094b	-
	I 号	15.1ab	556ab	34.4bc	11 467ab	3.4
	II 号	15.3ab	541bc	35.1a	11 825a	6.6
	III 号	15.6a	567a	35.1a	12 185a	9.8

处理间穗长无显著差异,分布范围为14.3~15.8 cm;增效磷肥处理的穗粒数明显高于不施磷肥和常规磷肥,不同增效磷肥处理间差异不明显,其中增效磷肥Ⅲ号相对较高;百粒重方面,常规磷肥与增效磷肥I号处理高于其他处理,但是未达到显著水平。

2019年整体产量水平明显高于2018年,施磷肥处理产量均显著高于不施磷肥处理,常规磷肥与增效磷肥间存在一定差异,与常规磷肥相比,增效磷肥Ⅱ、Ⅲ号的产量显著提高,较常规磷肥分别增产6.6%和9.8%,而增效磷肥I号无显著增产效果,增产率为3.4%。在产量构成方面,各处理间穗长没有显著差异,分布范围为15.1~15.6 cm;穗粒数上,增效磷肥处理明显高于不施磷肥和常规磷肥处理,不同增效磷肥处理间存在一定差异,其中增效磷肥Ⅲ号相对较高;百粒重方面,2019年高于2018年,其中增效磷肥Ⅱ号与Ⅲ号处理明显高于常规磷肥处理。

与常规磷肥处理相比,施用增效磷肥玉米产量可以提高402~883 kg/hm²,增产4.1~9.1个百分点,其中增效磷肥Ⅲ号的增产效果最明显。

2.2 增效磷肥对玉米磷素吸收利用的影响

由表3可知,2018年施磷肥处理吸磷量均高于不施磷肥处理,与常规磷肥相比,增效磷肥I号无明显增加效果,而增效磷肥Ⅱ号、Ⅲ号的植株吸磷量相对较高。磷肥当季利用率方面,常规磷肥的当季利用率为10.2%,增效磷肥I号、Ⅱ号、Ⅲ号的当季利用率分别为11.0%、11.6%和12.2%,与常规磷肥处理相比提高0.8、1.4和2.0个百分点。2019年整体植株吸磷量、磷肥当季利用率高于2018年,与常规磷肥相比,增效磷肥I号、Ⅱ号无明显增加效果,而增效磷肥Ⅲ号的植株吸磷量相对较高。磷肥当季利用率方面,常规磷肥的当季利用率为18.9%,增效磷肥I号、Ⅱ号、Ⅲ号的当季利用率分别为20.1%、20.0%和22.2%,与常规磷肥处理相比提高1.2、1.1和3.3个百分点。

表3 不同增效磷肥的植株吸磷量及磷肥当季利用率

处理	植株吸磷量(kg/hm ²)		磷肥当季利用率(%)	
	2018年	2019年	2018年	2019年
P0	31.8	51.2	—	—
Con	40.3	66.9	10.2	18.9
I号	40.9	67.9	11.0	20.1
Ⅱ号	41.4	67.8	11.6	20.0
Ⅲ号	41.9	69.6	12.2	22.2

综合两年的试验结果可以发现,与常规磷肥处理相比,施用增效磷肥可以促进玉米植株对磷肥的吸收和利用,植株吸磷量增加1.5%~4.0%,磷肥当季利用率提高1.0~2.7个百分点。

2.3 增效磷肥对农学效率和偏生产力的影响

由表4可知,与常规磷肥处理相比,增效磷肥处理明显提高磷肥农学效率,分别提高4.8~10.6 kg/kg,增效磷肥Ⅲ号的磷肥农学效率最高,达到17.2 kg/kg。常规磷肥处理的偏生产力为117.5 kg/kg,增效磷肥I号、Ⅱ号相对较高,但未达到显著水平;增效磷肥Ⅲ号的偏生产力为128.1 kg/kg,显著高于常规磷肥处理,不同增效磷肥处理间差异不显著。

表4 连续两年不同磷肥处理的综合农学效率、偏生产力

处理	磷肥农学效率	磷肥偏生产力 kg/kg
Con	6.6c	117.5b
I号	11.4b	122.3ab
Ⅱ号	12.3b	123.1ab
Ⅲ号	17.2a	128.1a

3 讨论与结论

研究发现增效磷肥均具有增产、提高磷肥利用率的特点。增效磷肥主要是通过增加玉米穗粒数来实现增产的,这一结果与李前等^[14]的研究结果一致。同时增效剂中含有氨基酸、腐殖酸和海藻酸等物质,能够改善玉米的光合性能和促进根系发育,增强光合产物向籽粒中的分配能力,进一步提高产量^[13]。本研究中增效磷肥提高了农学效率和磷肥当季利用率,主要是因为腐殖酸吸附了土壤中的钙镁等离子,减弱了钙镁离子对土壤中磷酸根的固定作用,增加磷元素在土壤中的有效性^[15-16],同时腐殖酸等增效剂有利于土壤中有有机磷的矿化,使有机磷转化为无机磷^[17],增加肥际微域中水溶性磷和酸溶性磷的含量,促进作物对磷元素更好地吸收利用^[18]。年际间气候条件会影响增效磷肥的应用效果,本研究中2019年的效果明显优于2018年,主要原因在于2019年的降雨量较2018年增加70.8 mm,因此评估增效磷肥应用效果的时候应综合考虑气候条件的影响。

综上所述,添加腐殖酸、黄腐酸、氨基酸、海藻酸等增效剂的磷肥在黑土区具有一定的增产和增效效果,其中增效磷肥Ⅲ号效果最为明显,同时应用效果受气候条件影响。

参考文献:

- [1] 杨 镇,才 卓,景希强,等.东北玉米[M].北京:中国农业大学出版社,2006:1-6.
- [2] 曹国军,刘 宁,李 刚,等.超高产春玉米氮磷钾的吸收与分配[J].水土保持学报,2008,22(2):198-201.
- [3] 鲁如坤,时正元,顾益初.土壤累积态磷研究II:磷肥的表观积累利用率[J].土壤,1996(6):286-289.
- [4] 翟国斌.复合(混)肥中磷的形态及其在土壤中的作用[J].磷肥与复肥,2001,16(1):56-58.
- [5] 张 畅,梁 尧,盖嘉慧,等.吉林省中部不同土壤类型区玉米氮磷钾适宜用量研究[J].东北农业科学,2016,41(4):58-62.
- [6] 王 鹏,张洪园,李佐同,等.不同磷施用量对玉米磷吸收与利用的影响[J].江苏农业科学,2016,44(9):105-108.
- [7] 张玉兰,王俊宇,马星竹,等.提高磷肥有效性的活化技术研究进展[J].土壤通报,2009,40(1):194-202.
- [8] 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].植物营养与肥料学报,2008,14(3):484-489.
- [9] 蒋柏藩.磷肥在土壤中的形态转化及其有效性[J].土壤学进展,1981,9(2):1-11.
- [10] 方红夏,王 茜,卢树昌,等.土壤调理剂对高磷土壤玉米生长、磷素吸收与形态转化的影响[J].江苏农业科学,2019,47(14):70-73.
- [11] 刘宝云,孙萌萌,赵亚楠,等.生物黄腐酸肥料在夏玉米上的应用效果研究[J].腐植酸,2018(1):41-44.
- [12] 王海标,张 博,陶静静,等.海藻酸复混肥对夏玉米产量及养分吸收利用的影响[J].农学学报,2017,7(10):25-29.
- [13] 李志坚,林治安,赵秉强,等.增值磷肥对潮土无机磷形态及其变化的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5):1183-1191.
- [14] 李 前,侯云鹏,尹彩侠,等.吉林省半干旱区膜下滴灌施磷管理对玉米生长与产量及土壤磷素平衡的影响[J].中国农学通报,2019,35(34):1-8.
- [15] 马明坤,袁 亮,李燕婷,等.不同磺化腐殖酸磷肥提高冬小麦产量和磷素吸收利用的效应研究[J].植物营养与肥料学报,2019,25(3):16-23.
- [16] 李 军,袁 亮,赵秉强,等.磷肥中腐植酸添加比例对玉米产量、磷素吸收及土壤速效磷含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2017,23(3):641-648.
- [17] 谢晓伟.化肥配施腐殖酸对玉米养分吸收及产量的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.
- [18] 隋小慧,邹德乙.腐植酸对磷素增效作用及减少磷素对环境污染的影响[J].腐植酸,2009(4):41-42.
- (责任编辑:王 昱)
-
- (上接第 67 页)
- [6] Turmel M S, Speratti A, Baudron F, et al. Crop residue management and soil health: A systems analysis[J]. Agricultural Systems, 2015(134): 6-16.
- [7] Zhang P, Chen X L, Wei T, et al. Effects of straw incorporation on the soil nutrient contents, enzyme activities, and crop yield in a semiarid region of China[J]. Soil and Tillage Research, 2016, 160: 65-72.
- [8] 刘志华,盖兆雪,李晓梅,等.秸秆还田对玉米产量形成及土壤肥力的影响[J].黑龙江农业科学,2014(7):42-45.
- [9] 徐永刚,马 强,周 桦,等.秸秆还田与深松对土壤理化性状和玉米产量的影响[J].土壤通报,2015,46(2):428-432.
- [10] 郑金玉,刘武仁,罗 洋,等.秸秆还田对玉米生长发育及产量的影响[J].吉林农业科学,2014,39(2):42-46.
- [11] 慕 平,张恩和,王汉宁,等.不同年限全量玉米秸秆还田对玉米生长发育及土壤理化性状的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(3):291-296.
- [12] 张 丽,张中东,郭正宇,等.深松耕作和秸秆还田对农田土壤物理特性的影响[J].水土保持通报,2015,35(1):102-106.
- [13] 崔正果,李秋祝,张玉斌,等.玉米秸秆全量粉碎耕翻还田条件下播种深度与镇压强度对玉米出苗率的影响[J].东北农业科学,2018,43(6):16-19.
- [14] 梁 尧,蔡红光,闫孝贡,等.玉米秸秆不同还田方式对黑土肥力特征的影响[J].玉米科学,2016,24(6):107-113.
- [15] 梁 卫,袁静超,张洪喜,等.东北地区玉米秸秆还田培肥机理及相关技术研究进展[J].东北农业科学,2016,41(2):44-49.
- [16] 赵广东,王 兵,杨 晶,等.LI-8100 开路式土壤碳通量测量系统及其应用[J].气象科技,2005,33(4):363-366.
- [17] 耿绍波,饶良懿,鲁绍伟,等.国内应用 LI-8100 开路式土壤碳通量测量系统测量土壤呼吸研究进展[J].内蒙古农业大学学报,2010,31(3):309-316.
- [18] T Lehtinen, N Schaltter, A Baumgarten, et al. Effect of crop residue incorporation on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in European agricultural soils[J]. Soil Use and Management, 2014, 30(4):524-538.
- [19] Liu C, Lu M, Cui J, et al. Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: A meta-analysis[J]. Global Change Biology, 2014, 20(5):1366-1381.
- [20] 齐 华,刘 明,张卫建,等.深松方式对土壤物理性状及玉米根系分布的影响[J].华北农学报,2012,27(4):191-196.
- [21] 徐莹莹,王俊河,刘玉涛,等.秸秆不同还田方式对土壤物理性状、玉米产量的影响[J].玉米科学,2018,26(5):78-84.
- [22] 李伟群,张久明,迟凤琴,等.秸秆不同还田方式对土壤团聚体及有机碳含量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(5):27-30.
- [23] 秦子罍,刘子琪,曾庆亚,等.玉米秸秆还田对东北黑土土壤碳排放的影响研究[J].吉林农业科学,2011,36(3):37-38,52.
- [24] 蔡红光,梁 尧,刘慧涛,等.东北地区玉米秸秆全量深翻还田耕种技术研究[J].玉米科学,2019,27(5):123-129.
- (责任编辑:王丝语)