

吉林省中部不同土壤类型区玉米氮磷钾适宜用量研究

张 畅^{1,2}, 梁 尧², 盖嘉慧², 蔡红光², 闫孝贡², 刘剑钊², 袁静超², 张洪喜², 任 军^{2*}

(1. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所/农业部东北植物营养与农业环境重点实验室, 长春 130033)

摘 要: 本文通过在吉林省中部两种土壤类型区设立不同 N、P、K 肥料量级试验, 探讨吉林省中部玉米生产中化肥的适宜用量, 以期在生产上合理施用化肥和提高肥料利用率提供依据。结果表明, 氮磷钾配合施用能够有效提高玉米产量, 通过模型优化与经济效益综合分析, 建议吉林省中部黑土区玉米的化肥适宜用量为 N 145 ~ 170 kg/hm²、P₂O₅ 69 ~ 71 kg/hm² 和 K₂O 60 ~ 81 kg/hm², 黑钙土区玉米的化肥适宜用量为 N 190 ~ 200 kg/hm²、P₂O₅ 69 ~ 83 kg/hm² 和 K₂O 135 kg/hm²。

关键词: 玉米; 土壤类型; 半湿润区; 氮磷钾肥

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)04-0058-05

Research on Optimal Application Rate of NPK Fertilizers for Maize Planted in Different Types of Soils in Central Jilin Province

ZHANG Chang^{1,2}, LIANG Yao², GAI Jiahui², CAI Hongguang², YAN Xiaogong², LIU Jianzhao², YUAN Jingchao², ZHANG Hongxi², REN Jun^{2*}

(1. *Colleg of Resource and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jinlin Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Plant Nutrition and Agro-Environment in Northeast Region, MOA, Changchun 130033, China*)

Abstract: To screen the optimal application rate of N, P, K fertilizers for maize in Jilin Province, an experiment with different applied rates of N, P, K was conducted in two regions with different soil types, which could provide important information for reasonable use of chemical fertilizers and improving chemical fertilizer use efficiency. The results showed that combined application of N, P, K fertilizers increased maize yield effectively. In black soil plots, P fertilizer played the most positive effects on increasing maize yield, followed by K fertilizer, and N fertilizer was the least. However, in chernozem plots, P fertilizer played the most positive effects on increasing maize yield, followed by N fertilizer, and K fertilizer was the least. Based on the optimizing models and analysis of the corresponding economic benefit, it is suggested the optimal fertilizer rate was 145-170 kg/hm² for nitrogen, 69-71 kg/hm² for phosphorus and 60-81 kg/hm² for potassium in black soil region, and 190-200 kg/hm² for nitrogen, 69-83 kg/hm² for phosphorus and 135 kg/hm² for potassium in chernozem soil region in central Jilin Province.

Key words: Maize; Soil types; Semi-humid areas; NPK fertilizer

合理施用化肥是玉米高产稳产的重要保证之一。近些年, 随着玉米高产丰产技术措施的应用, 玉米单产得以显著提高, 但在实际生产中, 化

肥氮、磷、钾施用量逐渐加大, 这不仅导致肥料利用率明显下降^[1-3]、玉米经济效益降低, 同时过量化肥施入土壤也将对水体环境造成严重污染, 从而增加了对人畜健康的危害^[4-6]。根据不同种植区域独特的气象条件、地理特征、土壤性质以及作物种植方式, 采用具有针对性的化肥施用方式, 对于确保玉米的稳产与高产、降低过量施肥所造成的环境污染具有重要的意义^[7-8]。吉林省中部玉米主产区地处我国东北黄金玉米带的腹

收稿日期: 2016-04-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAD07B02); 吉林省科技发展计划项目(LFGC14305、LFGC14306)

作者简介: 张 畅(1989-), 女, 在读硕士, 主要从事土壤培肥研究。

通讯作者: 任 军, 男, 博士, 研究员, E-mail: renjun557@163.com

地,气候适宜,土质肥沃,在稳定吉林省玉米总产量上发挥着重要的作用。因此,本研究基于吉林省中部半湿润区所具备的生态环境与土壤条件,探索实现该区域玉米高产的氮、磷、钾肥最佳施用量,以期完善玉米高产高效施肥理论体系提供依据,为生产上合理施用化肥、提高肥料利用率提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地基本概况

试验地设在吉林省中部地区的农安县靠山乡与高家店镇。年均有效积温 $2\ 600\sim 3\ 000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,年均降雨量 507 mm ,无霜期 $141\sim 145\text{ d}$ 。其中靠山乡土壤类型为黑土,高家店镇为黑钙土,两地种植方式均为

玉米连作,两地耕层土壤基本理化性状见表1。

1.2 试验设计

本试验在靠山乡和高家店镇分别设置不施肥处理作为对照,同时在两地区分别设置5个氮水平、6个磷水平与5个钾水平,共16个处理,即在满足氮、磷、钾其中两种元素的基础上,设计第三种元素的肥料量级,具体试验处理与施肥量见表2。试验采用随机区组法,每个处理三次重复,共设48个小区。垄长 7.7 m ,垄宽 0.65 m ,6垄区,小区面积 30 m^2 。施肥方法为全部磷、钾肥和 $1/4$ 的氮肥做底肥于春播时施用,其余 $3/4$ 的氮肥在玉米大口期追施。靠山乡与高家店镇两地的供试玉米品种为郑单958和吉单257,播种密度分别为 $7.0\text{ 万株}/\text{hm}^2$ 和 $5.0\text{ 万株}/\text{hm}^2$ 。

表1 试验区基本理化性状

	土壤类型	有机质(g/kg)	速效氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	pH
靠山乡	黑土	25.1	121.6	27.6	198.7	7.8
高家店镇	黑钙土	22.3	119.9	43.7	112.0	8.3

表2 不同量级氮、磷、钾肥料试验处理与施肥量

处理	不同氮肥处理			不同磷肥处理				不同钾肥处理			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N0	0	75	90	P0	180	0	90	K0	180	75	0
N90	90	75	90	P23	180	23	90	K30	180	75	30
N145	145	75	90	P46	180	46	90	K60	180	75	60
N200	200	75	90	P69	180	69	90	K90	180	75	90
N255	255	75	90	P92	180	92	90	K120	180	75	120
				P115	180	115	90				

1.3 试验测产

在玉米收获期,每小区 10 m^2 取样测定产量。

1.4 数据处理

文中所有试验数据采用Excel和Origin 8.0进行整理分析、绘图制作,利用SPSS17.0软件进行方差分析(AVOVA),用最小显著差数法(LSD)进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平对玉米产量的影响

施氮处理明显增加了两地的玉米产量(如图1)。在靠山乡与高家店镇,与无肥处理相比,N0以及各施氮处理均显著增加了两地玉米的产量,增加幅度分别为 $8.6\%\sim 12.8\%$ 和 $13.3\%\sim 43.6\%$ 。在靠山乡,与N0处理相比,施氮处理下玉米产量的增加幅度为 $2.0\%\sim 3.9\%$,当施氮量在 $90\sim 200$

kg/hm^2 之间时,玉米产量随着施氮量的增加逐渐增加,但各处理之间的差异不显著,当施氮量增加到 $255\text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,玉米产量显著下降,低于N90处理。在高家店镇,与N0处理相比,施氮处理下玉米产量的增加幅度为 $12.7\%\sim 26.8\%$,其中,N90处理下玉米产量显著低于其他施氮处理,但N145、N200与N255三个处理玉米产量之间的差异并未达到显著水平。

2.2 不同施磷水平对玉米产量的影响

施磷处理明显增加了两地的玉米产量(如图2)。在靠山乡与高家店镇,与无肥处理相比,P0以及各施磷处理均增加了两地玉米的产量,增加幅度分别为 $0.4\%\sim 16.2\%$ 和 $25.1\%\sim 39.1\%$ 。在靠山乡,与无肥处理相比,各施磷处理下玉米产量与P0处理相比显著增加,与P0处理之间的差异均达到极显著水平,增加幅度为 $9.6\%\sim 15.7\%$;在

施磷量为 23 ~ 115 kg/hm² 范围内,玉米产量呈现先升高后下降的变化趋势,在 P69 处理达到最高,但其与 P46 和 P92 处理之间的差异并未达到显著水平。在高家店镇,与 P0 处理相比,各施磷处理下玉米产量的增加幅度为 4.7% ~ 11.2%,在施磷

量为 23 ~ 115 kg/hm² 范围内,玉米产量同样呈现先升高后下降的变化趋势,在 P69 处理达到峰值,但其与 P46、P92 和 P115 处理之间的差异并未达到显著水平。

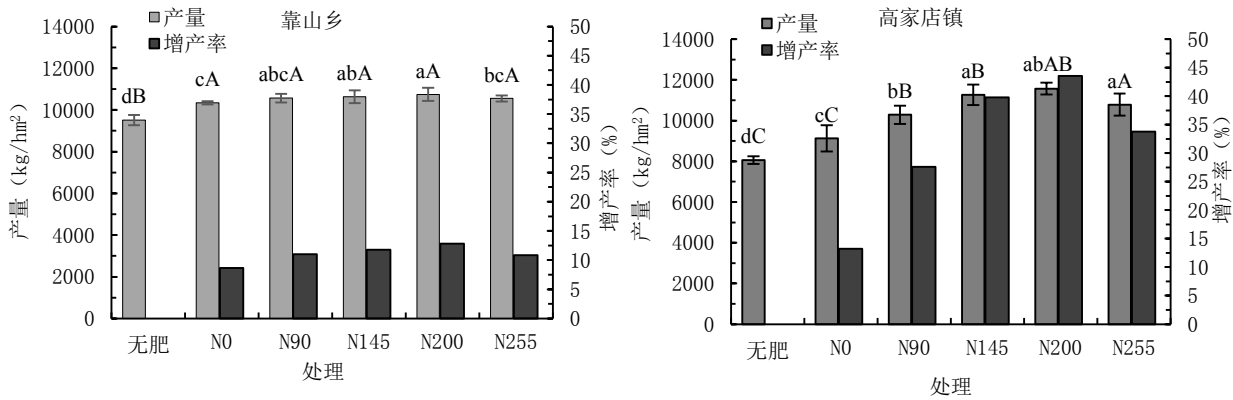


图1 不同施氮水平下玉米产量的变化

注:增产率=(N处理下玉米产量-无肥处理产量)/无肥处理产量×100%;不同小写与大写字母分别代表不同处理玉米产量在 P<0.05 和 P<0.01 水平上的差异显著,下同

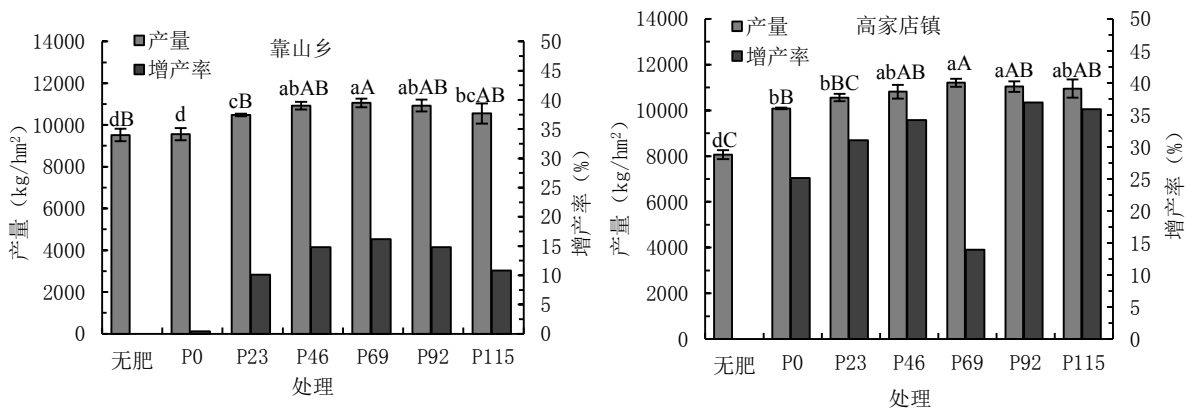


图2 不同施磷水平下玉米产量的变化

注:增产率=(P处理下玉米产量-无肥处理产量)/无肥处理产量×100%

2.3 不同施钾水平对玉米产量的影响

施钾处理明显增加了两地的玉米产量(如图3)。在靠山乡与高家店镇,与无肥处理相比,K0处理以及各施钾处理均显著增加了两地玉米的产量,增加幅度分别为 6.8% ~ 15.0% 和 25.6% ~ 33.7%。在靠山乡,与 K0 处理相比,施钾处理下玉米产量的增加幅度为 3.3% ~ 7.7%,在施钾量为 30 ~ 120 kg/hm² 范围内,玉米产量呈先升高后下降的变化趋势,在 K60 处理达到峰值,其产量与 K0 处理相比达极显著水平,与 K90 和 K120 处理之间的差异并未达到显著水平,但显著高于 K30 处理。在高家店镇,与 K0 处理相比,施钾处理下玉米产量的增加幅度为 22.7% ~ 33.7%,K30 处理对玉米

产量的影响并不显著,当施钾量大于 60 kg/hm² 时,玉米产量显著提高,但施钾量大于 60 kg/hm² 各处理之间玉米产量的变化并不显著。

2.4 化肥施用量与玉米产量的回归分析

在氮、磷、钾肥料三个因素中,固定其中两个因素、以一个因素为变量与玉米产量进行一元二次方程拟合可知(表3),在靠山乡与高家店镇两地,氮、磷、钾施用量与玉米产量之间呈现显著或极显著的抛物线关系,即随着施肥量的增加,玉米产量呈现先增加后减少的变化规律,从某种程度上符合报酬递减规律。对所拟合的方程进行求导可计算出两地区获得玉米最高产量所需的施肥量。在靠山乡,当氮、磷、钾肥的施用量为 170 kg/hm²、71 kg/hm² 和 81 kg/

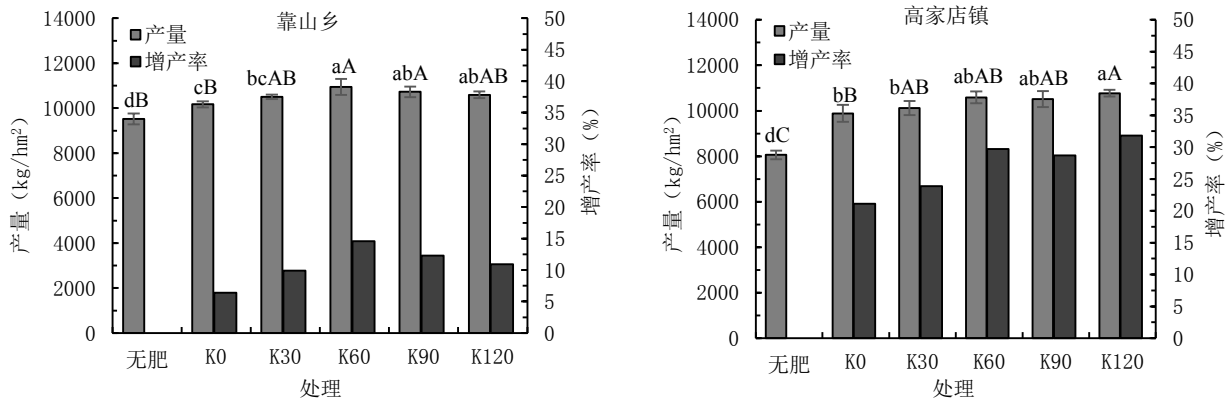


图3 不同施钾水平下玉米产量的变化

注:增产率=(K处理下玉米产量-无肥处理产量)/无肥处理产量×100%

hm²时,各自对应的最高产量达10 682 kg/hm²、11 095 kg/hm²和10 734 kg/hm²。在高家店镇,当氮、磷、钾肥的施用量为190 kg/hm²、83 kg/hm²和135 kg/hm²时,各自对应的最高产量达11 289 kg/hm²、11 113 kg/hm²和11 106 kg/hm²。

表3 不同氮磷钾施用水平下肥料效应方程

肥料	回归方程	相关系数
靠山乡	N $y=-0.012x^2+4.071x+10\ 327$	0.894
	P $y=-0.297x^2+42.14x+9\ 600$	0.993
	K $y=-0.086x^2+13.97x+10\ 167$	0.999
高家店镇	N $y=-0.063x^2+23.96x+9\ 011$	0.918
	P $y=-0.152x^2+25.20x+10\ 068$	0.965
	K $y=-0.053x^2+14.27x+9\ 845$	0.961

2.5 不同施肥水平对经济效益的影响

对不同氮磷钾肥料水平下经济效益进行分析如表4所示。在靠山乡,不同氮、磷、钾施用水平下,以N145处理、P71(拟合值)与K60处理下经济收入增加幅度最大,分别达778元/hm²、1 573元/hm²和1 427元/hm²;N255、P0和K0三个处理的增收金额最低,只施用氮钾肥,未施磷肥处理下的收入表现为负增长。在高家店镇,不同氮、磷、钾施用水平下,以N200、P69处理与K135(拟合值)下经济收入增加幅度最大,分别达5 342元/hm²、4 733元/hm²和4 240元/hm²;以N0、P0和K0三个处理增收金额最低。综合考虑经济效益结果,靠山乡最佳肥料用量为N 145 kg/hm²、P₂O₅ 71 kg/hm²和K₂O 60 kg/hm²,高家店镇最佳肥料用量为N 200 kg/hm²、P₂O₅ 69 kg/hm²。

表4 不同氮磷钾施用水平下经济效益分析

	不同施氮水平			不同施磷水平			不同施钾水平		
	处理	增产 ^① (kg/hm ²)	增收 ^② (元/hm ²)	处理	增产(kg/hm ²)	增收(元/hm ²)	处理	增产(kg/hm ²)	增收(元/hm ²)
靠山乡	N0	821	764	P0	42	-1 141	K0	651	206
	N90	1 000	761	P23	960	580	K30	985	706
	N145	1 118	778	P46	1 408	1 363	K60	1 429	1 427
	N200	1 222	766	P69	1 542	1 514	K90	1 210	821
	N255	1 033	167	P92	1 408	1 132	K120	1 077	386
	N170 ^③	1 163	768	P115	1 032	265	K81 ^③	1 215	882
高家店镇	N0	1 068	1 257	P71 ^③	1 576	1 573	P0	2 025	2 827
	N90	2 226	3 212	P23	2 501	3 664	P23	2 501	3 664
	N145	3 207	4 954	P46	2 758	4 062	P46	2 758	4 062
	N200	3 511	5 342	P69	3 151	4 733	P69	3 151	4 733
	N255	2 724	3 548	P92	2 979	4 274	P92	2 979	4 274
	N190 ^③	3 230	4 820	P115	2 894	3 990	P115	2 894	3 990
			P83 ^③	3 053	4 467	P83 ^③	3 053	4 467	

注:①与无肥处理比较;②按纯N价格为5.0元/kg,P₂O₅价格为5.0元/kg,K₂O价格为5.6元/kg,玉米价格为2.0元/kg计算;③高产拟合施肥量

和 K_2O 135 kg/hm²。

3 讨论与结论

氮、磷、钾元素在玉米的生长发育过程中发挥着重要的作用。大量研究已表明,均衡施用氮磷钾肥能够有效提高玉米的产量。本研究针对吉林省中部黑土与黑钙土施肥模式的研究表明,施用量与玉米产量之间呈一元二次曲线关系,这与谢佳贵^[9]的研究结果相一致。通过模型的建立,得出靠山乡玉米最高产量需肥量为 N 170 kg/hm²、 P_2O_5 71 kg/hm² 和 K_2O 81 kg/hm²,高家店镇玉米最高产量需肥量为 N 190 kg/hm²、 P_2O_5 83 kg/hm² 和 K_2O 135 kg/hm²,这种养分推荐用量上的差异,反映了区域土壤供肥能力、肥效反应与产量水平的特异性。从两种土壤类型的基础肥力来看,高家店镇土壤速效氮含量与靠山乡近乎相同,速效磷含量高于后者,然而,其玉米氮肥与磷肥的需求量却明显高于后者,究其原因可能在于靠山乡土壤有机质含量相对较高,有机质矿化过程释放的氮磷成为土壤氮磷素供应的重要组成部分^[10-11]。高家店镇土壤速效钾含量相对较低,在生产过程中应注重提高钾肥的补给。

当前,主要粮食作物价格基本保持稳定,粮农只有通过降低生产成本才能实现生产收益的最大化^[12]。针对吉林省中部玉米主产区种植投入的调查表明,肥料支出约占总生产成本的40%,农户玉米生产中氮、磷、钾肥平均施用量分别为 269 kg/hm²、138 kg/hm² 和 102 kg/hm²^[13]。本研究通过对经济效益的计算,得出吉林省中部靠山乡玉米种植经济效益最高的施肥量为 N 145 kg/hm²、 P_2O_5 71 kg/hm² 和 K_2O 60 kg/hm²,高家店镇经济效益最高的施肥量为 N 200 kg/hm²、 P_2O_5 69 kg/hm² 和 K_2O 135 kg/hm²。因此,实际生产中,应注意氮磷肥施用过量、钾肥不足的问题。

综合产量与效益,吉林省中部黑土区玉米的化肥适宜用量为 N 145 ~ 170 kg/hm²、 P_2O_5 69 ~ 71 kg/hm² 和 K_2O 60 ~ 81 kg/hm²,黑钙土区玉米的化肥适宜用量为 N 190 ~ 200 kg/hm²、 P_2O_5 69 ~ 83 kg/hm² 和 K_2O 135kg/hm²。在生产中,根据实施田块的土壤基础肥力水平具体调整氮、磷、钾肥适宜用量,以取得较高的经济效益。

参考文献:

- [1] 王 帅,杨劲峰,韩晓日,等.不同施肥处理对旱作春玉米光合特性的影响[J].中国土壤与肥料,2008(6):23-27.
- [2] 刘迎雪,李文华,李彩凤,等.不同施氮模式对玉米产量和质量的影响[J].玉米科学,2007,15(2):117-119,126.
- [3] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等.旱地玉米N吸收及其N肥利用率研究[J].中国农业科学,2001,34(2):179-186.
- [4] 任 军,边秀芝,郭金瑞,等.我国农业面源污染的现状与对策 I.农业面源污染的现状与成因[J].吉林农业科学,2010,35(2):48-52.
- [5] 王 媛,马继力,吕 川,等.吉林省辽河流域农业面源污染特征及趋势研究[J].吉林农业科学,2012,37(3):61-64.
- [6] 张 宽,王秀芳,吴 巍,等.玉米吸肥能力与喜肥程度对化肥效应的影响及其分级[J].玉米科学,1999,7(1):65-71.
- [7] 李海波,韩晓增,宋 春,等.黑龙江省南部黑土玉米 NPK 适宜用量的研究[J].黑龙江农业科学,2008(2):54-57.
- [8] 边秀芝,郭金瑞,阎孝贡,等.吉林西部半干旱区玉米高产氮磷钾肥适宜用量研究[J].中国土壤与肥料,2010(2):63-65.
- [9] 谢佳贵,王立春,尹彩侠,等.吉林省不同类型土壤玉米施肥效应研究[J].玉米科学,2008,16(4):167-171.
- [10] 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.
- [11] 姜 一,步 凡,张 超,等.土壤有机磷矿化研究进展[J].南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(3):160-165.
- [12] 闫丽珍,成升魁,刘爱民,等.中国玉米生产成本收益的区域分布规律研究[J].农业技术经济,2003(6):27-34.
- [13] 李奇峰,陈 阜,张海林,等.吉林省中部粮食主产区玉米种植投入调查[J].中国农学通报,2007,23(9):629-631.

(责任编辑:王海岩)