

硅钙肥、生石灰、硫肥三因素二次多项式回归大豆产量效应分析

林蔚刚, 吴俊江, 董德健, 钟 鹏, 郭玉红

(黑龙江省农业科学院大豆所, 哈尔滨 150086)

摘要 对硅钙肥、生石灰、硫磺粉三种肥料因素进行了二次多项式大豆产量回归分析。结果表明, 硫磺粉的产量灵敏度峰值和单因素产量峰值最高, 硅钙肥居中, 生石灰最低; 互作效应对产量的作用表现为硅钙肥与硫磺粉的互作对产量作用极显著。硫磺粉对产量作用相对较大。在本试验条件下, 大豆单产水平 $\geq 3\,000\text{ kg/hm}^2$ 的施肥方案为, 硫磺粉 14.0 kg/hm^2 , 硅钙肥和生石灰免施; 大豆单产水平 $\geq 3\,200\text{ kg/hm}^2$, 硫磺粉 43.0 kg/hm^2 , 硅钙肥和生石灰免施。

关键词 硅钙肥; 硫磺粉; 生石灰; 二次多项式回归分析

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)03-0351-04

QUADRATIC POLYNOMIAL REGRESSION ANALYSIS OF SILICON AND CALCIUM FERTILIZER, QUICKLIME AND SULFUR POWDER ON SOYBEAN YIELDS

LIN Wei-gang, WU Jun-jiang, DONG De-jian, ZHONG Peng, GUO Yu-hong

(*Soybean Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, 150086*)

Abstract Quadratic polynomial regression analysis of silicon and calcium fertilizer, quicklime and sulfur powder on soybean yields was given. The peak of sensitivity and soybean yields of sulfur powder were the highest, silicon and calcium fertilizer with the second best, and quicklime with the lowest. The interaction between silicon and calcium fertilizer and sulfur powder on soybean yields was significant at 0.01 level. Sulfur powder effected soybean yields most effectively. Under conditions of the study, sulphur powder should be at 14.0 kg/hm^2 without quicklime and silicon and calcium fertilizer if soybean productivity $\geq 3\,000\text{ kg/hm}^2$, and sulphur powder should be at 43.0 kg/hm^2 without quicklime and silicon and calcium fertilizer if soybean productivity $\geq 3\,200\text{ kg/hm}^2$.

Key words Silicon & calcium fertilizer; Sulfur powder; Quicklime; Quadratic regression polynomial analysis

近年来国内关于硅钙肥对水稻、玉米和小麦施用效果的研究结果^[1~5]表明, 硅钙肥对于禾本科的作物增产和改良品质效果显著, 关于硅钙肥对于大豆生长发育及产量与品质的影响报道很少, 但辽宁

农科院娄春荣等^[6]的研究则表明硅钙肥可改善大豆生育形状及经济性状并有一定增产效果; 李玉影^[7]的研究表明, 黑龙江省的黑土地耕层土壤硫含量处于临界值, 使用硫肥可显著增产; 国外^[8]在大

豆免耕栽培体系土壤表层施用生石灰表现为增产并对酸性土壤具有中和酸度的作用,同时促进 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的交换作用。黑龙江省南部薄层黑土地地区土壤接近中性,不存在对土壤酸度进行中和的问题,所以本试验将生石灰作为钙肥之一,同时和硅钙肥及硫磺粉(作为硫肥)按设计要求的不同比例施入,以图进一步明确硅钙肥、生石灰和硫肥同时施入时对于大豆生育性状和产量的单因素影响及交互作用。本试验以硅、钙、硫为试验因素进行实施,采用黑龙江省庆安县鑫阳肥业有限公司生产的硅钙肥,作为硅肥和钙肥,生石灰作为钙肥,硫磺粉作为硫肥施入。

1 试验处理与方法

田间试验小区为 65 cm 垄作、行距 65 cm、行长 5 m、5 行区,3 次重复。试验区土壤基础养分测定结果为:全 N(%) :0.15,全 P_2O_5 (%) :0.13,全 K_2O (%) :2.294;速效氮(mg/100 g) :14.58,速效磷(mg/100 g) :12.6,速效钾(mg/100 g) :19.89,有机质(%) :3.1,pH 值:6.98。

实验用硅钙肥(庆安县鑫洋肥业有限公司生产, $\text{SiO}_2 \geq 15.0\%$, $\text{CaO} \geq 15.0\%$, $\text{MgO} \geq 3.0\%$),硫肥为硫磺粉($\text{S} \geq 99.98\%$),生石灰($\text{CaO} \geq 90\%$ 试验设计见表 1)。

表 1 三因子二次回归通用旋转设计编码			
Table1 Code for common rotation design on quadratic regression of three factors (kg/667m ²)			
因子编码水平 Factor code	硅钙肥 Silicon & calcium fertilizer	生石灰 Quicklime	硫磺粉 Sulfur powder
1.4142	58.3	82.4	5.83
+1	50.0	70.0	5.00
0	30.0	40.0	3.00
-1	10.0	10.0	1.00
-1.4142	0.0	0.0	0.0

试验采用三因子二次回归通用旋转设计(1/2 实施)。播前所有处理均用生根粉、硼肥(硼砂)和钼肥(钼酸铵)拌种,施肥措施为尿素 30.0 kg/hm²、磷酸二铵 195.0 kg/hm²、氯化钾 45.0 kg/hm²,垄上双条、人工单粒点播,密度为 26 株/m²,其他管理和正常田间管理相同。

2 结果与分析

经过二次多项式回归分析,得到大豆三因子二次多项式产量方程:

$$Y = 2476.371754 + 1.145333025X_1 + 0.461223214X_2 + 12.66563713X_3 - 0.000789706815X_{12} - 0.000427804590X_{22} - 0.0437444602X_{32} - 0.0000316234858X_1X_2 - 0.01031315986X_1X_3 - 0.000867346808X_2X_3$$

相关系数 $R = 0.989884$, F 值 = 21.6341,显著水平 $p = 0.0048$;显著性检验表明,方程有效。

2.1 单因素效应分析

表 2 方程式回归系数 t 检验				
Table 2 T - testing on regression coefficient of the equation				
项目 Items	回归系数 Regression coefficients	标准系数 Standard coefficientst	检验 T - testing	显著性(P 值) Significant levels(P)
硅钙肥 Silicon & calcium fertilizer	1.1453	1.86065.6	1880.0025	
生石灰 Quicklime	0.4612	1.091	3.2452	0.0228
硫磺粉 Sulfur powder	12.6656	2.0582	6.2134	0.0016

方程式回归系数 t 检验结果(表 2)表明,硫磺粉和硅钙肥对产量的作用均达到了极显著(≥ 0.01)的水平,生石灰对产量的作用达到了显著(≥ 0.05)水平。将三种肥料施肥水平分别除以各自最高值,得到标准化归一后的施肥水平并以此作出施肥效应图(图 1)。从图 1 中可以看到,随着肥料施量的增加,硫磺粉的产量曲线始终处于上升趋势;而硅钙肥产量曲线在 0.8(699.6 kg/hm²)肥料水平为界,自这一点之后产量开始缓慢下降;生石灰则在 0.4(494.4 kg/hm²)施肥水平为界产量开始急剧下降。生石灰对产量贡献最小,单因素生石灰对应的峰值产量为 2 600.7 kg/hm²;单因素硅钙肥对产量贡献低于硫肥,其对应峰值产量为 2 891.1 kg/hm²;硫肥对产量贡献最大,其最高产量为 3 249.0 kg/hm²。

3.3 施肥因素间互作分析

表 3 交互因素回归系数 t 检验

Table 3 T - testing on interaction regression coefficient of the equation				
项目 Items	回归系数 Regression coefficients	标准系数 Standard coefficientst	检验 T - testing	显著性 (P 值) Significant levels(P)
硅钙肥、生石灰 Between silicon & calcium fertilizer and quicklime	0	-0.0484	0.1819	0.8629
硅钙肥、硫磺粉 Between silicon & calcium fertilizer and Sulfur powder	-0.0103	-1.1223	3.8366	0.0122
生石灰、硫磺粉 Quicklime and sulfur powder	-0.0009	-0.1328	0.4986	0.6392

归一化处理后的肥料因素

Fertilizers after divided by their own maximum seperately

图 1 肥料因子对大豆产量效应

Fig.1 Effect of fertilizers on soybean yields

3.2 施肥因素对产量灵敏度分析

图 2 说明了这三个因子对产量的灵敏度。灵敏度是评估产量的递增(或递减)速率的指标,灵敏度的峰值并不代表产量最高点,而是产量增幅的最高点,灵敏度为负值表明产量增幅为负值(减产)。硅钙肥在 349.8 kg/hm² 处灵敏度最高,达到了 0.0746,对应产量水平为 2 780.9kg/hm²;在施入量达到 728.8 kg/hm²后灵敏度为负值,伴随施用量增加产量呈递减趋势;生石灰在 249.8 kg/hm² (16.5 kg/667m²)时灵敏度最高,达到 0.0240,对应产量为 2 563.5 kg/hm²其后产量灵敏度开始下跌,施入量超过 535.6 kg/hm²后,灵敏度为负值,肥料施入量增加反而减产;其中硫磺粉施用量达到 67.1 kg/hm²灵敏度最高,达到了 0.1457,对应产量为 3 129.2 kg/hm²,其后灵敏度平缓下降;对比这三个灵敏度峰值结果可以看出,硫磺粉的灵敏度峰值最高,生石灰最低,硅钙肥居中;这说明硫肥增产效果相对最高,生石灰增产效果相对最小,硅钙肥具有一定增产效果。

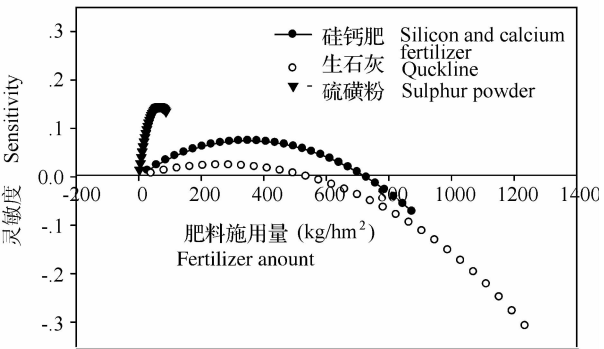


图 2 肥料产量灵敏度

Fig.2 Yield sensitivity fo fertilizers

分析结果(表 3)表明,硅钙肥与生石灰,生石灰与硫磺粉的互作效应对产量的作用未达到 p = 0.05 显著水平。硅钙肥和硫磺粉互作效应对产量的作用达到 p = 0.01 显著水平,互作有效。

图 3 说明了硅钙肥和硫磺粉互作对产量的效应。3000.0 kg/hm²产量等高线和 3200.0 kg/hm²产量等高线的起始硅钙肥用量均为 0 kg/hm²,起始的硫磺粉施用量分别为 14.0 kg/hm²和 43 kg/hm²。从 3000.0 kg/hm²产量等高线上 X(硫磺粉) = 30.0kg/hm²、Y(硅钙肥) = 650.0 kg/hm²的产量点开始,随着硫磺粉施用量的增加,对硅钙肥的需求量相对减少;从 3200.0 kg/hm²产量等高线上 X(硫磺粉) = 60.0 kg/hm²、Y(硅钙肥) = 180.0 kg/hm²的产量点开始,也表现出类似的趋势。3000.0 kg/hm²产量和 3200.0 kg/hm²产量有多种施肥组合

可供选择,但是除了产量之外,肥料价格和成本是必需要考虑的因素。对于 3000.0 kg/hm²产量水平而言,硫磺粉施量为 14.0 kg/hm²,硅钙肥免施;对于 3200 kg/hm²产量而言,硫磺粉施用量为 43.0 kg/hm²,硅钙肥免施,是本试验条件下的最佳选择方案。

3 讨论

综合以上单因素分析、各因素对产量灵敏度的分析以及因素互作等高线分析结果,可以看出如下趋势:硫肥单因素对产量贡献最高,生石灰最低,硅

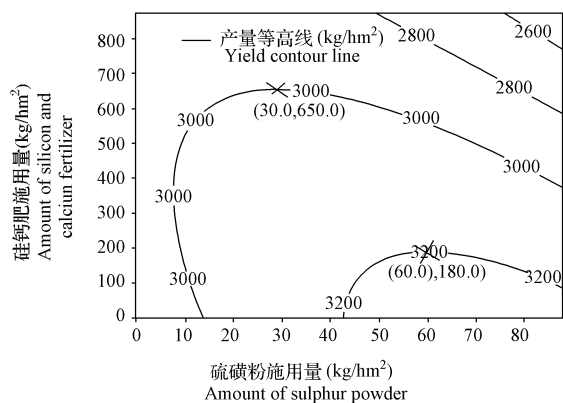


图3 硅钙肥和硫磺粉对大豆产量的互作效应

Fig.3 Interaction effect between calcium and silicon fertilizer and sulphur powder on soybeen yields

硅钙肥居中。硫磺粉的产量灵敏度峰值最高,硅钙肥次之,生石灰最低;硅钙肥和硫磺粉的互作对产量作用极显著,其他互作因素不显著。

综合以上三个因素对产量的作用,硫肥对产量作用相对较大,硅钙肥和生石灰对产量贡献相对较小,这表明在 pH 值为中性的土壤不必施用生石灰。在本试验条件下,硫肥和硅钙肥配合施用,虽然表现为增产,但硅钙肥成本较高;如果将产量水平定位在 3000.0 kg/hm² (200.0 kg /667m²),则硫磺粉施量

(上接 346 页)

参 考 文 献

[1] JianKang Zhu. Genetic analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis [J]. Plant Physiology, 2000, 124(33) :941 ~ 948.

[2] Azevedo Neto AD, Prisco JT, Enéas Filho J, et al. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt - tolerant and salt - sensitive maize genotypes [J]. Environ. Exp. Bot, 2006, 56(1) , 87 ~ 94

[3] 沈文飏,徐朗莱,叶茂炳,等. 抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(3) :203 ~ 205

[4] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京:科学技术出版社, 1993, 221 ~ 235.

[5] 方允中,李文杰. 自由基与酶[M]. 北京:科学出版社, 1989, 112.

[6] 王升吉,尚佑芬,杨崇良,等. 基因转化技术在大豆育种上的

为 14.0kg/hm², 硅钙肥免施; 产量水平为 3200kg/hm², 硫磺粉 43.0kg/hm², 硅钙肥免施, 为本试验的最佳选择方案。李玉颖^[7]的研究表明, 薄层黑土施硫的适宜用量为 17.0 ~ 33.9 kg/hm², 本试验结果与之接近。

参 考 文 献

[1] 张学军,冯卫东,宋德印,等. 施用硅钙磷肥对水稻生长、产量及品质的研究初报[J]. 宁夏农林科技, 2001, (1) :37 ~ 38.

[2] 兰雨锋. 水稻施用硅钙肥效果试验[J]. 垦殖与稻作, 2006 (增刊):99

[3] 张金盛,赵振达,蒋德勤,等. 水稻施用硅钙复混肥效应研究[J]. 天津农业科学, 1999, 5(2) :15 ~ 17.

[4] 肖德全,孙继文,邵振海. 玉米施硅钙肥效果分析[J]. 植保技术, 2005, (6) :8 ~ 9.

[5] 贺立源,江世文. 小麦施用硅钙肥效应的研究[J]. 土壤肥料 1999(3) :8 ~ 11.

[6] 娄春荣,刘慧颖,华利民,等. 大豆施用硅钙复混肥及硅钙肥效果研究[J]. 杂粮作物, 2002, 22(2) :102 ~ 104

[7] 李玉颖. 黑龙江省黑土大豆施硫效果的研究 [J]. 土壤肥料. 1997, (3) :23 ~ 25

[8] E. F. Caires, G. Barth, F. J. Carbuio. Lime application in the establishment of a no - till system for grain crop production in Southern [J]. Brazil. Soil & Tillage Research, 2006, 89 (1) :3 ~ 12.

应用现状[J]. 山东农业科学, 2000, 2:41 ~ 43.

[7] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2003, 268 ~ 269.

[8] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2003, 123 ~ 124.

[9] 白宝璋,汤学军主编. 植物生理学测试技术[M]. 北京:中国科技出版社, 1993, 82 ~ 83.

[10] 於丙军,刘友良. 盐胁迫对一年生盐生野大豆幼苗活性氧代谢的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(1) :18 ~ 22.

[11] Scandalios J G. Oxygen stress and superoxide dismutases [J]. Plant Physiology, 1993, 101:7 ~ 12.

[12] Seel W E, Hendry G A F, Lee J A. The combined effects desiccation and irradiance on mosses from xeric and hydric habitats[J]. Journal of Experimental Botany, 1992, 43:103.

[13] 王茅雁,邵世勤,张建华,等. 水分胁迫下对玉米保护酶活力及膜系统结构的影响[J]. 华北农学报, 1995, 10(2) :43 ~ 49.